



**HAL**  
open science

## Evaluation de la performance d'entreprise par les modèles

Yves Ducq

► **To cite this version:**

Yves Ducq. Evaluation de la performance d'entreprise par les modèles. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2007. tel-00271654

**HAL Id: tel-00271654**

**<https://theses.hal.science/tel-00271654v1>**

Submitted on 9 Apr 2008

**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.



N° d'ordre : 392

# HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Présentée à

L'UNIVERSITE BORDEAUX 1

par

**Yves DUCQ**

Maître de Conférences à l'Université Bordeaux 1

## EVALUATION DE LA PERFORMANCE D'ENTREPRISE PAR LES MODELES

Soutenu le 5 décembre 2007 devant le jury composé de :

Gérard Morel	Professeur – Université Nancy I	Rapporteur
Christian Tahon	Professeur – Université de Valenciennes et du Hainault Cambresis	Rapporteur
Pascal Fouillat	Professeur – ENSEIRB	Rapporteur
Bernard Grabot	Professeur – ENIT	Examineur
Bruno Vallespir	Professeur – Université Bordeaux 1	Directeur des recherches
Guy Doumeingts	Professeur émérite – Université Bordeaux 1	Examineur



# Remerciements

*Le travail présenté dans ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches n'aurait pu être réalisé sans l'apport de deux personnes majeures qui m'ont guidé dans ma carrière et mes travaux.*

*Ainsi, je souhaite tout d'abord remercier Bruno Vallespir, Responsable du Groupe Productique GRAI du laboratoire IMS pour avoir suivi mes travaux depuis le début et qui, par nos nombreuses discussions, m'a permis d'affiner et de consolider mes recherches et m'a encouragé et guidé dans la rédaction de cette habilitation.*

*Je souhaite aussi remercier vivement Guy Doumeingts, membre fondateur du groupe GRAI, pour m'avoir transmis son enthousiasme pour la modélisation d'entreprise, l'évaluation de la performance et plus largement pour la productique. Je le remercie aussi de m'avoir fait confiance pour préparer et participer à de nombreux projets de recherche européens et internationaux et m'avoir impliqué dans des activités de transfert de recherche que ce soit dans le cadre du laboratoire ou de la société GRAISOFT.*

*Je remercie sincèrement Christian Tahon, Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainault Cambrésis, pour avoir accepté d'évaluer ces travaux qu'il a suivi depuis mon doctorat.*

*Je remercie également Gérard Morel, Professeur à l'Université de Nancy, pour ses recommandations dans la rédaction de ce mémoire, notamment pour la partie concernant la modélisation d'entreprise, et ses conseils afin d'affiner le projet de recherches futures.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements à Pascal Fouillat, Professeur à l'ENSEIRB et Directeur du laboratoire IMS pour avoir bien voulu endosser le rôle de rapporteur interne et par extension pour avoir accepté de rapporter sur ce travail.*

*Je suis très reconnaissant à Bernard Grabot, Professeur à l'ENI de Tarbes, d'avoir bien voulu participer à ce jury, et d'en avoir accepté le rôle de président.*

*Je tiens aussi à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à mon épanouissement dans mes fonctions de Maître de Conférences. Je pense notamment à tous mes collègues, chercheurs et administratifs, du LAPPS mais aussi tous les chercheurs avec qui j'ai collaboré aux niveaux national, européen et international, dont certains sont restés des amis. Je pense aussi à tous mes étudiants du master P2I puis IPPSI qui, depuis de nombreuses années, m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même pour gérer cette formation. Je pense aussi à tous ceux qui sont passés par le GRAI et qui sont restés mes amis sincères au-delà du travail que nous avons accompli ensemble.*

*Enfin, je ne terminerai pas sans remercier Laurence, mon épouse, pour son indéfectible soutien dans ce travail. Ses encouragements, et sa présence à mes côtés ont apporté la sérénité nécessaire pour mener à bien cette habilitation.*

*Je voudrais aussi remercier mes deux princesses, Alexiane et Estelle, qui ont dû et ont su parfois réfréner leurs envies de « Papa tu viens jouer » et « Papa tu me fais un dessin » pour me laisser un peu de temps pour la rédaction de ce mémoire d'habilitation. Leur dynamisme et leur gaité ont aussi été pour moi un moteur essentiel.*



*Lorsque vous pouvez mesurer ce que vous énoncez et l'exprimer en nombres, vous connaissez votre sujet; lorsque vous ne pouvez pas le mesurer, lorsque vous ne pouvez pas l'exprimer en nombres, la connaissance que vous avez de votre sujet est maigre et insuffisante.*

***Lord Kelvin***



# Sommaire

<b>Chapitre 1</b> .....	<b>13</b>
<b>Curriculum vitæ</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Etat civil</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Titres et diplômes</b> .....	<b>13</b>
<b>3 Fonctions occupées dans le cadre de l'enseignement supérieur et de la recherche</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre 2</b> .....	<b>17</b>
<b>Bilan d'activité</b> .....	<b>17</b>
<b>4 Activités de recherche</b> .....	<b>17</b>
4.1. <i>Domaine de recherche personnel et production scientifique</i>	17
4.2. <i>Animation scientifique et encadrement</i>	18
4.3. <i>Participation à des groupes de recherche</i>	19
4.4. <i>Participation à des groupes de normalisation</i>	23
<b>5 Activités de valorisation et de transfert de recherche</b> .....	<b>24</b>
5.1. <i>Les projets européens et internationaux</i>	24
5.2. <i>Les collaborations industrielles de transfert de recherche</i>	29
<b>6 Activités d'enseignement</b> .....	<b>32</b>
6.1. <i>Domaines d'enseignement personnels et filières</i>	32
6.2. <i>Animation pédagogique</i>	33
<b>7 Activités administratives et missions spécifiques</b> .....	<b>34</b>
<b>8 Publications et encadrement de doctorants et de DEA</b> .....	<b>36</b>
8.1. <i>Publications</i>	36
8.2. <i>Co-encadrement de doctorants</i>	46
8.3. <i>Encadrement et co-encadrement de DEA et MASTER Recherche</i>	47
<b>Chapitre 3</b> .....	<b>51</b>
<b>Evaluation de performance par les modèles d'entreprise</b> .....	<b>51</b>
<b>9 Introduction : De la modélisation de l'entreprise à l'évaluation de la performance</b> ...	<b>51</b>
9.1. <i>La modélisation d'entreprise</i>	52
9.2. <i>Modèles d'entreprise pour l'évaluation de la performance</i>	55
<b>10 Les modèles d'entreprise de référence pour l'évaluation de la performance</b> .....	<b>60</b>
10.1. <i>Introduction</i>	60
10.2. <i>Notion de modèles d'entreprise de référence</i>	62
10.2.1. <i>Définition d'un modèle d'entreprise de référence</i> .....	62
10.2.2. <i>Les architecture ou cadres de référence et les modèle d'entreprise de référence: positionnement de nos modèles dans les cadres existant</i> .....	63
10.3. <i>Construction des modèles d'entreprise de référence</i>	68
10.4. <i>Représentation et classe des modèles</i>	69
10.4.1. <i>Représentation des modèles</i> .....	69
10.4.2. <i>Classes des modèles</i> .....	70
10.5. <i>Modèle d'entreprise de référence multi-grilles et indicateurs de performance pour les entreprises en réseau</i>	72
10.5.1. <i>Construction du Modèle</i> .....	72
10.5.2. <i>Vérification, validation et utilisation du modèle</i> .....	74
10.6. <i>Modèle de référence pour la production de masse personnalisée</i>	77
10.6.1. <i>Construction des modèles de référence</i> .....	77
10.6.2. <i>Vérification, validation et utilisation</i> .....	79
10.7. <i>Modèle de référence pour l'intégration des exigences Qualité, Sécurité Environnement</i>	81
10.7.1. <i>Construction du modèle</i> .....	81
10.7.2. <i>Vérification, validation et utilisation du modèle</i> .....	84
10.8. <i>Modèles de pilotage dans le domaine des services</i>	84
<b>11 La performance par les modèles</b> .....	<b>88</b>
11.1. <i>Introduction</i>	88
11.2. <i>Systèmes d'indicateurs de performance de référence</i>	89
11.2.1. <i>Introduction : positionnement des travaux</i> .....	89
11.2.2. <i>La performance en Qualité, Sécurité, Environnement</i> .....	91
11.2.3. <i>Performance des entreprises en réseau</i> .....	93
11.3. <i>Formalisation et agrégation de la performance</i>	94



11.3.1.	L'interopérabilité comme une performance intrinsèque d'un système.....	98
11.4.	<i>Conclusion des travaux réalisés</i>	106
<b>12</b>	<b>Programme de recherches futures : Vers une meilleure appropriation des systèmes d'indicateurs de performance par les acteurs de l'entreprise .....</b>	<b>108</b>
12.1.	<i>Introduction</i>	108
12.2.	<i>Aspects méthodologiques : Intégration macroscopique des méthodes de définition et d'implantation de systèmes d'indicateurs de performance</i>	110
12.3.	<i>Intégration et implantation des Systèmes d'Indicateurs de Performance</i>	112
12.3.1.	Le choix des outils support au SIP.....	113
12.3.2.	L'implantation des outils support au SIP : principes d'intégration et d'interopérabilité verticale et horizontale des indicateurs et des progiciels .....	114
12.4.	<i>Gestion de l'évolution vers l'interopérabilité pilotée par la performance</i>	117
12.5.	<i>Conclusion : La performance comme thématique d'intégration de la recherche</i>	121
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>124</b>

# *Avant-Propos*

Ce document a pour objectif de présenter une synthèse de mes activités d'enseignant/chercheur en vue de l'obtention d'une Habilitation à Diriger des Recherches.

Ces activités se sont principalement déroulées au sein du groupe productique GRAI du LAP, puis du LAPS et enfin du laboratoire IMS. Toutefois, ces activités ont aussi perduré durant la période de deux années que j'ai passée dans la société GRAISOFT après ma thèse en tant qu'ingénieur de recherche.

Depuis le début de mon DEA, mes activités de recherche ont toujours été positionnées dans le domaine de l'évaluation de la performance des systèmes, à travers notamment la définition et l'implantation de systèmes d'indicateurs de performance cohérents.

L'originalité de mes travaux, apportée par les travaux antérieurs du groupe productique, a été d'utiliser les techniques de modélisation d'entreprise pour supporter la définition et l'implantation des indicateurs.

Ces travaux ont en particulier consisté au début de mes recherches à assurer la cohérence des objectifs d'un système entreprise pour en assurer la cohérence du pilotage et donc la cohérence dans l'atteinte de ses performances.

A travers les nombreux projets européens et les groupes de recherche dans lesquels je me suis impliqué ces travaux ont ensuite consisté à définir des systèmes d'indicateurs de performance génériques pour le système entreprise sur la base de modèles décisionnels GRAI dans des domaines peu explorés par la productique ou en voie de développement.

Le Réseau d'Excellence INTEROP, dont l'université Bordeaux 1 était le leader et dans lequel je me suis beaucoup impliqué a aussi permis de prendre en compte les problèmes d'interopérabilité dans la modélisation et l'évaluation de la performance.

Tous ces projets de recherche et de transfert aux niveaux national, européen et international ont été des vecteurs importants pour supporter cette recherche et me permettre en particulier de trouver des terrains d'expérimentation pour valider les modèles d'entreprise et les indicateurs de performance de référence proposés.

La plupart de mes enseignements ont été orientés vers ces deux thèmes majeurs de ma recherche et se sont déroulés à l'Université Bordeaux 1.

Ainsi, ce mémoire se décompose en trois chapitres distincts.

Le premier chapitre présente mon curriculum vitae décrivant notamment mes titres et diplômes et les fonctions que j'ai occupées depuis le début de mon doctorat.

Le second chapitre présente le bilan de mes activités en termes de recherche et d'enseignement. J'insisterai en particulier sur l'ensemble des projets de recherche, de transfert et sur les groupes de travail dans lesquels je me suis impliqué tant aux niveaux national, qu'europpéen ou international. Ce chapitre décrira aussi mes implications dans les enseignements. Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, les publications, communications, rapports de contrat et encadrement de recherche seront inventoriés.

Le troisième et dernier chapitre décrit l'ensemble de mes activités de recherche passées, présentes et futures. Les différents résultats de recherche étant fortement liés, ma volonté a été de ne pas les séparer dans différents chapitres.

Ce chapitre montre notamment le lien entre les différents résultats de recherche et situe les publications, les communications et les rapports de contrats en cohérence avec ces résultats.

Ce chapitre se termine en détaillant trois perspectives principales de recherche liées à ces résultats et explique en quoi l'évaluation de la performance peut constituer un fil conducteur à différents thèmes de recherche.





# Chapitre 1 - Curriculum vitæ



## 1 Etat civil

**Nom et prénom** : DUCQ Yves

**Date et lieu de naissance** : 4 septembre 1969 à Talence

**Situation Familiale** : Marié – 2 enfants

**Etablissement de rattachement** : Université Bordeaux 1 – UFR de Physique

**Adresse professionnelle** : Laboratoire d'Intégration du Matériau au Système – UMR 5218 -  
Département LAPS – Bâtiment A4, 351, cours de la Libération, 33405 Talence cedex

**Téléphone** : 05.4000.3714

**Télécopie** : 05.4000.6644

**e-mail** : yves.ducq@laps.ims-bordeaux.fr

## 2 Titres et diplômes

- 1999** Doctorat en productique. Université Bordeaux 1, soutenu le 3 février 1999.  
*Titre* : Contribution à une méthodologie d'analyse de la cohérence des systèmes de production dans le cadre du modèle GRAI.  
*Directeur de thèse et président du jury* : Pr. G. Doumeingts  
*Membres du jury* : J.P. Bourrières (Professeur – Université Bordeaux 1), G. Doumeingts (Professeur – Université Bordeaux 1), Y. Frein (Professeur – ENSGI de Grenoble), A. Haurat (Professeur – Université de Savoie), H.S. Jagdev (Professeur – Université de Manchester), C. Tahon (Professeur – Université de Valenciennes et du Hainault Cambresis), B. Vallespir (Maître de Conférences – Université Bordeaux 1)
- 1993** DEA « Automatique – Option Productique », Université Bordeaux 1.
- 1992** Maîtrise EEA, Université Bordeaux 1.
- 1991** Licence EEA, Université Bordeaux 1.
- 1990** DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle, Université Bordeaux 1.

### 3 Fonctions occupées dans le cadre de l'enseignement supérieur et de la recherche

<b>Depuis Septembre 2002</b>	Maître de Conférences à l'Université Bordeaux 1 (UFR de Physique) <i>Profil</i> : EEA Productique <i>N° de poste</i> : 6100 MCF 1160 <i>Section CNU</i> : 61 <sup>ème</sup> <b>Titulaire d'une PERD depuis octobre 2007</b>
<b>Septembre 2000 à Aout 2002</b>	Ingénieur de Recherche et Consultant en organisation et gestion de production – Société SARL GRAISOFT – Gradignan - Gironde
<b>Septembre 1999 à Aout 2000</b>	Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université Bordeaux 1 – UFR de Physique (temps plein)
<b>Septembre 1998 à Aout 1999</b>	Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université Bordeaux 1 – IUT A – Département Génie Electrique et Informatique Industrielle (mi-temps)
<b>Septembre 1997 à Aout 1998</b>	Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université Bordeaux 1 – UFR de Physique (mi-temps)
<b>Novembre 1996 à Aout 1997</b>	Allocataire de Recherche – Moniteur de l'Enseignement Supérieur - Université Bordeaux 1 - UFR de Physique
<b>Janvier 1996 à Octobre 1996</b>	<i>Interruption des fonctions - Service Militaire (10 mois)</i>
<b>Décembre 1993 à Décembre 1995</b>	Allocataire de Recherche – Moniteur de l'Enseignement Supérieur – Université Bordeaux 1 - UFR de Physique







## **Chapitre 2.**

### **Bilan d'activité**



Le bilan d'activité présenté dans ce chapitre comporte cinq parties. La première concerne les activités de recherche. La deuxième se rapporte à la valorisation des résultats scientifiques et traitera principalement des collaborations avec le milieu industriel. La troisième partie s'attachera à présenter les activités pédagogiques. La quatrième, enfin, regroupe les activités administratives lorsque celles-ci n'ont pas déjà été présentées dans une partie précédente, c'est-à-dire pour la plupart, lorsqu'elles sont transversales aux activités de recherche et d'enseignement. Pour finir, une cinquième partie regroupe les listes de publications et d'encadrement de doctorants et de DEA.

#### **4 Activités de recherche**

Mes activités de recherche seront décrites à travers trois volets :

1. mon domaine de recherche personnel et la production scientifique correspondante,
2. mon rôle dans l'animation scientifique du LAPS et l'encadrement ou co-encadrement de DEA et doctorants,
3. ma participation passée ou actuelle dans des groupes de recherche français, européens ou internationaux.

##### *4.1. Domaine de recherche personnel et production scientifique*

Dès le début de mon DEA puis lors de ma thèse de doctorat, mon domaine de recherche a été ancré dans le domaine de la performance industrielle. Cette recherche s'est principalement effectuée au sein de la thématique « Modélisation d'Entreprise et Performance » du groupe GRAI du laboratoire IMS. Toutefois, j'ai aussi effectué certains des travaux de recherche présentés dans le chapitre 3 lors de mon passage durant deux années dans la société GRAISOFT en tant qu'ingénieur de recherche.

Les travaux antérieurs du laboratoire dans le domaine de la performance avaient donné lieu au développement de la méthode ECOGRAI (Bitton 90).

La première originalité de ces travaux a été de considérer la performance à travers la notion d'indicateurs mesurant la performance a posteriori des systèmes en exploitation.

Ces indicateurs peuvent être soit définis et implantés dans un système existant en exploitation afin par exemple de vérifier un diagnostic, soit définis et implantés dans le cadre de l'ingénierie ou de la re-ingénierie du système pour mesurer sa performance en exploitation et vérifier ainsi la

véracité des choix de conception et d'implantation du système. Nous faisons cette distinction par comparaison à l'analyse de la performance a priori, réalisé lors de la conception de systèmes, à l'aide de méthodes analytiques par exemple (algèbres, chaînes de Markov, réseaux de file d'attente...).

La seconde originalité a été de s'appuyer sur les modèles d'entreprise, et notamment le modèle GRAI pour définir les indicateurs.

Cependant, ces travaux faisaient apparaître en perspective la nécessité d'analyser la cohérence des indicateurs de performance dans les organisations.

Ainsi, dès mon DEA, mon activité de recherche a d'abord été orientée vers l'analyse de la cohérence des indicateurs de performance, activité soutenue dans le cadre du projet IMS GLOBEMAN 21 dans lequel nous avons à travailler sur une méthode pour améliorer la cohérence dans la prise de décision. Ce thème de l'analyse de la cohérence a été le fil conducteur de mes recherches.

Ces travaux se sont continués lors de ma thèse où il s'est vite avéré qu'il n'était pas possible de contribuer à une méthode d'analyse de la cohérence des indicateurs sans considérer au préalable l'analyse de la cohérence des objectifs et de la cohérence entre les objectifs et les variables de décision. D'autre part, il est apparu évident que la cohérence ne pouvait être vérifiée que sur la base des modèles d'entreprise et en particulier du modèle GRAI dans le cadre duquel se sont situés mes travaux. C'est pourquoi mes travaux sur la cohérence des éléments décisionnels (objectifs, variables de décision et indicateurs de performance) ont toujours été reliés à la notion de modèles d'entreprise.

A la suite de ma thèse, j'ai continué dans le domaine des indicateurs de performance et de la mesure de performance a posteriori toujours sur la base de modèles. A ce domaine de recherche, est venu s'ajouter le domaine de la gestion de l'évolution initié par Nicolas Malhéné avec le développement de la méthode GEM (Malhene 2000).

Ainsi, mon domaine de recherche actuel est donc l'évaluation de la performance et la gestion de l'évolution sur la base des modèles d'entreprise.

Ma production scientifique est essentiellement centrée sur ces sujets. Elle est composée de 10 publications dans des revues, de 48 communications dans des congrès internationaux et de 4 participations à des ouvrages de synthèse. La liste exhaustive de ma production scientifique est présentée dans la partie 8.1 de ce chapitre.

#### *4.2. Animation scientifique et encadrement*

Depuis septembre 2006, je co-anime, avec le Pr. David Chen, la thématique « Modélisation d'Entreprise et Performance ». Cette animation se fait à travers la coordination des projets reliés à cette thématique, la gestion des bourses de recherche et la cohérence scientifique de la thématique qui est structurée en deux thèmes :

- Modélisation** Modèle et architecture générique de conduite (modèle GRAI), modélisation d'entreprise ;
- Performance** Evaluation de performance, indicateurs de performance, benchmarking, qualité.

Sur ces thèmes et depuis 2002 jusqu'à nos jours, j'ai participé au co-encadrement de deux doctorants ayant soutenu leur thèse de doctorat pour un taux de co-encadrement cumulé de 130 %. Je participe actuellement au co-encadrement d'un doctorant devant soutenir en 2008 (taux de co-encadrement : 50 % avec le Pr B. Vallespir) et d'un second, ayant récemment commencé son doctorat au 1<sup>er</sup> octobre 2007 (taux de co-encadrement : 50 % avec le Pr B. Vallespir).

Le détail des deux thèses de doctorat soutenues est donné dans la partie 8.2 de ce chapitre.

J'ai également encadré ou co-encadré 8 DEA (option productive du DEA Automatique, Productique, Signal et Image de l'Université Bordeaux 1 - ou appellations antérieures) depuis 1993 pour un taux de co-encadrement cumulé de 600 %.

Le détail de ces 8 DEA est donné dans la partie 8.3 de ce chapitre.

#### 4.3. Participation à des groupes de recherche

Depuis 1996, j'ai régulièrement participé à des groupes de recherche, que ce soit à un niveau national, européen ou international.

La figure 1 présente ces participations dans le temps. Sont présentés les groupes de recherche auxquels j'ai participé de manière régulière et active. Ma participation à d'autres groupes ne sera pas évoquée lorsque celle-ci fut sporadique.

J'ai participé à 16 présentations dans les réunions des groupes ou dans des conférences suite aux travaux des groupes, 3 chapitres d'ouvrages et 14 rapports dans le cadre de ces groupes. Pour le NoE INTEROP, seules les présentations aux conférences IESA sont référencées. Les présentations aux réunions des trois groupes (WP3, TG2 et TG5) lors des workshops d'INTEROP ne sont pas référencées car trop nombreuses durant les 42 mois de projet.

La liste exhaustive des autres présentations est donnée dans la partie 8.1. de ce chapitre.

Quelques éléments d'informations concernant ces groupes sont donnés maintenant.

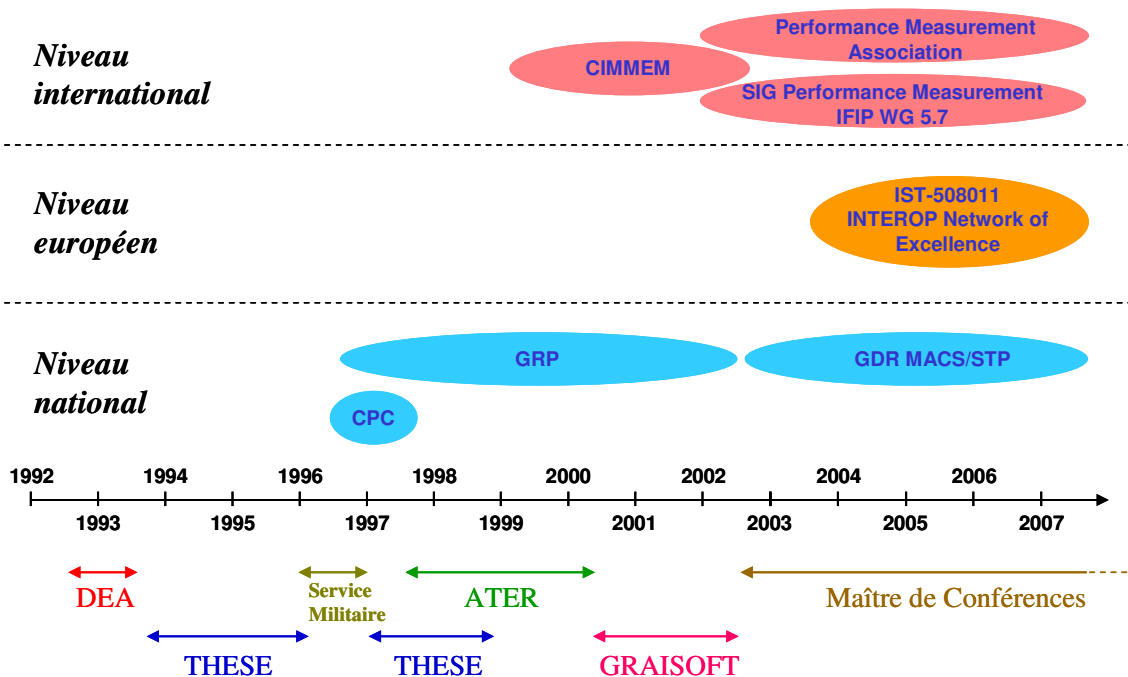


Figure 1. Historique des participations à des groupes de recherche

#### Niveau national

##### CPC

**Titre complet** : Club Production et Compétitivité

- Programme :** Club de réflexion sur l'amélioration de la compétitivité industrielle piloté par le Ministère de l'Industrie des Postes et des Télécommunications, et coordonné par Xavier Karsher et Pierre Marie Gallois
- Partenaires :** Ministère de l'Industrie des Postes et des Télécommunications, LONDEZ Conseil, PROCONSEIL, EUROCOPTER, ISERPA, LAP/GRAI, AEROSPATIALE, SNECMA, CETIM, CITROEN, SCHNEIDER ELECTRIC
- Sujet :** Réfléchir sur les fondements des systèmes d'indicateurs de performance : comment les définir et comment les implanter.

Mon travail au niveau de ce groupe a été d'amener des aspects méthodologiques dans notre réflexion dans le domaine de la définition et de l'implantation des indicateurs de performances et de participer à la rédaction d'un ouvrage collectif.

Cette rédaction s'est faite progressivement grâce à l'organisation de réunions de discussion au cabinet Londez Conseil (Paris). [B2]

### **GRP**

**Titre complet :** Groupement pour la Recherche en Productique

**Partenaires :** Une quarantaine de laboratoires ou équipes de recherche français en productique

**Sujet :** Fondé pour animer la communauté de la recherche française en productique, le GRP était structuré en 6 groupes de travail : 1 - Systèmes de Production Sûrs de Fonctionnement, 2 - Commande et Pilotage, 3 - Organisation et Gestion de la Production, 4 - Evaluation de Performance, 5 - Modélisation d'Entreprise, 6 - Conception Produit Process

Mon travail au niveau de ce groupe a consisté à participer aux réflexions du groupe « Evaluation de Performance » animé par Christian Tahon et Yannick Frein et du groupe « Modélisation d'entreprise » animé par Guy Doumeingts. A ce titre, j'ai fait une présentation dans chacun de ces groupes. [B4], [B5], [D4], [D5].

### **GRD MACS/STP**

**Titre complet :** CNRS, Groupe De Recherche « Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques », pôle Sciences et Techniques de la Production

**Sujet :** L'objet du pôle est d'animer la communauté de la recherche française en productique. Il est structuré en 3 axes et 16 groupes de travail

Ma participation s'est faite en priorité dans le groupe AMOEP (Approches et MOdèles pour l'Evaluation de Performances de systèmes de production de biens et de services) qui s'inscrit dans la continuité du groupe « Evaluation de Performance » du GRP. Mon apport se situe dans la thématique relative à la performance et aux indicateurs. Ma participation active à ce groupe depuis sa création m'a amené à faire quatre présentations lors des quatre dernières journées du groupe. [D6], [D7], [D8], [D9]

### ***Niveau européen***

#### **INTEROP Network of Excellence**

**Titre complet :** Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software

[www.interop-noe.org](http://www.interop-noe.org)

**Programme :** FP6 – IST – Networks of Excellence

**Durée** 42 mois de Novembre 2003 à Avril 2007

**Budget** 12M€ - Financement UE : 6,5 M€

**Partenaires :** Université Bordeaux 1 (F), GRAISOFT Sarl (F), Université Henri Poincaré – Nancy 1 (F), Université de Namur (B), Fraunhofer IPK (All), Cimosa Association (All), DFKI (All), Università degli Studi di Torino (I), C.R. Fiat (I), CNR-IASI (I), TXT (I), FORMULA (I), Université Technique d'Eindhoven (NL), SINTEF (No), COMPUTAS (No), UNINOVA (P), Université Polytechnique de Valence (Es), AIDIMA (Es), CIMMEDIA (RU), University of Helsinki (Fi), Ecole Centrale de

Nantes (F), Ecole Centrale de Lille (F), Université de Nantes (F), Université de Klagenfurt (Au), BOC (Au), Université d'Oldenburg (All), Université Technique de Berlin (All), Université de Duisburg-Essen (All), Université d'Athènes (Gr), Singular (Gr), Université de Milan (I), Université de Brescia (I), Université Libre de Bolzano-Bozen (I), Université Polytechnique delle Marche (I), Université Polytechnique de Bari (I), Université de Rome "La Sapienza" (I), Université Polytechnique de Milan (I), Centro Studi Sistemi Concettuali (I), Centre de Recherche Public Henri Tudor (Lu), Telematica Instituut (NL), Université de Tilburg (NL), Norwegian University of Science and Technology (No), Université de Bergen (No), Université Royale de Stockholm (Se), Université de Skövde (Se), Université Jaume I (Es), Université du Kent (RU), Université de Genève (Su), University of Lausanne (Su), ITREC Gestion (F), TROUX Technologies (No), Libera Università Internazionale degli Studi Sociali (I)

**Sujet :** INTEROP est un Réseau d'eXcellence (ReX) qui représente 47 organisations (une majorité d'Universités et Centre de recherche, et quelques industriels), 15 pays, 207 chercheurs et 143 doctorants, coordonné par le LAPS/GRAI du laboratoire IMS de l'Université Bordeaux 1. Ce ReX a pour objectif de mener des activités dans le domaine émergent de l'interopérabilité des applications d'entreprise, de fédérer les centres européens travaillant sur ce thème pour défragmenter la recherche, de créer un MASTER européen dans ce domaine et de créer une structure pérenne qui continuera les travaux du ReX après la fin du projet.

Différents types d'activités ont été mis en place et menés conjointement par les partenaires :

- Un ensemble d'activités d'intégration dont l'objectif est de structurer durablement la recherche européenne sur le thème en émergence de l'Interopérabilité des Applications Informatiques d'Entreprise. Ce travail a permis l'élaboration de plusieurs résultats : deux plateformes collaboratives: PLONE pour le travail quotidien des chercheurs et MOODLE pour le e-learning. La plateforme PLONE, outre les fonctions de base facilitant le travail collaboratif, supporte plusieurs applications:
  - ❖ la Knowledge Map : Cartographie des connaissances permettant d'analyser les compétences dans le domaine de l'Interopérabilité des Applications Informatiques d'Entreprise. La généralisation de cet outil permet également à l'utilisateur de retrouver les informations recherchées à partir de situations spécifiques. Cet outil est basé sur les plus récentes avancées dans le domaine du Web sémantique, des machines apprenantes, de la recherche d'information, et de l'Ontologie.
  - ❖ l'IEKR (bibliothèque virtuelle de connaissances)
  - ❖ la gestion de la mobilité des chercheurs.
- Un programme de recherche avec une approche multidisciplinaire qui regroupe trois domaines de recherche soutenant le développement de l'Interopérabilité des logiciels et applications d'entreprise : Architectures et Plateformes (la vue Informatique), Modélisation d'entreprise (la vue Organisation), Ontologie (la vue sémantique). De nombreux résultats apportant des contributions significatives ont été produits.
- Des activités de dissémination pour diffuser l'excellence, en particulier par la mise en place d'un Master Européen sur l'Interopérabilité (Académique et Professionnel), le E-learning, l'organisation de conférences scientifiques et de workshops, le transfert de technologie vers les PMI / PME.

INTEROP a débouché sur la création en mars 2007 d'un laboratoire « virtuel » européen : INTEROP-VLab. Ce laboratoire consiste en un réseau constitué de pôles de compétences régionaux. INTEROP-VLab a adopté une structure de GIEE (Groupement d'Intérêt Economique Européen) assurant la coordination de 10 pôles régionaux en Europe et en Chine (dont la forme légale est adaptée au contexte local).

Hormis mon implication forte dans la préparation et l'écriture de la proposition de projet de réseau, mon rôle au sein du réseau INTEROP a été triple. Premièrement, concernant les activités d'intégration, j'avais la charge, pour l'ensemble du réseau, de mener le Workpackage relatif à la mobilité des chercheurs. A ce titre, j'ai organisé le programme de mobilité en fixant les critères de mobilité et les conditions de remboursement, en évaluant avec les autres membres du WP les candidatures et en gérant les remboursements avec l'aide de l'équipe de coordination du réseau. A titre d'indication, nous avons permis de réaliser plus de 120 séjours de mobilité, représentant plus de 170 homme/mois de temps passé et presque 200 K€ de budget. [E33], [E29], [E24], [E21], [E18].

Concernant la gestion globale du réseau, j'avais aussi en charge la définition, la collecte et la diffusion des indicateurs de performance tant au niveau global du projet qu'au niveau de chaque Workpackage, Task Group ou Domaine. Ainsi, 20 indicateurs globaux et 87 indicateurs détaillés ont été définis, mis en cohérence, collectés et diffusés auprès des reviewers de la Commission Européenne et de tous les membres du projet. [E31], [E27], [E25], [E23], [E22], [E19], [E17]. Enfin, concernant les activités d'intégration, j'ai participé au WP4 appelé « Method for Scientific Integration and Assessment ». Dans ce WP, j'ai participé à l'élaboration du modèle d'intégration des connaissances du réseau en utilisant la méthode GEM. [E20]

Concernant les activités de recherche, j'ai participé activement aux « Task Groups (TG) » 2 et 5. Le TG2, appelé « Model Driven Interoperability » avait pour mission de développer une méthodologie, basée sur la méthode MDA (Model Driven Architecture) et sur les ontologies, pour transformer les modèles d'entreprise en solutions informatiques interopérables. Mon rôle dans le TG2 a été de contribuer à élaborer les modèles GRAI du cas réel d'application fourni par la société SINGULAR et de contribuer à la transformation des modèles GRAI en modèles UML (Unified Modelling Language). Ces travaux seront détaillés plus précisément dans le paragraphe 12. [E30], [E26],

Le TG5 appelé « Business/IT alignment » a pour but de développer des nouveaux concepts et une méthode permettant de mettre en cohérence le système d'information avec la stratégie de l'entreprise afin de permettre une meilleure intégration et une meilleure interopérabilité du système d'information de l'entreprise. Mon rôle dans le TG5 a été de proposer une méthode de gestion de l'évolution des « business models » et j'ai proposé des indicateurs de performance pour gérer cette évolution [E32].

Enfin, j'ai assuré le rôle de coordonateur du ReX INTEROP pour le partenaire LAPS/GRAI (site manager). Cette tâche a consisté à élaborer les états de frais (cost statements) et à coordonner le travail des membres du LAPS/GRAI dans le projet : 2 professeurs, 2 maitres de conférences et 3 doctorants.

### ***Niveau international***

#### **IFIP 5.7 – SIG PM**

**Titre complet :** Working Group 5.7 « Integrated Production Management », Special Interest Group « Performance Measurement » dans le cadre du Technical Committee 5 de l'International Federation for Information Processing

**Partenaires :** Une centaine de chercheurs du monde entier

**Sujet :** Développement d'un programme de recherche, promotion d'une culture de recherche basée sur le besoin industriel et dissémination des résultats de recherche et développement dans le domaine de l'évaluation de la performance.

Mon rôle dans le SIG PM du WG 5.7 a été de participer aux différents Workshops organisés par le groupe en proposant des papiers de qualité. D'autre part, j'ai été, avec le Professeur Bruno Vallespir, le co-chairman du 4ème Workshop du SIG en Juin 2005 à Bordeaux intitulé « Implementation of performance measurement systems for supply chains ». [C36], [C35], [C27], [C26]

### **CIMMEM**

**Titre complet** : Computer Integrated Manufacturing and Methodology for Enterprise Modelling

**Partenaires** : Université Bordeaux 1 et l'Indian Institute of Technology de Delhi

**Sujet** : Développement d'un programme de recherche entre les deux partenaires dans le domaine de la modélisation d'entreprise et de la méthodologie GRAI, de son application et de son adaptation dans le contexte économique indien. Ce programme a été initié à la suite de la signature d'un « Memorandum of Understanding » entre les deux entités en Novembre 1999.

**Financement** : Ministère Français des Affaires Etrangères et CEFIPRA (CEntre Franco Indien pour la Promotion de la Recherche Avancée)

Dans le cadre de ce projet CIMMEM avec le CEFIPRA (CEntre Franco Indien pour la Promotion de la Recherche Avancée), mon rôle a été dans un premier temps de diffuser avec le Professeur Guy Doumeingts, la méthodologie GRAI à travers la formation de consultants, d'industriels et d'universitaires indiens. Cette formation s'est faite lors d'un séminaire en Inde.

Mon second rôle a été de réaliser des modèles de référence GRAI pour différents types de production (MRPII, Production Unitaire, Modèle général) qui pourront être utilisés en Inde pour transférer la méthodologie GRAI. Ces modèles ont été réalisés à partir de modèles existant au laboratoire et adaptés sur la base de ma connaissance de l'industrie indienne acquise au travers de deux séjours d'une semaine composés de visites et de discussions avec les industriels indiens, notamment dans des PME/PMI.

Enfin, mon troisième rôle a été de travailler avec Rajat Bhagwat sur l'intégration du concept de DIS (Decision and Information Synchronisation) dans le modèle GRAI, lors de son séjour de mobilité de six mois en France [C38].

### **PMA**

**Titre complet** : Performance Measurement Association

**Partenaires** : Un millier de chercheurs du monde entier – Créée par le CBP (Centre for Business Performance) de l'université de Cranfield.

**Sujet** : Fédérer la communauté internationale travaillant dans le domaine de l'évaluation de la performance à travers des discussions en forum et l'organisation d'une conférence biennale.

Mon rôle est de participer continuellement aux discussions sur le forum mais surtout de participer à la quasi-totalité des conférences internationales organisées par PMA. Ces conférences sont l'occasion de discuter avec des chercheurs du monde entier focalisés sur ce domaine de recherche. Elles sont aussi l'occasion de participer à des groupes de travail de réflexion sur un sujet précis relevant du thème. [C42], [C30], [C12]

#### *4.4. Participation à des groupes de normalisation*

### **Commission AFNOR X89L**

**Titre complet** : Commission de normalisation – Management Logistique – Les indicateurs de performance logistique

**Partenaires** : Université Bordeaux 1, Georgia Pacific France, CNAM Paris, CNAM Pays de la Loire, Total, France Telecom, Essilor, DHL, Institut Supérieur de Logistique Industrielle (Bordeaux Ecole de Management), Université de Savoie, A22 Conseil, Université Paris 8, Siemens, Legrand, RATP, Gaz de France, ONDEF



**Sujet :** L'objectif de la commission est d'élaborer dans un premier temps un Fascicule de Documentation FD X50-605 sur les indicateurs de performance en logistique. Il devra s'appuyer sur les fascicules X50-600 relatif à la fonction logistique et X50-604 concernant le processus logistique. Le fascicule X50-605 a vocation à devenir une norme qui aidera les responsables logistique à mesurer correctement la performance de leurs processus.

Mon rôle est d'animer avec Thierry Jouenne et Jean Charles Akif le groupe de travail n°1. L'objectif du GT1 est de recenser les normes existantes reliées à la logistique et aux indicateurs de performances ainsi que les ouvrages faisant référence dans le domaine. Sur la base de ces documents, une synthèse des définitions sur la performance et les indicateurs de performance a été réalisée. Puis, un texte a été élaboré montrant l'intérêt de mesurer la performance en logistique et insistant sur les conditions nécessaires de la mesure.

Des leviers de performance ont été identifiés et une méthode simplifiée d'identification des indicateurs a été proposée s'appuyant sur les méthodes existantes. Enfin, une liste d'indicateurs génériques notamment à destination des PME/PMI a été élaborée pour corroborer l'utilisation de la méthode.

Le Fascicule de Documentation FD X50-605 est en cours de finalisation et de relecture avant publication.

## **5 Activités de valorisation et de transfert de recherche**

Intégrant un laboratoire possédant une culture marquée de collaboration industrielle, c'est tout naturellement que je me suis impliqué dans ce type d'activités dès mon DEA. Cette implication ne s'est pas tarie tant lors de ma thèse, que lors de mon passage dans la société GRAISOFT et depuis ma nomination en tant que Maître de Conférences.

Ces activités sont présentées selon deux parties : d'une part les activités de valorisation et de transfert réalisées à travers les projets européens et internationaux, et d'autre part les activités réalisées à travers les contrats industriels directs.

### *5.1. Les projets européens et internationaux*

La figure 2 présente les collaborations européennes et internationales et leur position dans le temps. Toutes ces collaborations ont été établies à travers des projets et des consortiums financés par la Commission Européenne ou le gouvernement Français (projets Euréka) mais à l'initiative de la Commission Européenne.

Ces projets sont de natures différentes :

- des projets de recherche et développement qui combinent une coopération académique/industrielle
- des projets de réseaux thématiques pour développer un domaine de recherche innovant
- des projets de diffusion des résultats de recherche auprès d'entreprises

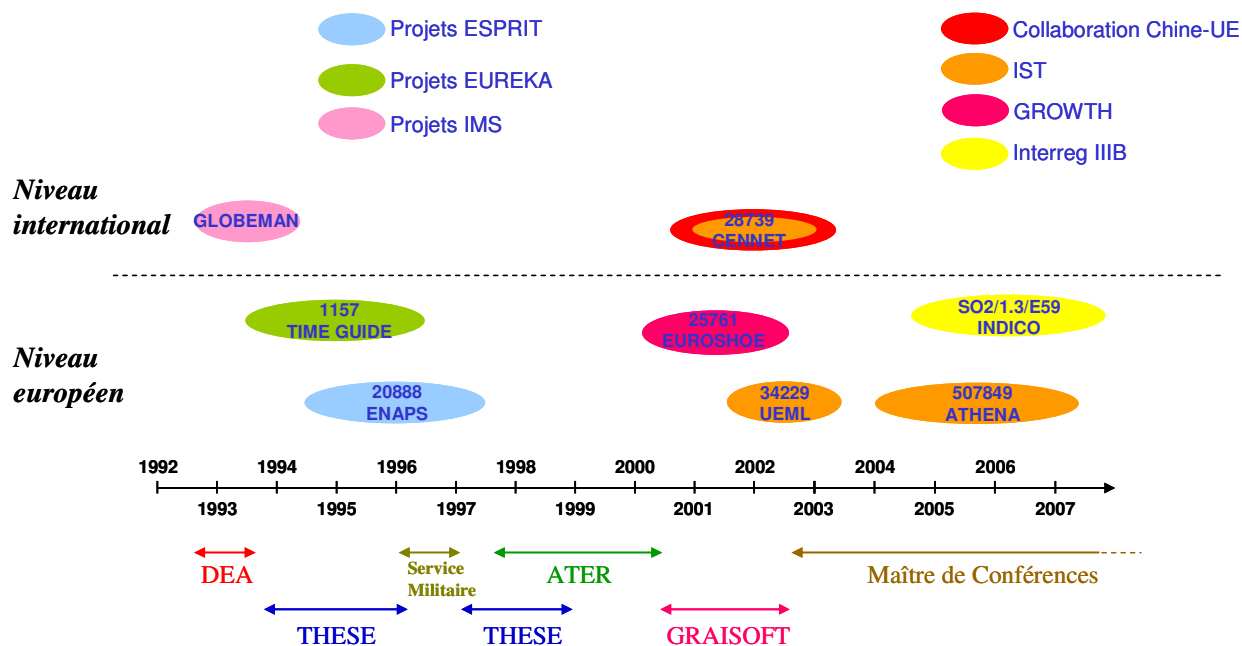


Figure 2. Historique des participations à des projets

Dans le cadre de ces collaborations, j'ai participé à la rédaction de 17 rapports de recherche. La liste exhaustive de ces rapports est donnée dans partie 8.1. de ce chapitre.

Quelques éléments d'informations concernant ces projets sont donnés maintenant en insistant sur le rôle que j'ai joué dans ces projets.

### Niveau Européen

#### TIME GUIDE

**Titre complet :** Tools and method for the Integration and the Management of the Evolution of industrial enterprise – GUIDING the Evolution

**Financement :** Union européenne, 3<sup>ème</sup> programme cadre, EUREKA – Projet R&D

**Partenaires :** SINTEF (N) - Leader, Clemessy (F), Royal Institute of Technology (Su), SCANIA (Su), Helsinki University of Technology (Fi), Quality Production and Research Ltd (Fi), AUGRAI (LAPS + ISERPA + ADEPA) (F)

**Sujet :** L'objectif principal du projet TIME GUIDE était de définir une méthode pour gérer l'évolution des entreprises. Cette méthode devait s'appuyer sur les méthodes de modélisation d'entreprise et sur le module GIM de la méthodologie GRAI en particulier.

Mon rôle dans le projet TIME GUIDE a été de participer à la consolidation de la documentation sur le module GIM de la méthodologie GRAI. J'ai aussi participé à la consolidation des résultats de l'étude de Benchmarking entre trois PME/PMI de la région aquitaine dans le domaine de l'industrie mécanique et plastique. Cette étude benchmarking portait sur l'amélioration du processus de prise de commande avec devis. [E2]

#### ENAPS

**Titre complet :** European Network for Advanced Performance Studies

**Financement :** Union européenne, 3<sup>ème</sup> programme cadre, ESPRIT n°20888 – Projet R&D

**Partenaires :** SINTEF (N), CIMRU - Université Nationale de Galway (Ir), BIBA - Université de Bremen (All), LAP/GRAI-Université Bordeaux I (F), TUE-Université de Technologie d'Eindhoven (NL). AMT (Ir), AUGRAI (F), ITC-Industrial Technology Center (NL), TBL-Federation of Norwegian Engineering Industries (N), Volkswagen (All).

**Sujet :** L'objectif du projet ENAPS était d'une part de concevoir et d'alimenter une base de données des performances des entreprises européennes dans plusieurs secteurs industriels (automobile, électronique, mécanique...) et d'autre part de collecter et de mettre à disposition les "meilleures pratiques" de l'industrie européenne au travers d'un "Benchmarking Global" (Processus global de comparaison des performances et des pratiques). A cette fin, un réseau a été mis en place composé de partenaires académiques pour définir les indicateurs et les méthodes de benchmarking, de consultants pour appliquer ces méthodes et d'industriels pour fournir des cas d'application et alimenter la base de données.

Rattaché au LAPS/GRAI et en partenariat avec AUGRAI, mon rôle a été de contribuer à l'élaboration de la liste des indicateurs de performance de référence qui seront présents dans la base de données et de contribuer à la rédaction de trois livrables décrivant les meilleures pratiques Européennes de production sur la base de réponses à un questionnaire envoyé aux industriels partenaires du projet. [E4], [E5], [E6]

J'ai aussi rédigé un livrable montrant la nécessité de coupler la méthodologie GRAI avec la méthodologie de benchmarking ENAPS afin d'obtenir une méthodologie plus performante pour faire des études de benchmarking. [E7]

### **EUROSHOE**

**Titre complet :** Development of the processes and implementation of the management tools for the Extended UseR Oriented SHOE Enterprise

**Financement :** Union européenne, 5<sup>ème</sup> programme cadre, GROWTH - GRD1 – 2000- 25761 – Projet R&D

**Partenaires :** ITIA-CNR (I) – Leader, Bally Schuhfabriken a.g.(S), Calzaturificio Frau s.p.a.(I), Calzados Anatomicos Calana S.L. (E), Jefar Industria De Calzado S.A. (P), Lirel – Lima & Resenda Lda (P), Lloyd Schuhfabrik Meyer &Co G.M.B.H. (All), N.V. EuroVana S.A.(B), Fagus-Grekon Greten G.M.B.H.(All), Formificio Milanese Team S.R.L (I), Consorzio Sintesi (I), Centro Servizi Calzaturiero (I), Csm3d International Ltd. (GB), Graisoft (F), Massen Machine Vision Systems G.M.B.H.(All), String S.R.L.(I), Atom S.P.A.(I), Comelz S.P.A.(I), Molina & Bianchi S.P.A.(I), Torielli Rag.Pietro & C. S.P.A.(I), Pruf Und Forschungsinstitut Fur Die Schuhherste(All), Siemens S.P.A.(I), Delcam P.L.C. (GB), Technische Univesritaet Muenchen (All), Fondazione Don Carlo Gnocchi – Onlus (I), National University Of Ireland – Galway (Ir), Institute CIMSI of SUPSI (S), Fraunhofer IAO (All), Asociacion Instituto De Biomecanica de Valencia (E), Univesritaet Karlsruhe (All), Univesritaet Hannover (All), Loughborough University (GB), University of Genoa (I).

**Sujet :** L'objectif du projet EUROSHOE était d'améliorer la compétitivité des entreprises européennes de la chaussure en les aidant à passer d'une production de masse à une production de masse personnalisée (mass customisation). Ainsi, l'objectif ambitieux du projet était de développer ou d'acheter et d'adapter les outils, les machines, les logiciels (CAO, ERP, SGDT), les méthodes et les modèles pour permettre aux entreprises de réaliser cette transition.

Mon rôle dans le projet était d'élaborer des modèles de référence selon plusieurs points de vue (fonctionnel, processus, décisionnel) s'appuyant sur les méthodes de modélisation d'entreprise pour permettre aux entreprises d'avoir une cible dans leur gestion de l'évolution. Pour cela, j'ai modélisé plusieurs entreprises de la chaussure (Bally en Suisse et Calana en Espagne) tant à travers leur système physique, que leur système décisionnel ou leur système de conception afin de déterminer des meilleures pratiques de fonctionnement. Puis, sur la base des points forts de ces entreprises et de quatre autres dans le projet et de la vision des experts de la production de chaussure, j'ai réalisé les modèles de référence selon les différents points de vue. Ainsi, les résultats du projet pourront être réutilisés pour améliorer les performances d'autres entreprises du même domaine de production, mais les modèles sont assez génériques pour pouvoir aussi servir dans tous les domaines de production de bien ou de services personnalisables. [C43], [E8], [E9], [E10], [E13], [E14], [E15].

## **CENNET**

**Titre complet** : China Europe Network on the NET

**Financement** : Union européenne, 5<sup>ème</sup> programme cadre, IST-2000-28739 – Action d'accompagnement

**Partenaires** : GRAISOFT (F), LAPS Université Bordeaux 1 (F), Université de Karlsruhe (D), ITIA CNR (I), National University of Ireland at Galway (Ir), Schlumberger SEMA (F), University de Nancy 1 (F), Tsinghua University (CN), Beijing University Aeronautics & Astronautics (CN), Xian Jiaotong University (CN), Harbin Institute of Technology (CN), Nanjing University of Science & Technology (CN), Huazhong University of Science & Technology (CN).

**Sujet** : L'objectif du projet CENNET était de favoriser les échanges industriels et de recherche entre l'Europe et la Chine. Pour favoriser les contacts et les échanges entre ces deux parties, des séminaires ont été organisés en Chine et en Europe au travers desquels des chercheurs présentaient leurs travaux de recherche et pouvaient amorcer des collaborations avec des chercheurs et des industriels des deux parties. D'autre part, un site WEB a été développé. Il encourage et il guide les industriels et les chercheurs voulant établir des coopérations avec l'une ou l'autre des deux parties.

Outre mon implication dans le montage du projet, mon rôle dans CENNET a été d'organiser les séminaires en Chine et en Europe (élaboration d'une brochure d'information, diffusion de la brochure, organisation scientifique et matérielle du séminaire). Un séminaire a eu lieu à Pékin les 14 et 15 avril 2002. Un second séminaire a eu lieu en Chine, à Shenzhen du 10 au 14 octobre 2003 et une session spéciale à l'occasion de la conférence ICE 2002 à Rome, le 19 juin 2002. [C23], [C24], [E11].

## **UEML**

**Titre complet** : Réseau Thématique « Unified Enterprise Modelling Language »

**Financement** : Union européenne, 5<sup>ème</sup> programme cadre, IST - 2001 – 34229 – Réseau Thématique

**Partenaires** : GRAISOFT (F), LABRI / Université Bordeaux 1 (F), INRIA (F), CRAN (F), COMPUTAS AS (N), CIMOSA Association (All), IPK/FhG Berlin (All), Université de Turin (I), Université de Namur (B), Université Polytechniques de Valence (E).

**Sujet** : L'objectif principal d'UEML était de définir, de valider et de disséminer un ensemble de composants de langage de modélisation de base et les services associés afin de définir un langage unifié de modélisation d'entreprise appelé UEML. Celui-ci doit constituer une base d'interopérabilité dans le cadre des organisations intelligentes et des réseaux d'entreprise.

Outre mon rôle dans la rédaction de la proposition de projet, j'ai contribué aux travaux du WP2 concernant la définition des besoins en termes d'outils de langages et d'outils de modélisation d'entreprise. Plus de deux cents besoins (requirements) ont été définis et organisés grâce à une typologie. [A6], [C37], [E12].

## **ATHENA**

**Titre complet** : Advanced Technologies for interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications

**Financement** : Union européenne, 6<sup>ème</sup> programme cadre, IST- 2004-507849– Projet Intégré

**Partenaires** : SAP AG (All) - Leader, AIDIMA (E), TROUX (N), CR-FIAT (I), DFKI (All), EADS-CCR (F), ESI (E), FORMULA (I), FHG IPK (All), IBM (GB), IC-FOCUS (GB), INSEAD (F), INTRACOM (Gr), ADELIOR/GFI (F), LEKS CNR (I), SIEMENS (All), SINTEF (N), TXT (I), Université Bordeaux 1 (F), UNINOVA (P), IWI-HSG (All)

**Sujet** : Doté d'un budget de 25 M€, ATHENA est un projet intégré à caractère industriel qui a pour objectif de contribuer largement à l'atteinte de l'interopérabilité des

applications d'entreprise en identifiant et résolvant un ensemble d'objectifs stratégiques, économiques, techniques et sociaux. Le programme de travail d'ATHENA a été défini pour produire des résultats en termes d'applications et de services, de recherche et de développement, testés sur des cas réels ainsi que des résultats en termes de formation. L'objectif d'ATHENA est aussi de mettre en relation des acteurs du monde industriel et du monde académique sur ce thème pendant et au-delà du projet.

Mon rôle dans le projet ATHENA a été de participer tout d'abord au projet A1 « Enterprise Modelling in the Context of Collaborative Enterprises » en contribuant à l'élaboration d'un état de l'art des méthodes de modélisation d'entreprise. Ensuite, j'ai contribué à l'élaboration de la méthodologie POP\* et notamment au meta-modèle décisionnel. Enfin, j'ai contribué à la partie A1.4 portant sur la génération d'espaces de travail informatiques personnalisés sur la base des modèles d'entreprise. Pour cela, j'ai participé à la modélisation d'une partie de l'entreprise grecque INTRACOM. Enfin, j'ai été impliqué dans le projet B4 d'application des méthodes d'ATHENA aux entreprises partenaires. Dans ce cadre, j'ai participé à la modélisation de l'entreprise PERMASA reliée au consortium AIDIMA. Assisté de Séverine Blanc (dont j'étais le co-directeur de thèse), cette étude a constitué le support d'application de ses travaux de thèse et a servi de base à la rédaction de son dernier chapitre de thèse. [C32], [E16], [T1].

## **INDICO**

**Titre complet :** INnovation, Dynamisation et COmpétitivité dans le secteur de la chaussure

**Financement :** Programme INTERREG IIIB – Espace SUDOE

**Partenaires :** Députation de Huelva – Leader €, Institut Biomécanique de Valence (E), Fédération des Industries de la chaussure Espagnoles (E), Agence de Développement Economique de la Rioja (E), Agence d'Innovation et de Développement de la chaussure d'Albacete (E), Centre Technique de la Chaussure (P), Université Bordeaux 1 (F), Institut technique de la Chaussure (E), Association Industrielle du District de l'Aveiro (P).

**Sujet :** L'objectif du projet INDICO est de faciliter l'innovation des entreprises de la chaussure dans l'espace européen SUDOE en favorisant les mécanismes pour les rapprocher des centres de recherche et des centres techniques travaillant dans ce domaine industriel.

Dans un premier temps, mon rôle a consisté à identifier, à travers la matrice DAFO/CAME les forces/faiblesses/opportunités/menaces des industries de la chaussure de la zone et à définir comment maintenir les forces, relever les faiblesses, rencontrer les opportunités et contrer les menaces. Pour cela, je me suis inspiré d'interviews d'entreprises de la chaussures (PME/PMI principalement).

Dans un deuxième temps, j'ai travaillé sur l'offre que nous pouvions apporter à ces entreprises notamment en termes de formation (analyse fonctionnelle, analyse de la valeur, organisation, modélisation d'entreprise, gestion de la production...) et en terme de conseil en organisation et gestion de production.

Dans un troisième temps, j'ai participé à la synthèse des compétences de tous les partenaires afin d'obtenir la cartographie des compétences.

Je suis aussi, avec le Professeur Bruno Vallespir, le responsable de l'IMS-LAPS dans ce projet. [F4]

## ***Niveau International***

### **GLOBEMAN**

**Titre complet :** Enterprise integration for GLOBal MANufacturing towards the 21st century

**Financement :** Programme IMS : Intelligent Manufacturing Systems -

**Partenaires :** Europe : British Aerospace (GB)-Leader, Alcatel (B), BICC (GB), LAPS/GRAI (F), FhG IPA (All), IWF (All), Pirelli (I);

EFTA: Ahlstrom Corporation (N), Helsinki University of Technology (Fi), Nokia (Fi), Partek Concrete Oy Ab (S), SINTEF (N), VTT (Fi)

Australie: CSIRO

Canada: Université de Toronto

Japon: Electrotechnical Laboratory, IBM Japon, Mazda Motor Corporation, Ricoh Company, Takenaka Corporation, Université de Tokyo, Université de Kyoto, Toyo Engineering Corporation, Toyota Motor Corporation, Yokogawa Electric Corporation

Etats Unis: Carnegie Mellon University, Newport News Shipbuilding, Université de Virginia

**Sujet :**

Le programme IMS avait pour objectif de développer une recherche coopérative au niveau international pour l'amélioration des systèmes de production d'une part et la mise en place des mécanismes nécessaires à cette coopération d'autre part.

Pour réaliser les objectifs globaux, deux cibles particulières ont été précisées:

- identifier les "bonnes pratiques industrielles" (pour certains types de production prédéterminés);

- déterminer à l'aide de cette étude comparative, les axes de recherche à développer (programme IMS) dans les dix ans suivant le projet.

Le principal résultat du projet GLOBEMAN 21 a été une méthodologie de modélisation de ces pratiques industrielles s'appuyant sur le modèle GRAI et enrichie par l'apport de contributions pertinentes sur la décomposition fonctionnelle pour l'analyse des systèmes de production et sur la théorie des organisations.

Mon rôle au sein du projet a été dans un premier temps de participer à l'élaboration de la méthodologie. Une fois la méthodologie définie, j'ai participé à son application dans différents sites industriels en Europe (ALCATEL en Allemagne par exemple). Ensuite, j'ai participé à l'amélioration de la méthodologie dans laquelle j'ai particulièrement défini les différentes étapes pour analyser la cohérence des structures de production et en déduire les meilleures pratiques de production au niveau international.

Cette méthode d'analyse de la cohérence a constitué mon travail de DEA et a fait l'objet d'un mémoire et de plusieurs communications au niveau international [C1], [E1], [F1].

## 5.2. *Les collaborations industrielles de transfert de recherche*

La figure 3 présente les collaborations industrielles et leur position dans le temps. Toutes ces collaborations ont été établies à travers des projets industriels soit entre le partenaire industriel et le LAPS, soit entre le partenaire et GRAISOFT ou soit avec une collectivité territoriale.

Ces projets sont de natures différentes :

- des projets de conseil en entreprise et d'application de la méthodologie GRAI
- des projets de formation et d'accompagnement de consultants dans le cadre d'actions collectives supportées par la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche, et de l'Environnement).

Mon rôle au sein de chaque projet sera aussi détaillé.

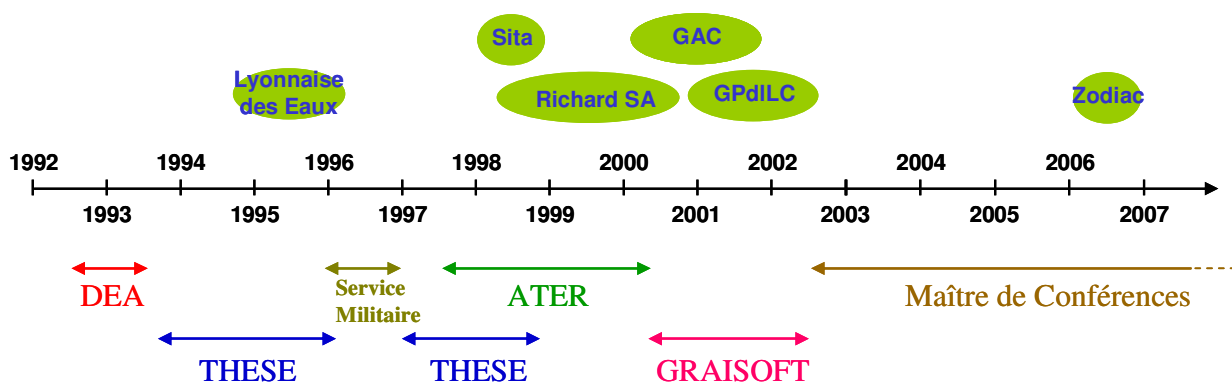


Figure 3. Historique des participations à des collaborations industrielles

### Lyonnaise des Eaux

**Titre complet :** Etude du Système de Pilotage et de Télétransmission pour la production, la distribution de l'eau potable et l'assainissement des eaux usées sur le territoire de la Direction Régionale Aquitaine (DRA)

**Financement :** Lyonnaise des Eaux

**Partenaires :** LAPS/GRAI, Lyonnaise des Eaux (DRA)

**Sujet :** L'objectif du projet était de spécifier le modèle de fonctionnement du futur système de pilotage et l'architecture du système de télétransmission pour la production, la distribution, et le traitement de l'eau sur le territoire de la DRA. Ce travail s'est appuyé sur l'application de différents modules de la méthodologie GRAI.

Dans un premier temps, mon rôle a consisté à modéliser le système physique et le système décisionnel existant et à en élaborer les points forts et les points à améliorer.

Dans un second temps, j'ai été responsable du groupe de 10 personnes en charge de la conception du futur système de pilotage. Ce groupe a réalisé les modèles GRAI du système de pilotage et a spécifié chacune des décisions. Deux modèles décisionnels montrant les liens avec les outils informatiques et les liens avec l'organisation ont aussi été élaborés.

### SITA

**Titre complet :** Formulation d'un Plan Stratégique Industriel (PSI) dans le domaine des services

**Financement :** SITA

**Partenaires :** LAPS/GRAI – SITA

**Sujet :** L'objectif du projet était de formuler et de diffuser un plan stratégique industriel pour la société SITA qui couvrait la Direction des Systèmes d'Information, la Direction Technique et d'Exploitation et la Direction de la Recherche.

Mon rôle a consisté à m'occuper de la partie concernant la Direction Recherche (DR). Lors d'un séminaire de trois jours avec les membres de cette direction (groupe d'une dizaine de personnes), j'ai défini les forces et les faiblesses de leurs principaux produits, j'ai modélisé le service, et donné les premières pistes de réflexion pour le futur PSI de la DR.

### RICHARD SA

**Titre complet :** Réorganisation de l'entreprise et proposition d'un schéma directeur d'intégration

**Financement :** RICHARD SA - DRIRE

**Partenaires :** LAPS/GRAI, RICHARD SA

**Sujet :** L'objectif du projet était de réorganiser le fonctionnement de la société RICHARD SA, de proposer des spécifications pour le choix et l'implantation d'un outil de GPAO et de préparer l'entreprise à la certification ISO 9001.

Mon rôle a été de modéliser l'ensemble du système de production, du système physique au système décisionnel. Sur la base de cette modélisation, une analyse a été élaborée. Nous avons mis en lumière les points forts et les points à améliorer pour l'ensemble du système. Lors de la phase de conception, j'ai été responsable de l'élaboration du Plan Stratégique Industriel, du Plan

Directeur de Production et du Plan de Charge, et de la mise en place d'indicateurs de performance, tous ces éléments ayant participé à l'émergence des changements nécessaires à l'amélioration des performances.

Dans un second temps, sur la base des modèles réalisés, j'ai participé à l'élaboration du cahier des charges pour le logiciel de GPAO. Après consultation de nombreux éditeurs, la société a décidé de développer elle-même le logiciel sur la base des spécifications.

Ce projet m'a par ailleurs permis de consolider mes travaux et a constitué l'application qui figure dans le dernier chapitre de mon mémoire de thèse [F2].

## **GAC**

**Titre complet :** GRAI Aquitaine Consultants

**Financement :** DRIRE – Actions collectives

**Partenaires :** GRAISOFT, Adour Compétitivité, IRIS Partenaires, ATOP Conseils, ERNST & YOUNG, VOGA Partenaire, Qualitaire Consulting, KATALYZ, AP Conseils, Innovation Logiciel Système

**Sujet :** L'objectif du projet était de former dix consultants à la méthodologie GRAI pendant six journées, puis de les suivre dans l'application de la méthodologie sur des cas réels, soit pendant leurs interventions chez leurs clients, soit lors de réunions de « débriefing ».

Mon rôle a d'abord été de préparer les supports de cours et de former les consultants à la méthodologie GRAI en collaboration avec le Professeur Guy Doumeingts : cours, TD et TP avec le logiciel GRAI TOOL. Cette action de formation était intéressante car la formation de consultants est très différente de la formation des étudiants et nécessite de situer et d'illustrer en permanence les concepts et outils théoriques dans des problématiques opérationnelles.

J'ai ensuite suivi un consultant sur le terrain dans l'application de la méthode.

## **GPdILC**

**Titre complet :** GRAI Pays de la Loire Consultants

**Financement :** Conseil Régional Pays de la Loire, DRIRE – Actions collectives -

**Partenaires :** GRAISOFT – CRITT Pays de la Loire – CNAM/ISERPA Angers – QES - CAZANOVE CONSEIL - CSA ORGANISATION - JG CONSEIL - EUVOXA CONSEIL - TH CONSULTANT - CROISSANCE & DVT - MUTA CONSULTANTS - SEMA

**Sujet :** L'objectif de ce projet, qui fait suite au même type de programme en Aquitaine, était de former des consultants à la méthodologie GRAI et de les suivre dans deux études afin de s'assurer qu'ils appliquent correctement la méthodologie.

Mon premier rôle a été de former les consultants, au nombre de dix, pendant six jours à la méthodologie.

Mon deuxième rôle a été la responsabilité du suivi et de l'aide des consultants dans leur application de la méthode. Ainsi, j'ai suivi quatre consultants dans les entreprises suivantes:

- MTTM/MVA (Saint Nazaire) en accompagnement de M. Cécillon chez le client. L'objectif de cette étude était de modéliser et d'implanter un système de management de la qualité pour atteindre la certification ISO 9000/2000. Mon travail s'est arrêté lors de mon départ de la société GRAISOFT. Les modèles avaient alors été réalisés dans leur totalité et une partie de la documentation avait été élaborée.
- SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) Pays de la Loire en accompagnement de M. Girard. Mon travail a consisté à aider M. Girard dans la modélisation du fonctionnement du service en dehors de son intervention chez le client.
- Imprimerie PRISMA en accompagnement de M. Redor. Mon rôle a consisté à accompagner M. Redor dans le diagnostic de l'entreprise sur la base des modèles réalisés en dehors de son intervention chez le client.
- Gergaud SARL en accompagnement de M. de Cazanove. Mon rôle a consisté à assister M. de Cazanove dans l'élaboration des modèles et la préparation des groupes de synthèse en dehors de son intervention chez le client.



## **ZODIAC**

**Titre complet** : Elaboration des recommandations Qualité, Sécurité, Environnement pour l'entreprise ZODIAC – Site de Saint Jean d'Illac

**Financement** : Pas de financement – Action de partenariat

**Partenaires** : LAPS/GRAI, ZODIAC,

**Sujet** : L'objectif de ce projet était d'appliquer les travaux de thèse de Mohamed Bakiri (dont j'étais le co-directeur de thèse) portant sur un guide fusion et un modèle de référence intégrant les exigences Qualité/Sécurité/Environnement (QSE).

Mon rôle a été de suivre M. Bakiri dans l'application de la méthodologie GRAI et dans l'élaboration des modèles du futur système ainsi que dans l'élaboration des propositions d'amélioration au regard des exigences QSE. Cette application a constitué le support de son dernier chapitre de mémoire de thèse de doctorat [E28], [T2].

En conclusion, toutes les collaborations, à travers les projets européens et industriels et les groupes de recherche européens et internationaux, m'ont permis depuis mon DEA, de collaborer avec plus de 200 organisations différentes en France, en Europe et à l'international.

Ce chiffre n'inclut pas les organisations avec lesquelles je collabore dans le cadre du GRD MACS, implication qui relève du fonctionnement classique de tout chercheur.

## **6 Activités d'enseignement**

Mes activités d'enseignement seront évoquées sous deux aspects :

1. mon domaine d'enseignement et les filières dans lesquelles j'interviens ou dans lesquelles je suis intervenu par le passé,
2. mes interventions dans l'animation pédagogique de filières ou de modules.

### *6.1. Domaines d'enseignement personnels et filières*

Les domaines dans lesquels j'interviens majoritairement et régulièrement sont :

- la gestion de production et les ERP,
- la modélisation d'entreprise,
- l'évaluation de la performance et le benchmarking
- la conception de produits (modélisation fonctionnelle et analyse de la valeur)
- la gestion de projet
- l'analyse des risques

Le tableau 1 présente les filières dans lesquelles je suis intervenu depuis 1993 sur les domaines cités dans la colonne de gauche.

### **Tableau 1. Filières et domaines d'intervention<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Consignes de lecture du tableau :

- Les filières sont indiquées avec leur nom au moment de mon intervention, même si l'Université Bordeaux 1 a adopté le système LMD depuis la rentrée universitaire 2003.
- Sauf indication contraire, les filières appartiennent à l'Université Bordeaux 1.

	Licence 3 <sup>ème</sup> année et MASTER 1 <sup>ère</sup> année	MASTER 2 <sup>ème</sup> année
<b>Gestion de production</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IUP Génie Electrique et Informatique Industrielle</li> <li>• IUP Génie Mécanique</li> <li>• IUP Miage</li> <li>• 1<sup>ère</sup> année de MASTER Productique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Productique et Informatique Industrielle</li> <li>• DESS (MASTER PRO) Systèmes de Production Industriels Automatisés</li> <li>• DESS (MASTER PRO) Certificat d'Aptitude à l'Administration d'Entreprises (Université Bordeaux IV)</li> </ul>
<b>Modélisation d'entreprise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IUP Génie Electrique et Informatique Industrielle</li> <li>• IUP Génie Mécanique</li> <li>• IUP LAOSI UPPA Anglet</li> <li>• CNAM ISERPA Angers</li> <li>• Licence Professionnelle Management et e-commerce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEA APSI option Productique</li> <li>• DESS (MASTER PRO) Systèmes de Production Industriels Automatisés</li> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Productique et Informatique Industrielle</li> <li>• CNAM IT2I Châtelleraut</li> </ul>
<b>Evaluation de la performance et Benchmarking</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Productique et Informatique Industrielle</li> <li>• DESS (MASTER PRO) Systèmes de Production Industriels Automatisés</li> <li>• ESTIA – Option CGP</li> </ul>
<b>Conception de produits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1<sup>ère</sup> année de MASTER Productique</li> <li>• IUP Génie Electrique et Informatique Industrielle</li> <li>• IUP Génie Mécanique</li> <li>• Licence EEA Parcours Sciences de la Production Industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
<b>Gestion de projets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licence EEA Parcours Sciences de la Production Industrielle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Productique et Informatique Industrielle</li> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Ingénierie des Systèmes Aéronautiques et Spatiaux – ESTIA 2<sup>ème</sup> année</li> </ul>
<b>Analyse des risques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESS (MASTER PRO et RECHERCHE) Productique et Informatique Industrielle</li> <li>• DESS (MASTER PRO) Systèmes de Production Industriels Automatisés</li> </ul>

Il peut m'arriver d'intervenir ponctuellement sur d'autres thèmes tels que l'automatique des systèmes continus en IUT GEII, les automatismes en IUP GM2 et GM3, les Systèmes à Evénements Discrets en IUP GM2, ou l'électronique en DEUG (licence 1 et 2) et en Licence (licence 3) et Maîtrise (1<sup>ère</sup> année de Master) de Physique.

## 6.2. Animation pédagogique

Depuis ma période de préparation de ma thèse de doctorat, j'ai toujours eu des responsabilités pédagogiques, que ce soit en termes de définition d'enseignements ou en termes de responsabilités d'année. La liste suivante présente ces responsabilités.

**1995**                    Prise en charge des stages du DESS Productique et Informatique Industrielle

**2000**                    Participation au lancement de la licence « Sciences de la Production Industrielle » (responsable : Pr. G. Doumeingts)

- 2001** Participation au lancement de la Maitrise « Sciences de la Production Industrielle » (responsable : Pr. G. Doumeingts)
- 2002** Co-responsable du DESS Productique et Informatique Industrielle (responsable : Pr. G. Doumeingts) et participation à la refonte des enseignements.
- Depuis 2003** Responsable du DESS Productique et Informatique Industrielle (P2I) et définition de la refonte des enseignements pour le passage en MASTER
- Depuis 2004** Responsable des modules « techniques industrielles » de l'IUP Génie Electrique et Informatique Industrielle et de l'IUP Génie Mécanique, responsable du Module « conception de produits » de la Maitrise Science de la Production Industrielle
- 2006** Participation à la refonte des enseignements des parcours productique Licence 3, Master 1 et Master 2)
- 2007** Responsable de la spécialité APS (Automatique Productique Signal) du MASTER EEA incluant 5 parcours de seconde année de MASTER (1 parcours d'automatique - AM2AS, 1 parcours de Signal - SI et 3 parcours de productique – IPPSI, SPIA, IEP, parcours international en collaboration avec Harbin Institute of Technology) et regroupant environ 100 étudiants – Coordination de la spécialité pour la nouvelle habilitation.
- 2007** Responsable du nouveau parcours IPPSI (Ingénierie, Pilotage et Performance des Systèmes Industriels) (ex MASTER P2I)
- 2007** Responsable de l'option « Logistique » du parcours SPIA du master EEA (100 heures)

## 7 Activités administratives et missions spécifiques

Sont présentées ici mes activités administratives et missions spécifiques de plus grande ampleur ou transversales à la recherche et à l'enseignement et qui n'ont par conséquent pas été déjà présentées dans les parties précédentes.

- Depuis 2003** Membre de l'équipe projet chargé de la création d'un centre AIP-PRIMECA à Bordeaux et en Aquitaine.
- Depuis 2004** Membre suppléant élu de la commission de spécialistes d'établissement 61<sup>ème</sup> et 63<sup>ème</sup> sections CNU de l'Université Bordeaux 1 et de ENSEIRB.
- 2005-2006** Co-responsable (avec G. Doumeingts) de l'étude d'amélioration des processus de l'Université Bordeaux 1 – Interviews des acteurs des processus, modélisation et propositions d'amélioration des processus « gestion des missions », « élaboration du budget de l'université », « gestion des heures complémentaires ». Organisation et gestion des réunions du groupe de pilotage de l'étude, composé des vice-présidents, de la secrétaire générale et de l'agent comptable de l'université.
- 2007** Membre de l'équipe projet chargé de la création du Pole Grand Sud Ouest du Laboratoire Virtuel INTEROP VLab.

2007

Membre élu de la Commission Nationale Universitaire en 61<sup>ème</sup> section

Dans le cadre de ma recherche, j'ai aussi participé à l'organisation de plusieurs Conférences et Workshops:

**International Workshop on Modelling Techniques, Business Process Re-Engineering and Benchmarking**

Titre complet: International Workshop on Modelling Techniques, Business Process Re-Engineering and Benchmarking

Dates : 18-19 avril 1996

Nombre de Participants : environ 100

**Conférence ASI 2000**

Titre complet: Advanced Summer Institute 2000, Life Cycle Approaches to Production Systems: Management, Control, Supervision *en collaboration avec le réseau européen ICIMS NoE*

Dates : 18-20 septembre 2000

Nombre de Participants : environ 150

**Workshop du SIG Performance Measurement de l'IFIP WG5.7 (co-chairman avec Bruno Vallespir)**

Titre complet: 4th International Workshop on Performance Measurement – Implementation of Performance Measurement Systems for Supply Chains

Dates: 27-28 juin 2005

Nombre de participants : environ 50

**Conférence IESA 2006**

Titre complet: 2nd conference on Interoperability of Enterprise Software and Application *en collaboration avec le réseau européen INTEROP NoE*

Dates : 22-24 mars 2006

Nombre de Participants : environ 250

**Conférence CIFA 2006**

Titre complet : 4<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Automatique

Dates : 30 mai - 1 juin 2006

Nombre de Participants : environ 250

D'autre part, je suis reviewer pour plusieurs journaux internationaux :

- International Journal of Production Planning and Control – Taylor & Francis – 4 articles reviewés depuis 2005
- International Journal of Production and Economics – Elsevier – 2 articles reviewés depuis 2004
- International Journal of Computer Integrated Manufacturing – Elsevier - 1 article reviewé depuis 2007
- Journal Européen des Systèmes Automatisés – Lavoisier – 2 articles reviewés depuis 2005

## 8 Publications et encadrement de doctorants et de DEA

### 8.1. Publications

Mes publications sont classées en fonction des rubriques suivantes :

- A - Articles dans des revues à comité de lecture
  - Revues internationales*
  - Revues nationales*
- B - Ouvrages de synthèse
- C - Communications dans des colloques avec actes et comité de lecture
  - Colloques internationaux*
  - Colloques nationaux*
- D - Communications dans des colloques sans actes ou avec actes à diffusion restreinte
- E - Rapports de recherche (dans le cadre de contrats ou de groupes de recherche)
- F - Habilitation, thèse, DEA et séminaires internes
- T - Thèses co-encadrées soutenues et en cours
- U - DEA encadrés

#### **A - Articles dans des revues à comité de lecture**

*Revues internationales*

[A9] **BLANC S., DUCQ Y., VALLESPIR B.**

"Evolution management towards interoperable supply chains using performance measurement"  
Computer in Industry – Elsevier – Vol. 58 – n°7 – septembre 2007 – pp 720-732

[A8] **DUCQ Y., DESCHAMPS J.C., VALLESPIR B.**

"Re-engineering d'un système hospitalier par l'utilisation de la méthodologie GRAI"  
in Journal Européen des Systèmes Automatisés – Lavoisier - Vol. 39 - n° 5-6, 2005 – pp 605-636

[A7] **DUCQ Y., VALLESPIR B.**

"Definition and aggregation of a Performance Measurement System in three Aeronautical workshops using the ECOGRAI Method"  
in International Journal of Production Planning and Control – Taylor & Francis – Vol. 16 - n°2 – mars 2005 – pp 163-177

[A6] **DUCQ Y., CHEN D., VALLESPIR B.**

"Interoperability in enterprise modelling: requirements and roadmap"  
in International Journal of Advanced Engineering Informatics – Elsevier – Vol. 18 – Issue 4 – octobre 2004 – p 193-203

[A5] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"Enterprise Modelling techniques to improve efficiency of enterprises"  
in International Journal of Production Planning and Control - Taylor & Francis – Vol. 12, number 2, Mars 2001, pp 146-163

[A4] **DUCQ Y., VALLESPIR B., DOUMEINGTS G.**

"Coherence analysis methods for Production Systems by Performance Aggregation" -  
in International Journal of Production and Economics – Elsevier – Vol. 69 – janvier 2001 - pp.23-37

[A3] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., VALLESPIR B., KLEINHANS S.**  
"Production Management and Enterprise Modelling" -  
in Computer in Industry – Elsevier – Vol. 42 – n° 2-3 - juillet 2000 – pp 245-263

[A2] **VALLESPIR B., DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**  
"Enterprise Modelling and Performance Measurement: part 1. Implementation of Performance Indicators" - in International Journal of Business Performance Management – Indersciences - Vol 1 - n°2 – 1999 – pp 134-153

*Revue nationale à diffusion restreinte*

[A1] **MERLE C., DUCQ Y.**  
"L'évaluation des performances des systèmes de production" - Revue Rencontres Recherche - n°2 - Mai 1999 - pp 32 – 52

**B - Ouvrages de synthèse**

[B5] **DUCQ Y., BERRAH L., SENECHAL O.**  
"Contexte de l'évaluation de performance" Ouvrage collectif « L'évaluation de la performance », sous la direction de C. Tahon, Traités I2C, Eds Hermès, 2003.

[B4] **DUCQ Y., GENTIL M.H., MERLE C., DOUMEINGTS G.**  
"Application d'ECOGRAI pour la conception et l'implantation de systèmes d'indicateurs de performance", Ouvrage collectif « L'évaluation de la performance », sous la direction de C. Tahon, Traités I2C, Eds Hermès, 2003.

[B3] **DOUMEINGTS G., KROMM H., DUCQ Y., KLEINHANS S.**  
"Reengineering and Agile Manufacturing Development" in "Agile Manufacturing : 21<sup>st</sup> century competitive strategy" Edited by A. Gunasekaran – Elsevier Sciences – ISBN-13: 978-0-08-043567-1 - Janvier 2001 – 820p

[B2] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**  
"Production Management: Which future ?" – Papier de la conférence APMS'96 sélectionné, commenté et révisé pour publication dans *Advanced in Production Management Systems : perspectives and future challenges* edited by Norio Okino, Hirpyuki Tamura and Susumu Fujii – Published in IFIP Transaction - Chapman & Hall – ISBN 0-412-82350-0 – 1998 – pp 18-28

[B1] **DOUMEINGTS G. DUCQ Y. CLAVE F.**  
Contribution à l'ensemble de l'ouvrage : "De la pierre à la cathédrale : Les Indicateurs de Performance" Les guides du club "Production et Compétitivité" : Coordination de X. Karscher et P.M. Gallois - Edition du "Ministère de l'Industrie, des Postes et des Télécommunications" LONDEZ CONSEIL - 1997 - 263p

**C - Communications dans des colloques avec actes et comité de lecture**

*Colloques internationaux*

[C48] **RENAULD R., DUCQ Y., POURCEL C.**  
"Réflexions sur la performance d'un système de formation" – 7<sup>ème</sup> congrès de Génie Industriel- GI 2007 – Trois Rivières – Canada – 7-10 Juin 2007

[C47] **BAKIRI M., DUCQ Y., CHAABANE S.**

“Integration of Quality, Security, Environment requirements through the elaboration of a merged guide and a reference model for the control and performance improvement” – International Conference on Industrial Engineering and System Management - IESM 2007 – Pekin – Chine – 30 mai 2007 – 2 juin 2007

[C46] **BAKIRI M., DUCQ Y., CHAABANE S.**

“Conduite et évaluation des systèmes de production intégrant les domaines Qualité, Sécurité, Environnement” – Conférence QUALITA 2007 – Tanger – Maroc – 20-22 mars 2007

[C45] **BLANC S., DUCQ Y., VALLESPER B.**

“A graph based approach for interoperability evaluation” – IESA 2007 – Interoperability for Enterprise Software and Applications – Madeira - Portugal - 28-30 mars 2007

[C44] **GRANDEL R., BEN SALEM R., BOUREY J.P., DACLIN N., DUCQ Y.**

“Transforming GRAI Model into UML Models, a first step to Model Driven Interoperability” – IESA 2007 – Interoperability for Enterprise Software and Applications – Madeira - Portugal - 28-30 mars 2007

[C43] **DUCQ Y., VALLESPER B.**

“Reference models for mass customisation production of high fashionable products: application to the shoe manufacturing domain” – APMS 2006 – Lean Business Systems and Beyond - Wroclaw – Pologne - 18-20 septembre 2006 –

[C42] **RAVELOMANANTSOA M., DUCQ Y., VALLESPER B.**

« A generic framework for performance indicator system methods”  
The 5<sup>th</sup> International Conference on Theory and Practice in Performance Measurement and Management – Londres - Royaume-Uni – 25-28 juillet 2006

[C41] **BLANC S., DUCQ Y., VALLESPER B.**

“Interoperability problems in supply chains context”  
INformation CONtrol problems in Manufacturing – Conférence INCOM '06 – St Etienne - France – 17-19 mai 2006

[C40] **BLANC S., ROBIN V., DUCQ Y., GIRARD P.**

“Management of evolution in a collaborative design process context”  
INformation CONtrol problems in Manufacturing – Conférence INCOM '06 – St Etienne - France – 17-19 mai 2006

[C39] **BLANC S., DUCQ Y., VALLESPER B.**

“Interoperability characterisation using enterprise modelling and graph representation”  
2<sup>nd</sup> IESA Conference on Interoperability for Enterprise Software and Application – Bordeaux – France – 22-24 mars 2006

[C38] **WADHWA S., SAXENA A., DUCQ Y.**

“Interoperability and Synergism of Decision, Information and Flexibility to improve performances of Enterprise Systems: KM Implications”  
2<sup>nd</sup> IESA Conference on Interoperability for Enterprise Software and Application – Bordeaux – France - 22-24 mars 2006

[C37] **VALLESPER B., CHEN D., DUCQ Y.**

“Enterprise Modelling for interoperability”  
16th IFAC World congress – Prague – République Tchèque – 4-8 juillet 2005

[C36] **BLANC S., DUCQ Y., VALLESPIR B.**

« Evolution management toward interoperable supply chains using performance measurement »  
4th international IFIP workshop on performance measurement: "implementation of performance measurement systems for supply chains" – Bordeaux – France - 27 – 28 juin 2005

[C35] **DUCQ Y., AKIF J.C., BLANC S.**

« Comparison of methods and frameworks to evaluate the performance of supply chains»  
4th international IFIP workshop on performance measurement: "implementation of performance measurement systems for supply chains"- Bordeaux – France - 27 – 28 juin 2005

[C34] **DOUMEINGTS G, DUCQ Y.**

"Definition and Implementation of Performance Indicators in an IT Department"  
SPIRAL 2005 international conference on IT Governance and Information System Interoperability –  
– Luxembourg – 7 juin 2005

[C33] **DUCQ Y. , VALLESPIR B.**

"Performance evaluation using decisional modelling" – 4th international conference on decision –  
Bordeaux - France – 17et 18 mai 2005

[C32] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., CHEN D.**

"Knowledge for interoperability"  
Internationales Produktionstechnisches Kolloquium – PTK 2004 – Berlin – Allemagne – 27-29  
septembre 2004

[C31] **DUCQ Y., VALLESPIR B., DOUMEINGTS G.**

"Utilisation de la méthodologie GRAI pour la modélisation, le diagnostic et la conception d'un  
système hospitalier"  
Conférence GISEH 2004 – Mons – Belgique - 9-11 septembre 2004 -

[C30] **DUCQ Y., VALLESPIR B., DOUMEINGTS G.**

"Design and implementation of performance measurement system in services: application to a  
financial engineering company"  
The 4<sup>th</sup> International Conference on Theory and Practice in Performance Measurement and  
Management – Edinburgh – Ecosse - 28-30 juillet 2004

[C29] **DUCQ Y., VALLESPIR B.** "Modelling principles and performance indicators definitions for  
the Supply Chain control" – IMS International Forum 2004 – Como – Italie – 17-19 mai 2004

[C28] **MALHENE N., DUCQ Y., VALLESPIR B.** « Management of industrial Enterprise evolution  
process » - 5<sup>ème</sup> congrès international de Génie Industriel : Le génie industriel et les nouveaux  
défis mondiaux– Quebec - Canada– 26-29 octobre 2003

[C27] **DUCQ Y., VALLESPIR B.** "Definition and aggregation of a Performance Measurement  
System in three Aeronautical workshops using GRAIPerf Method" – 3<sup>rd</sup> International Workshop on  
Performance Measurement" – Bergamo – Italie - 19-20 juin 2003

[C26] **DUCQ Y., VALLESPIR B., DOUMEINGTS G.**

"A method to ensure performance achievement within decision making"  
2nd International Workshop on Performance Measurement : "Performance Measurement for  
Increased Competitiveness" – Hanover – Pays Bas - 6-7 juin 2002

[C25] **GENTIL M.H., MERLE C., DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Using GRAIPerf to design and to implement a quality performance indicator system in accordance  
with the new ISO 9000:2000 standards"



IEEE International conference on systems, Man and Cybernetics, SMC'2002, Yasmine Hammamet – Tunisie – 6-9 octobre, 2002

[C24] **CHEN D., DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"The development of an Unified Enterprise Modelling Language"

1<sup>st</sup> CENNET Workshop on Digital Manufacturing and Business – Pékin - Chine, 14-15 avril 2002.

[C23] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Improvement of Enterprise Modelling Methodology application using e-software support: the case of GRAI Methodology "

1<sup>st</sup> CENNET Workshop on Digital Manufacturing and Business – Pékin - Chine, 14-15 avril 2002.

[C22] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., KROMM H.**

"Integrating Enterprise Modelling in the Industrial Strategy process"

International Working Conference on Strategic Manufacturing – Aalborg – Norvège - 26-29 août 2001

[C21] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"La méthodologie GRAI et les techniques INTRANET et INTERNET : Le projet GVC (Grai Virtual Consulting) "

Conférence MOSIM '01 - Troyes - France - 25-27 avril 2001

[C20] **GENTIL M.H., DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Comment implanter et améliorer un système qualité en utilisant les techniques de modélisation d'entreprise "

4<sup>ème</sup> congrès international pluridisciplinaire Qualité et Sûreté de fonctionnement : QUALITA 2001 - Annecy - France - 22-23 mars 2001

[C19] **VALLESPIR B., DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

" Coordination par objectifs en conduite des systèmes de production "

Journées Scientifiques Franco-Tunisiennes, EEAI - Monastir - Tunisie - 25-26 octobre 2000

[C18] **DUCQ Y., GENTIL M.H., DOUMEINGTS G.**

"Use of GRAI Methodology for quality system design and implementation in accordance with the new ISO 9000 : 2000 "

Conférence ASI 2000 - Bordeaux - France - 18-20 Septembre 2000

[C17] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., KLEINHANS S.**

"Enterprise Modelling Techniques in year 2000"

**Invited Paper** at 16<sup>th</sup> IFIP World Computer Congress – Pékin - Chine - 21-25 août 2000

[C16] **DUCQ Y., KROMM H., VALLESPIR B.**

"Intégration des performances d'exploitation et de conception des systèmes de production "

Conférence CIFA 2000 - Lille - France - 5-8 juillet 2000

[C15] **DUCQ Y., KROMM H., VALLESPIR B.**

"Integration of design performances and operating performances for manufacturing systems"

Eleven International Working Seminar on Production Economics - Igls – Autriche – 21-25 février 2000

[C14] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., KROMM H.**

"Enterprise Modelling Techniques to improve efficiency of Enterprise" - International Enterprise Modelling Conference: IEMC'99 - - Verdat – Norvège – 14-16 juin 1999

[C13] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"Enterprise Modelling Techniques to improve Enterprise Performances" - The International Conference on Concurrent Enterprising : ICE'99 - The Hague – Pays Bas – 15-17 mars 1999

[C12] **DOUMEINGTS G., VALLESPER B., KLEINHANS S., DUCQ Y.**

"Performance Indicators and the GRAI Approach" -

First International Conference on Performance Measurement - Cambridge, Royaume-Uni, 15-17 juillet 1998 – A.D. Neely & D.B. Waggoner ed., Cambridge, Centre for Business Performance, vol. 1, 1998.

[C11] **DUCQ Y., VALLESPER B., DOUMEINGTS G.**

"Performance evaluation and coherence analysis for the manufacturing system control"

Tenth International Working Seminar on Production Economics - Iglis – Autriche – 16-20 Février 1998

[C10] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"The use of GRAI Methodology in One of a Kind Production"

Seminario internacional gerência de projetos : melhoria da performance global dos projetos" - University TUIUTI DO PARANA – Brésil – 27-28 mai 1998

[C9] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"Production Management: Which future ?" - APMS'96 - Kyoto – Japon – 4-8 novembre 1996 -

[C8] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., KLEINHANS S., CLAVÉ F.**

"The GRAI Approach to improve the competitiveness of industrial enterprises" - Mannheimer Unternehmerforum - Mannheim – Allemagne – 27-28 juin 1996 -

[C7] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., CLAVE F., MALHENE N.**

"From CIM to Global Manufacturing"

International Conference on CAPE'95 (Computer Application in Production and Engineering) – Pékin - Chine - 16-18 Mai 1995

[C6] **DOUMEINGTS G., CLAVE F., DUCQ Y., MARCOTTE F.**

"Extension de la méthode ECOGRAI à la mesure de performance multi-critères dans un contexte de production globale"

ILCE 95 (Integrated Logistic & Concurrent Engineering) - 3<sup>èmes</sup> journées internationales - Paris – France - 30 janvier - 3 février 1995

[C5] **DOUMEINGTS G., MARCOTTE F., CLAVE F., DUCQ Y.**

"IMS Programme: GLOBEMAN 21 Methodology to evaluate the Best Industrial Practices worldwide "

Third International Conference on Automation Technology - AUTOMATION'94 - Tapei - Taïwan – 5-7 juillet 1994

[C4] **DOUMEINGTS G., CLAVE F., DUCQ Y.**

"ECOGRAI - A Method to design and to implement Performance Measurement Systems for Industrial Organisations: Concepts and application to the maintenance function"

IFIP WG 5.7 - Workshop on "Benchmarking: Theory and practices" - Trondheim - Norvège – 5-7 juin 1994

[C3] **PIDDINGTON C., MARCOTTE F., DUCQ Y.**

" How we can Benchmark Manufacturing Systems using GRAI Approach "

27th ISATA : Dedicated Conference on Lean/AGILE Manufacturing for the Automotive Industries - Aachen – Allemagne – 31 octobre – 4 novembre 1994

[C2] **DOUMEINGTS G., CLAVE F., DUCQ Y.**

" ECOGRAI - A Method to design and to implement Performance Indicators Systems using GRAI Approach"

27th ISATA : Dedicated Conference on Lean/AGILE Manufacturing for the Automotive Industries - Aachen - Allemagne – 31 octobre – 4 novembre 1994

[C1] **DOUMEINGTS G., MARCOTTE F., DUCQ Y.**

" A Methodology to evaluate the Best Industrial Practices in the frame of the IMS Programme : GLOBEMAN 21"

IFIP WG 5.7 - Working conference on "Evaluation of Production Management Methods" - Porto Alegre/Gramado - Brésil - mars 1994

## **D - Communications dans des colloques sans actes ou avec actes à diffusion restreinte**

[D9] **DUCQ Y., VALLESPIR B., BLANC S.**

"Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives"

Journées Nationales du GDR MACS – Session du groupes AMOEP – EIGSI - La Rochelle - 15 mars 2007

[D8] **DUCQ Y., POURCEL C., RENAULD R.**

« Applications et complémentarités des méthodes ECOGRAI et Balanced Score Card pour la définition d'indicateurs de performance d'une option de formation »

Journées Nationales du GDR MACS – Session du groupe AMOEP – Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis - 16 novembre 2006

[D7] **RAVELOMANANTSOA M., DUCQ Y., VALLESPIR B.**

"Contribution à la définition d'un cadre générique pour les méthodes de définition et d'implantation de systèmes d'indicateurs de performances"

Journées Nationales du GDR MACS – Session du groupe AMOEP – Ecole Centrale Paris - 9 mars 2006

[D6] **DUCQ Y., VALLESPIR B.**

"Comparaison et intégration du modèle GRAI et du modèle SCOR pour la modélisation et l'évaluation de la performance des chaînes logistiques "

Journées Nationales du GDR MACS – Session spéciale des groupes AMOEP et ECI - Lyon - 6 septembre 2005

[D5] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Analyse de cohérence et évaluation de performance pour la conduite des Systèmes de Production" - Journée du Groupement pour la Recherche en Productique - Groupe Evaluation de Performance -Lille – 3-4 juillet 1997

[D4] **DUCQ Y.**

"Du projet IMS/GLOBEMAN 21 à l'analyse de la cohérence de la conduite des systèmes de production" - Journée du Groupement pour la Recherche en Productique - Groupe Modélisation d'Entreprise - Lyon - 5/6 mai 1997

[D3] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Performance Indicators and GRAI Methodology" - 6<sup>th</sup> AUGRAI Workshop -Valence – 28-29 avril 1999

[D2] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"How to improve Enterprise Performances with using Enterprise Modelling Techniques and GRAI Methodology " - CENIM WORKSHOP'99 - Nanjing – Chine – 3-5 mai 1999

[D1] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y., DURCOS S.**

"IMAGIM, a software support to the use of GRAI Methodology" - CENIM WORKSHOP'99 - Karlsruhe – Allemagne – 5-7 octobre 1999 -

## **E - Rapports de recherche (dans le cadre de contrats ou de groupes de recherche)**

[E33] **DUCQ Y., PANETTO H.**

"Mobility programme results – Version 5 from M25 to M42"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D3.5 – mai 2007

[E32] **DUBOIS E., PIGNEUR Y., DUCQ Y. , GORDIJN J., GREGOIRE B., JOHANNESON P., PETIT M.**

"Final report on the comparison/mapping/evolution between business models"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable DTG5.3 - mai 2007

[E31] **DUCQ Y. , BOURRIERES J.P.**

"Performance Indicators at M42"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 version 6 - mai 2007

[E30] **BOUREY J.P, GRANGEL R., DOUMEINGTS G., BERRE A., PANTELOPOULOS S., KALAMPOUKAS K., D'ANTONIO F., DUCQ Y., DACLIN N., BERTONI M., GRANDIN-DUBOST M.**

"Report on Model Driven Interoperability" –  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable TG2.3 – avril 2007

[E29] **DUCQ Y., LILLEHAGEN F.**

"Mobility programme results – Version 4 from M25 to M30"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D3.4 – juin 2006

[E28] **BAKIRI M., DUCQ Y.**

« Rapport de l'étude QSE dans l'entreprise ZODIAC »  
Rapport interne IMS-LAPS / Zodiac - mai 2006

[E27] **DUCQ Y. , DOUMEINGTS G.**

"Performance Indicators at M30"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 version 5 - juin 2006

[E26] **BOUREY J.P, GRANGEL R., DOUMEINGTS G., BERRE A., PANTELOPOULOS S., KALAMPOUKAS K., D'ANTONIO F., DUCQ Y., DACLIN N., BERTONI M., GRANDIN-DUBOST M.**

"Report on Model Interoperability" –  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable TG2.2.2 – mai 2006

[E25] **DUCQ Y. , DOUMEINGTS G.**

"Performance Indicators at M24"  
- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 version 4 - janvier 2006

[E24] **DUCQ Y., ZELM M.**

"Mobility criteria and mobility programme results – Version 3"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D3.3 – novembre 2005

[E23] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Performance Indicators at M18"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 version 3 - mai 2005

[E22] **BOURRIÈRES J.P., DOUMEINGTS G., DUCQ Y., VALLESPIR B., MISSIKOFF M.**

"Consolidated INTEROP Model and Performance Indicators"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D4.3 – mai 2005

[E21] **DUCQ Y., LININGTON P., POLER R.**

"Financial, administrative and social arrangements for the mobility programme"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D3.2 – avril 2005

[E20] **GOOSSENAERTS J., DOUMEINGTS G., BOUDJLIDA N., BOURRIÈRES J.P., DUCQ Y., LEONARD M., LILLHAGEN F., MISSIKOFF M., PETIT M., PIDDINGTON C., VALLESPIR B.**

"Scientific Integration Conceptual Model and its application in INTEROP"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D4.1 – novembre 2004

[E19] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"New definition of Performance Indicator for INTEROP NoE"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 version 2 - octobre 2004

[E18] **DUCQ Y., KHADRAOUI D. - SARRAIPA J.**

"INTEROP Mobility matrices"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D3.1 – octobre 2004

[E17] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Definition of Performance Indicator system for INTEROP"

- INTEROP Network of Excellence – Deliverable D14.3 - mai 2004

[E16] **ATHENA Consortium - A1 Project - Task A1.1**

"State of the Art in Enterprise Modelling Techniques and Technologies to Support Enterprise Interoperability"

- ATHENA Integrated Project – IST 507849 – Deliverable DA1.1.1 – Ed. Belen A. - juin 2004

[E15] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Reference Mechanisms for the consumer oriented shoe manufacturing" - EUROSHOE Project – Deliverable D4.1.3 - octobre 2002

[E14] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G., DULIO S.**

"Summary of the requirements for the TO BE Model" - EUROSHOE Project – Deliverable D2.2.1 - octobre 2002

[E13] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Documentation on methodology and reference models to improve shoe design activities" - EUROSHOE Project – Deliverable D3.1.3. - octobre 2002

[E12] **UEML Consortium – WP2 -**

"Initial set of requirements" - Deliverable D2.1.: UEML project, Ed. Jochem R.- juin 2002.

[E11] **DOUMEINGTS G., DUCQ Y.**

"First progress report " - CENNET Project – Deliverable D5.1 - mai 2002

[E10] **DUCQ Y. , DOUMEINGTS G.**

"Elaboration of the Physical models and Business Processes views of the manufacturing process "  
- EUROSHOE Project – Deliverables D4.1.1./ D4.1.2 - mai 2002

[E9] **DOUMEINGTS G., KROMM H., DUCQ Y., CHABRIER D.**

"Modelling and analysis of the case studies" - EUROSHOE Project – Deliverable D3.1.2. - mai 2002

[E8] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"Documentation on methodology to model the design process" - EUROSHOE Project – Deliverable D3.1.1. - mai 2002

[E7] **DUCQ Y., DOUMEINGTS G.**

"How to combine GRAI Methodology and ENAPS Methodology to obtain an actual benchmarking Methodology" - ENAPS Project - Special Deliverable - mai 1999

[E6] **DURCOS S., DUCQ Y. , DOUMEINGTS G. , KICIN S. , MARCOTTE F.**

"Synthesis - Industrial needs to obtain good Business Process performance (moving to Best Practices)" - ENAPS Project - Deliverable 5.3 - Work Package 5 - Task 3 - septembre 1997

[E5] **DURCOS S. , DUCQ Y. , DOUMEINGTS G. , MARCOTTE F. , KICIN S.**

"Synthesis of the gap between best practices and major development trends" - ENAPS Project - Deliverable 5.2 - Work Package 5 - Task 2 - 17 juillet 1997

[E4] **DURCOS S. , MARCOTTE F. , DUCQ Y.**

"Synthesis of the Most relevant trends" - ENAPS Project - Deliverable 5.1.2 - Work Package 5 - Task 1 - mai 1997

[E3] **VALLESPIR B., DOUMEINGTS G., LIZARRALDE O., MALHENE N., DUCQ Y., VILLENAVE C.**

"Contribution au développement de GIM : Méthodologie de modélisation et de conception des systèmes de production" - Rapport technique - Fond commun de coopération Aquitaine / Euskadi / Navarre - décembre 1997 -

[E2] **DOUMEINGTS G., ZANETTIN M., DUCQ Y.**

"GIM : GRAI Integrated Methodology - version 2.1" - EUREKA TIME GUIDE Project - Deliverable 4.1 - Work Package 4 - mars 1996

[E1] **DOUMEINGTS G., MARCOTTE F., DUCQ Y., CLAVE F.**

"Annexe 2: The GLOBEMAN Methodology and Application" – GLOBEMAN 21 The Results - Final deliverable of GLOBEMAN Project – Published by British Aerospace - 1994

## **F - Habilitation, thèse, DEA et séminaires internes**

[F5] **DUCQ Y .**

De la performance par les modèles aux modèles de performance  
Séminaire du groupe productique GRAI - 12 décembre 2006.

[F4] **DUCQ Y .**

Résultats du projet EUROSHEE et perspectives dans le projet INDICO  
Séminaire du groupe productique GRAI - 9 février 2006.

[F3] **DUCQ Y . VALLESPER B.**

Thématiques scientifiques du nouveau programme de travail du réseau d'excellence INTEROP  
Séminaire du groupe productique GRAI - 3 janvier 2005.

[F2] **DUCQ Y .**

"Contribution à l'analyse de la cohérence des systèmes de production dans le cadre du modèle GRAI" – Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, février 1999.

[F1] **DUCQ Y .**

"Contribution à l'analyse de la cohérence des structures de production par le modèle GRAI : Application au projet I.M.S. Globeman 21" - Mémoire de DEA, Productique, Université Bordeaux 1, septembre 1993.

## 8.2. *Co-encadrement de doctorants*

### Soutenues

[T1] **BLANC S.**

« Contribution à la caractérisation et à l'évaluation de l'interopérabilité pour les entreprises collaboratives » Thèse de Doctorat – Spécialité Productique - Université Bordeaux 1 – 20 décembre 2006

Jury : D. BREUIL (rapporteur), D. GOURC (rapporteur), E. DUBOIS, B. VALLESPER, Y. DUCQ, J.P. BOURRIERES

Pourcentage de co-encadrement : 50%

Directeur de thèse : Pr. B. VALLESPER

Publications co-signées : [A9], [C45],[C41],[C40],[C39],[C36],[C35],[D9]

Devenir : Professeure agrégée du secondaire en Génie Mécanique en poste à Villeneuve la Garenne (BTS CRC)

### Résumé des travaux :

Cette thèse consiste en la définition d'une méthodologie de caractérisation et d'évaluation du niveau d'interopérabilité inter-entreprises, afin d'améliorer leur fonctionnement propre, ainsi qu'en la définition d'une méthodologie de gestion de l'évolution de ces entreprises, leur apportant ainsi un cadre pour la mise en place de projets successifs ayant pour objectif l'amélioration du niveau d'interopérabilité. Ces méthodes s'appliquent à tous les niveaux, tant opérationnels que stratégiques, ainsi que pour tous types de collaboration que ce soit entre services d'une même entreprise ou entre plusieurs entreprises d'une chaîne logistique. Ces méthodes sont basées sur le fait que l'interopérabilité peut être vue comme une performance de l'entreprise. Ceci a permis de caractériser et d'évaluer l'interopérabilité, notamment, grâce à l'utilisation de la théorie des graphes qui apporte un cadre formel, des outils mathématiques et une représentation graphique qui sont autant d'aides tant pour la conduite de l'étude que pour la communication avec les différents acteurs concernés.

[T2] **BAKIRI M.**

« Contribution à la conduite et à l'évaluation des systèmes de production intégrant les domaines Qualité, Sécurité et Environnement » Thèse de Doctorat – Spécialité Productique - Université Bordeaux 1 – 22 décembre 2006

Jury : S. CHAABANE, D. CHEN, Y. DUCQ, Y. DUTUIT, J.M.GEY, B. GRABOT (rapporteur), M. PILLET (rapporteur),

Pourcentage de co-encadrement : 80%

Directeur de thèse : Pr. Y. DUTUIT

Publications co-signées : [C47],[C46],[E28]

Devenir : Professeur certifié du secondaire en Chimie et Sécurité en poste à Pessac et à Bègles

Résumé des travaux :

Aujourd'hui, les décideurs doivent piloter leur système de production en ayant constamment à l'esprit, la satisfaction de toutes les performances, le coût, le délai mais aussi la qualité, la sécurité et l'environnement (QSE). L'objectif de ces travaux est de montrer l'intérêt de disposer de modèles de référence pour concevoir, piloter et évaluer un système de production en intégrant les exigences QSE imposées par les différentes normes. Il est donc nécessaire de s'appuyer sur un modèle de référence générique de management des systèmes de production dans lequel seront intégrées les exigences QSE. Ainsi, ce travail commence par l'élaboration d'un guide de fusion des exigences QSE tirées des normes ISO 9000-2000, OHSAS 18001 et ISO 14001. Ensuite, après l'élaboration du modèle de référence générique de management des systèmes de production en utilisant le modèle GRAI, les exigences sont intégrées pour être prises en compte dans les décisions de production. Enfin, un ensemble cohérent d'indicateurs de performance sont définis pour mesurer et piloter la performance QSE.

**En cours**

[T3] **RAVELOMANANTSOA M.**

« Contribution à la définition d'un cadre générique pour la définition, l'implantation et l'exploitation de la performance : application à la méthode ECOGRAI » Thèse de Doctorat – Université Bordeaux 1 – Soutenance prévue en décembre 2007

Pourcentage de co-encadrement prévu : 50%      Directeur de thèse : Pr. B. VALLESPER

Publications co-signées : [C42],[D7]

[T4] **VICIEN G.**

« Contribution à une méthodologie d'implantation d'un système d'indicateurs de performance pour l'interopérabilité entre les business modèles et le système d'information » Thèse de Doctorat – Université Bordeaux 1 – Début prévu en septembre 2007

Pourcentage de co-encadrement prévu : 50%      Directeur de thèse : Pr. B. VALLESPER

### 8.3. Encadrement et co-encadrement de DEA et MASTER Recherche

**Encadrement      100%**

[U8]      Guillaume Vicien  
Contribution à une méthodologie d'implantation d'un système d'indicateurs de performance  
2006

[U7]      Céline Cabana  
Comparaison entre le modèle GRAI et le modèle SCOR pour la modélisation et l'évaluation de la performance de la supply-chain  
2004

[U6]      Nicolas Daclin  
Analyse de la cohérence entre les objectifs des processus et les objectifs fonctionnels d'un système de production  
2003

Publications co-signées : [C44],[E30],[E26]



- [U5] Rachid Alami  
Utilisation des approches multicritères dans le cadre du problème d'agrégation des performances.  
1998

**Co-encadrement avec Bruno Vallespir 50% :**

- [U4] Aina Rakatoarison  
Contribution à l'analyse de cohérence des objectifs dans une entreprise étendue  
1998
- [U3] Henri Kromm  
Contribution à l'étude de la cohérence dans la décomposition des objectifs dans le modèle GRAI  
1997  
*Publications co-signées : [B3],[C22],[C16],[C15],[C14],[E9]*

**Co-encadrement avec Guy Doumeingts 50% :**

- [U2] Emmanuel Saint Joannis  
Comparaison des concepts des approches Holoniques, Bioniques, Fractales et des concepts du modèles GRAI  
1995

**Co-encadrement avec Catherine Merle 50% :**

- [U1] Patrick Lejeune  
Analyse de cohérence technico-économique dans le système de production  
1994





## **Chapitre 3.**

# ***Evaluation de performance par les modèles d'entreprise***



L'évaluation de la performance et les modèles d'entreprise étant liés dans mon approche, j'ai décidé de les présenter dans le même chapitre qui couvrira donc l'ensemble de mes travaux de recherche passés et futurs. Ainsi, après avoir présenté quelques généralités sur la modélisation d'entreprise, et le lien qui doit nécessairement exister entre les modèles d'entreprise et l'évaluation de la performance, je présenterai mes travaux sur les modèles de référence et sur les indicateurs de performance. Dans un troisième temps, je présenterai les travaux de recherche envisagés dans le domaine du pilotage pour et par la performance.

### **9 Introduction : De la modélisation de l'entreprise à l'évaluation de la performance**

Le domaine de la modélisation d'entreprise a depuis longtemps été un thème fédérateur du groupe de recherche GRAI à travers notamment les premiers travaux sur l'automatisation intégrée des systèmes, puis sur la méthode GRAI et enfin sur son extension à l'ensemble des activités de réingénierie et de pilotage des systèmes industriels.

Nous faisons cependant la distinction entre le domaine de « *la modélisation d'entreprise* » qui a pour objectif de travailler sur les langages et les approches servant à modéliser et « *la modélisation de l'entreprise* » couvrant l'utilisation de ces méthodes pour l'élaboration des modèles d'un système entreprise particulier.

Notre première contribution s'est située dans l'utilisation de la modélisation de l'entreprise pour la définition d'indicateurs de performance et leur mise en cohérence. Cette activité a toujours été le fil conducteur de nos travaux. Cependant, pour concevoir des Systèmes d'Indicateurs de Performance (SIP) cohérents pour différentes classes de systèmes d'entreprise, j'ai travaillé sur l'utilisation de la modélisation d'entreprise pour l'aide à la conception des systèmes de production, et notamment pour la définition de modèles de référence (génériques) dédiés à des classes de

systèmes d'entreprise et support à la conception de SIP. Enfin, les indicateurs de performance étant des outils utiles à la gestion des systèmes en exploitation et en évolution, certains de mes travaux ont contribué à enrichir l'utilisation des techniques de modélisation d'entreprise pour la gestion de l'évolution.

Ainsi, après une présentation des fondements de la modélisation d'entreprise, ces trois domaines d'application seront détaillés en termes de problématique, de travaux effectués et de travaux de recherche futurs.

### 9.1. *La modélisation d'entreprise*

La modélisation d'entreprise (traduit du terme anglo-saxon : *Enterprise Modelling*) se situe au cœur du domaine de la productique et de la recherche du groupe GRAI, traitant de problèmes allant de la représentation du système industriel en vue de son analyse, de sa conception, de son évaluation, de son évolution, jusqu'à des problèmes d'interopérabilité des systèmes industriels [A6] (Vallespir 2003) (Chen 2005) ou des problèmes d'interopérabilité des données produit (Panetto 2006)

Les principes de la modélisation d'entreprise reposent sur le fait qu'on ne peut pas modifier directement un système pour l'améliorer dans sa globalité, compte tenu de l'état technologique et organisationnel dans lequel il se trouve et de la vision généralement microscopique que l'on peut visuellement en avoir. Nous dirons que son état actuel fige le système et la vision du concepteur ce qui rend très difficile son évolution. Il est donc nécessaire de rechercher les modèles conceptuels du système existant sur lesquels nous pouvons raisonner et baser une conception et une évolution du système.

C'est le principe d'invariant conceptuel déjà développé dans des approches telles que MERISE (Tardieu 1983).

La modélisation d'entreprise est un domaine de recherche clairement identifié au niveau international avec des groupes de travail constitués au sein de l'IFIP (IFIP TC 5.12)<sup>1</sup> et l'IFAC (IFAC TC5.3)<sup>2</sup> ainsi que dans les organismes de standardisation (CEN TC310/WG1<sup>3</sup>, ISO TC184 SC5 WG1)<sup>4</sup>.

C'est aussi un domaine reconnu au niveau national à travers le groupe ECI (Entreprise Communicante et Interopérabilité) du GDR MACS (Modélisation, Analyse, Conduite des Systèmes dynamiques).

La notion d'*entreprise* telle qu'elle est définie dans le cadre de la modélisation d'entreprise réfère à un ensemble d'activités mise en œuvre par des ressources sociotechniques pour produire des biens et de services<sup>5</sup>. Plus précisément la modélisation d'entreprise concentre les efforts sur le système global entreprise incluant en particulier les activités de création de valeur.

Ce système entreprise peut lui-même se décomposer en sous-systèmes selon une vision systémique qui oblige à considérer tout système comme un ensemble constituant un tout

---

<sup>1</sup> IFIP (International Federation for Information Processing), TC 5.12 : Architectures for Enterprise Integration

<sup>2</sup> IFAC (International Federation of Automatic Control), TC 5.3 : Enterprise Integration and Networking

<sup>3</sup> Comité Européen de Normalisation, TC310 WG1 : Systems Architecture

<sup>4</sup> International Standardisation Organisation, TC184 SC5 WG1 : Enterprise Representation

<sup>5</sup> Adapté du document de travail du GRP (Groupement pour la recherche en Productique), thème 5: La modélisation d'entreprise

organique, c'est à dire un ensemble limité d'éléments disposant d'attributs, et de relations entre ces éléments.

Cependant, la complexité grandissante des produits et des systèmes industriels et de services pousse les entreprises à se regrouper dans le cadre d'un projet commun de conception ou de fabrication, voire les deux afin de partager les risques et de mettre en commun des expériences et des compétences réparties. Ainsi, la notion d'entreprise couvre également l'entreprise étendue (incluant fournisseurs et clients), ou plus généralement le réseau d'entreprises.

Le Modèle de référence CIM de la figure 4 tiré de (Williams 1989) montre la différence entre le système CIM de production et le système entreprise incluant des entités externes au système de production :

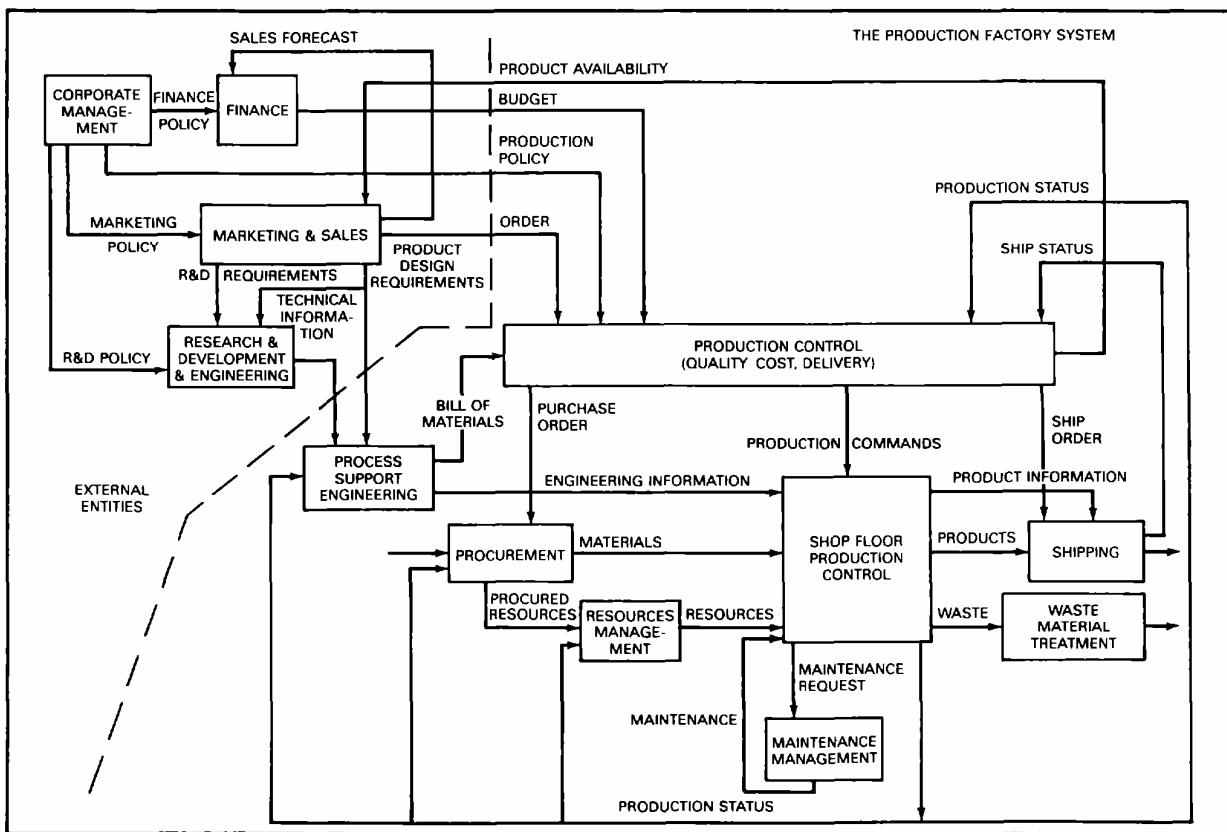


Figure 4 : Le système de production vs le système entreprise (Williams 1989)

Dans notre cas, nous nous situons clairement dans le « système entreprise ».

On appelle *Modélisation d'entreprise*, la représentation du fonctionnement de l'entreprise à l'aide de concepts capables de décrire : la stratégie, la structure, les fonctionnalités, l'organisation en particulier la structure décisionnelle et la prise de décision, l'évolution dans le temps, les relations avec l'environnement (clients et fournisseurs) [A5] [A3] [A2].

La « *modélisation en entreprise* » a pour objet la construction de modèles d'une partie déterminée d'une entreprise pour en expliquer la structure et le fonctionnement ou pour en analyser le comportement (Vernadat 1999).

Plus précisément cette modélisation est organisée selon divers points des vues :

- **Technique** : fonctionnel, physique (flux de matières, ressources, ...), processus, information ;
- **Economique** : indicateurs de performance, retour sur l'investissement,...;
- **humain et social** : aide à la décision, organisation, ....

D'autre part, la modélisation en entreprise peut être définie comme l'art d'externaliser la connaissance de l'entreprise, c'est à dire de la représenter en terme d'organisation et d'opérations (e.g. les processus, la conduite, les activités, l'information, les flux d'objets et de matières, les unités organisationnelles et les ressources). Sa finalité est de rendre explicite les faits et la connaissance qui ajoutent de la valeur à l'entreprise et peuvent être partagés par les applications d'entreprise et leurs utilisateurs pour piloter et améliorer les performances de l'entreprise (UEML 2001).

La modélisation d'entreprise trouve son origine et ses fondements dans la théorie des systèmes. Ainsi, la modélisation d'entreprise représente l'entreprise selon un point de vue GLOBAL et LOCAL. A un **niveau global** le modèle prend en compte les objectifs du système, ses composants et leurs interactions, ses liens avec l'environnement, son infrastructure et son architecture. A un **niveau local** le modèle va représenter le comportement détaillé du système, sa structure et ses processus en utilisant par exemple le concept d'activité. L'intérêt de la modélisation d'entreprise est de lier ces deux vues et de pouvoir ainsi les mettre en cohérence.

Le résultat de la modélisation d'entreprise se concrétise par des modèles représentant la réalité à travers la vision de l'acteur de la modélisation.

En d'autres termes, un modèle d'entreprise a pour objectif de formaliser tout ou partie d'une entreprise dans le but de comprendre ou d'expliquer une situation existante ou pour réaliser puis valider un projet conçu (Braesch et al. 1995). Un modèle d'entreprise est ainsi un moyen permettant de fonder une idée, un jugement, de communiquer avec les acteurs de l'entreprise, d'argumenter une décision, de valider des objectifs et tout ou partie d'un système et de piloter l'évolution de ce système (Chapurlat 2007).

La modélisation d'entreprise n'est cependant pas un domaine de recherche et d'application nouveau. Elle tire son origine de la fin des années 70 de projets tels que ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) de l'US Air Force qui a permis de définir la méthode IDEF0 (CAM-I 79) puis SADT et SSAD à travers le projet Factory Management du CAM-I (Computer Aided Manufacturing - International). Ces méthodes étaient centrées sur une modélisation par activité des flux de produits ou de données. Ces méthodes furent bien adaptées pour la modélisation fonctionnelle et physique (atelier et plus généralement pour modéliser la partie du système qui ajoute de la valeur au produit ou au service) des systèmes industriels.

C'est à cette époque que s'est réellement développée la méthode GRAI focalisée sur la modélisation du système décisionnel (Doumeingts 1984).

La méthode GRAI, bénéficiant des différentes applications réalisées à travers de nombreux projets européens a ensuite été étendue à GIM (Grai Integrated Method) puis à la méthodologie GRAI [A3], [A5], [B1].

Au niveau européen, s'est ensuite développée la méthode CIM-OSA (Amice 1993) (Vernadat 1998).

Ainsi, se sont développées un grand nombre de méthodes au niveau national parmi lesquelles nous pouvons mentionner ACNOS (El Mhamedi *et al.*, 1997), (El Mhamedi, 2002), GRAI (Roboam 1993), MECI (AICOSCOP 1990), (Pourcel *et al.*, 2002), OLYMPIOS (Theroude, 2002), (Braesch, 2002), et au niveau européen et international telles que MERISE, OMT, IEM, IDEFx, METIS ou ARIS [E16] (Petit 2002).

Plus récemment, les travaux de consortium de recherche américains ont contribué à standardiser certains concepts et à développer des méthodes comme UML pour la modélisation des systèmes d'information (développée par l'Object Management Group) (OMG 2007) ou la méthode BPMN (Business Process Modelling Notation) développée par le BPMI (Business Process Modelling Initiative) (BPMI 2005).

Bon nombre de ces méthodes sont supportées par des outils informatiques parmi lesquels nous pouvons citer GRAITool, ARIS Tool Set, FirstSTEP, Suite MEGA, MOOGOO, METIS...[C17].

Cependant, ces méthodes ont mis longtemps à s'imposer au niveau industriel par un manque de savoir faire de mise en œuvre, de démarches et outils permettant de diffuser et d'exploiter les modèles à des fins d'amélioration et peu d'entre elles sont vraiment utilisées et transférées dans les entreprises à l'heure actuelle.

En effet, la plupart des méthodes de modélisation en entreprise sont confiées et appliquées à des experts ou consultants externes à l'entreprise et n'ont pas de procédure bien définie pour impliquer les futurs acteurs du système dans l'élaboration des modèles et leur traduction en composants opérationnels.

Il est pourtant fondamental que l'entreprise soit autonome dans l'utilisation des modèles et dans leur traduction au niveau opérationnel afin de faciliter leur évolution et de diffuser de façon quasi continue aux différents acteurs internes une compréhension commune et mise à jour du fonctionnement de leur système.

Ainsi, ce foisonnement dans le choix des méthodes combiné à l'amélioration du savoir faire de mise en œuvre et à l'apparition de la nouvelle norme qualité ISO 9000-2000 imposant une modélisation et un pilotage des processus d'entreprise ont contribué à la reconnaissance de la modélisation d'entreprise en tant que domaine de recherche et la modélisation en entreprise en tant qu'outil opérationnel fondamental pour l'amélioration des performances industrielles.

Cependant, trop peu parmi ces méthodes intègrent des approches et des concepts permettant de définir les indicateurs à mettre en œuvre pour mesurer la performance du système implanté.

## 9.2. *Modèles d'entreprise pour l'évaluation de la performance*

La mise en œuvre de la modélisation d'entreprise peut avoir différentes finalités que l'on peut classer en cinq grands domaines [A5] (Vernadat 1999) :

- l'ingénierie ou la re-ingénierie ou restructuration des systèmes industriels et de service ayant pour objectif de modifier en profondeur la structure, l'organisation et les composants (systèmes physique, de décision ou d'information) de l'entreprise par la modélisation du système existant, son diagnostic et la conception des modèles du futur système. A ce stade, la modélisation d'entreprise ne fournit qu'une vue conceptuelle du futur système en accord avec les objectifs définis par l'entreprise. La conception se fait généralement grâce



à l'utilisation de modèles de référence génériques qui sont instanciés et adaptés à la situation présente.

- La spécification, le choix et l'implantation de solutions informatiques, techniques et organisationnelles. Dans ce cadre, les modèles d'entreprise servent de point de départ pour exprimer, grâce à la connaissance qu'ils contiennent, les besoins des différents composants. Les modèles servent aussi de base pour comprendre le fonctionnement du futur système et définir un plan d'actions pour l'implantation. Les modèles d'entreprise peuvent aussi servir pour paramétrer des applications d'entreprise existante. Des travaux, basés sur l'approche MDA (OMG 2003) ont débuté dans le projet INTEROP NoE décrit précédemment et ont permis de décrire le modèle MDI (Model Driven Interoperability) [C44], [E30], [E26].
- Le pilotage de la performance à travers la définition et l'implantation de systèmes d'indicateurs de performance cohérents. Dans ce cadre, la modélisation d'entreprise offre deux visions : le système décisionnel d'une part aide le concepteur à comprendre les fondements et le processus de décision et lui permet de s'assurer que le système est bien objectif, contrôlable et observable. La modélisation offre de même une vision du système piloté qui permet de comprendre, d'expliquer et donc d'anticiper les problèmes liés à des mauvaises performances qu'elles soient techniques, économiques ou humaines.
- L'élaboration d'une stratégie industrielle à travers la définition du Plan Stratégique Industriel (PSI). Dans ce cadre, les modèles d'entreprise vont servir de base à la définition d'un ensemble cohérent d'actions qui visent à planifier l'évolution des produits et des systèmes industriels de l'entreprise. Les modèles vont également être utilisés pour assurer l'appropriation et la diffusion du PSI au sein de l'entreprise.
- La gestion de l'évolution. Le rôle de la modélisation d'entreprise est, dans ce cadre, de mettre en cohérence les trois niveaux de conduite du processus d'évolution : le niveau stratégique qui définit le modèle du futur système en fonction des orientations stratégiques de l'entreprise, le niveau tactique de l'évolution qui définit les futures étapes pour parvenir à atteindre le fonctionnement décrit par le modèle idéal et le niveau opérationnel de l'évolution pour lequel la modélisation aide à mettre en cohérence les différents projets réduits qui permettront de passer d'une étape à la suivante.

Tout au long de notre recherche, nous nous sommes essentiellement focalisés sur trois de ces thèmes qui ont donc constitué la majeure partie de mon travail et qui seront détaillés ci-après :

- Le domaine de la conception de systèmes, notamment par l'utilisation de la modélisation d'entreprise pour l'élaboration de modèles de référence,
- Le domaine de l'exploitation de systèmes, notamment par l'utilisation des modèles d'entreprise pour l'évaluation de la performance à travers la définition et l'agrégation des indicateurs de performance multicritères, en particulier liés à des domaines émergents de performance tels que la qualité, la sécurité, l'environnement et l'interopérabilité ou à des organisations émergentes comme les réseaux d'entreprises, et la mise en cohérence des éléments de pilotage : objectifs et variables de décision
- Le domaine de la gestion de l'évolution de systèmes par l'utilisation des modèles d'entreprise pour la caractérisation de l'interopérabilité et la démarche d'évolution vers l'interopérabilité

Il existe de façon certaine une cohérence forte dans l'appréhension de ces trois domaines.

En effet, l'Ingénierie Système se définit comme une démarche méthodologique pour concevoir, faire développer, intégrer les systèmes mais aussi pour les vérifier et en faire évoluer la définition (AFIS 2006). Ceci est résumé et adapté dans la figure 5 ci-dessous.

Comme expliqué dans (AFIS 2006), le système doit répondre à un ensemble de besoins et de contraintes. Ces besoins et contraintes doivent être formalisés sous forme d'exigences et caractérisés par des performances. Ces performances peuvent être impératives (leur non-conformité pouvant entraîner des risques majeurs) ou correspondre à de simples attentes. On peut alors laisser au concepteur des marges de flexibilité en fonction du rapport performance/prix.

Nos travaux ayant pour origine la définition des systèmes d'indicateurs de performance, un principe fort était que la définition de systèmes d'indicateurs de référence (quelles sont les performances que l'on voudra mesurer lors de la future exploitation du système) pouvait être une aide précieuse pour le concepteur.

Ainsi, l'élaboration et la mise à disposition de modèles de référence de natures différentes (fonctionnels, processus, décisionnels) utilisant les techniques de modélisation d'entreprise vont permettre d'une part d'aider à la conception du futur système mais aussi à la conception d'un ensemble d'indicateurs de référence qui vont faciliter le choix des futurs indicateurs qui permettront d'aider au pilotage du futur système conçu.

En revanche, par rapport à la vision proposée par l'AFIS de deux systèmes, l'un étant le système à définir et l'autre le système projet, il est évident que nos indicateurs sont dédiés au premier type de systèmes et que n'aborderont pas dans nos travaux les indicateurs liés à la gestion de projet même si ces différents indicateurs peuvent être liés. On peut par exemple penser que pour améliorer les indicateurs projet et obtenir un système opérationnel plus rapidement, un ingénieur peut volontairement choisir un composant qui sera facile à implanter même s'il ne donne pas la meilleure performance opérationnelle, à partir du moment où il respecte la performance attendue en exploitation.

La figure 5 montre donc que lors de la conception du système, les modèles d'entreprise de référence alimentent la conduite de projet en fournissant aux ingénieurs des solutions paramétrables prédéfinies.

L'apport majeur de ces travaux a bien sûr été de développer ces types de modèles d'entreprise de référence et d'indicateurs pour des domaines de fonctionnement et des domaines de performance émergents.

La gestion de l'évolution, en tant que domaine supportant l'évolution continue des organisations s'est ensuite imposée naturellement dans nos travaux faisant suite aux travaux de thèse de Nicolas Malhéné (Malhéné 2000). En effet, la gestion de l'évolution vise des changements de faible envergure mais mis en œuvre très fréquemment. Le principe général est que le processus à conduire correspond à la trajectoire d'évolution du système considéré tel que décrit en figure 6. L'étape initiale du processus correspond à l'état actuel du système (système existant). L'état final à un instant donné correspond au système tel que défini par la stratégie de l'entreprise à échéance de l'horizon stratégique (système idéal). Un processus constitué d'étapes est alors construit afin de

relier l'état initial à l'état final. Le système de conduite de ce processus est structuré en trois niveaux. Le premier (définition stratégique) a comme objectif de définir le système idéal en fonction des orientations stratégiques et raisonne sur une base de *performances*. Le deuxième définit les actions et raisonne sur une base de *modèles*. Le troisième se charge de lancer et gérer un portefeuille de *projets* courts et les plus parallélisés possible destinés à assurer l'évolution.

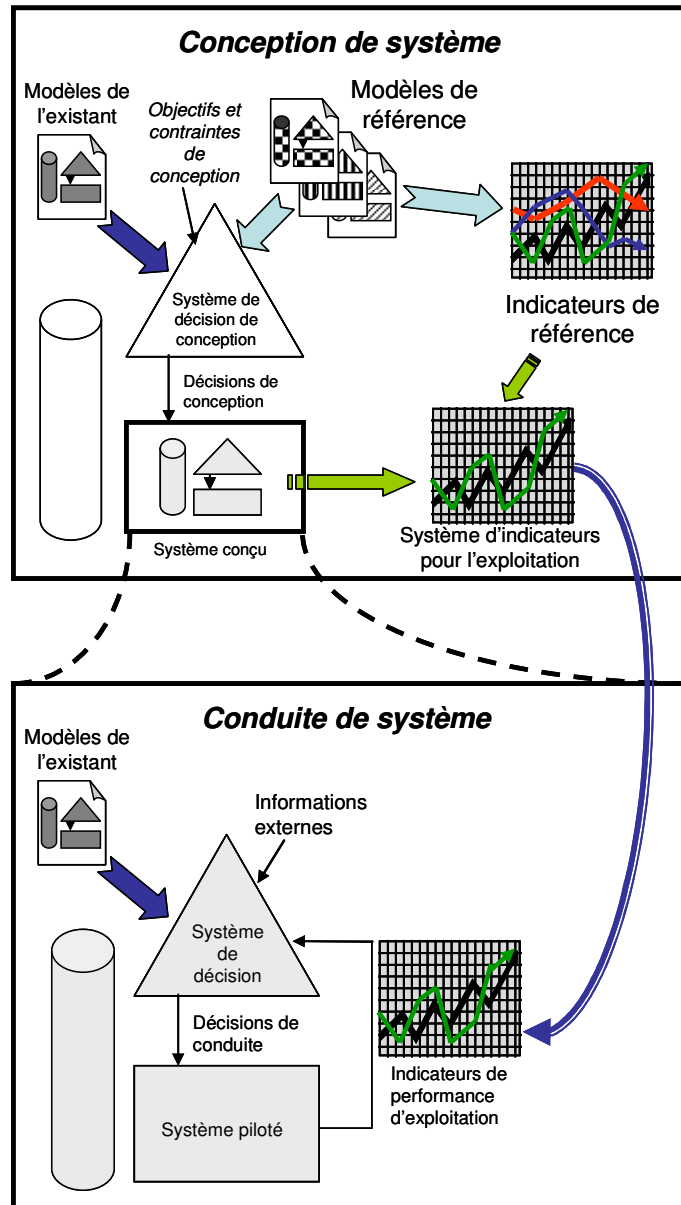


Figure 5 : Liens conception/exploitation d'un système et insertion du système d'indicateurs de performance

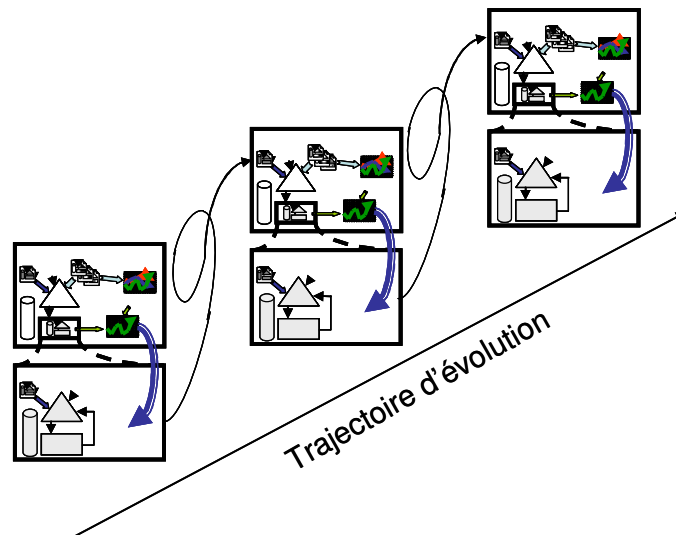


Figure 6 : L'évolution comme gestion continue du processus de conception

L'originalité de ces travaux par rapport à de nombreux travaux dans le domaine des indicateurs de performance, a toujours été de définir le système d'indicateurs sur la base de modèles. C'était déjà l'une des originalités de l'approche de la méthode ECOGRAI [A2] dans laquelle on part du modèle décisionnel pour définir des triplets {Objectifs-Variables de décision – Indicateurs} comme le montre la figure 7 ci-dessous.

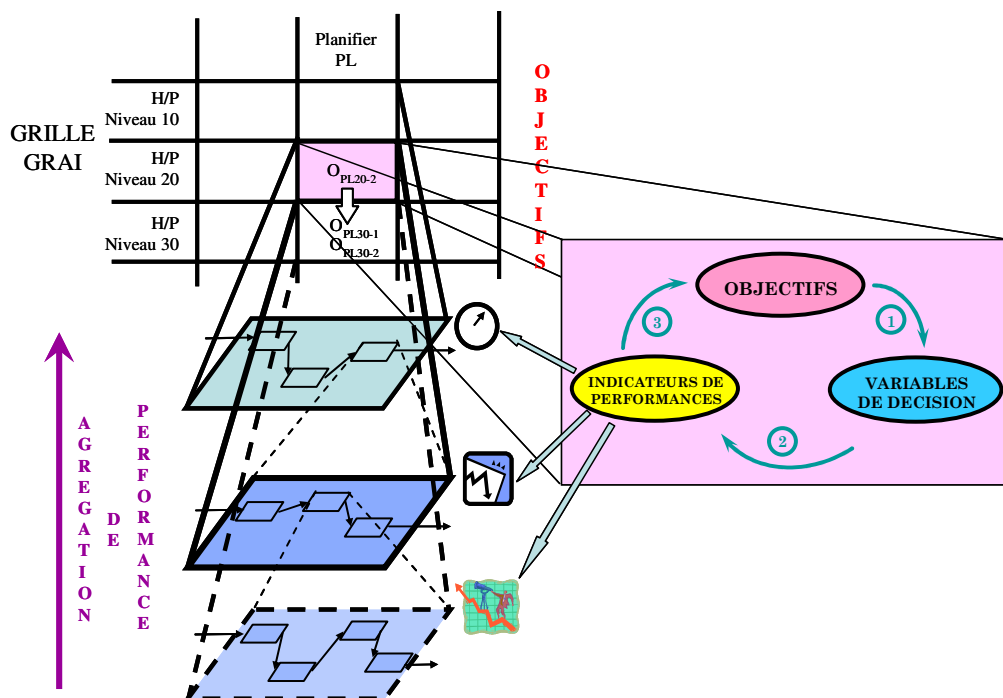


Figure 7 : L'identification des indicateurs de performance sur la base des modèles d'entreprise

Cette figure montre que les modèles décisionnels, à travers les centres de décision, supportent la définition des triplets de pilotage. Les indicateurs de performance identifiés grâce au modèle de décision s'appliquent cependant au niveau du système piloté.

Cette approche partant de la définition d'un modèle d'entreprise construit sur la base d'un modèle d'entreprise de référence pour la définition d'un système d'indicateur n'est pas courant car de

nombreuses méthodes parmi les plus connues comme le Balanced Score Card (Kaplan 1996) ou le Performance Prism (Neely 2002) ou le QMPMS (Bittici 2001) définissent les indicateurs de façon plus empirique, se focalisant principalement sur la stratégie d'entreprise ou la relation avec les différents partenaires de l'entreprise. Ces approches ne garantissent en rien une répartition des indicateurs pour les différents niveaux décisionnels et les différentes fonctions ou processus de l'entreprise.

L'approche par les modèles d'entreprise, notamment les modèles de processus pour la définition des indicateurs est cependant utilisée dans d'autres méthodes. C'est notamment l'approche suivie par le consortium du Supply Chain Council pour l'élaboration du modèle SCOR (SCC 06) ou l'approche suivie au niveau européen dans le projet ENAPS [E7], [E6],[E5],[E4]. C'est aussi l'approche qui a été suivie dans le projet GLOBEMAN 21 [E1].

Le principal avantage de cette démarche guidée par les modèles est qu'outre l'aide importante qu'elle fournit aux concepteurs, elle permet de concrétiser un socle servant de base au benchmarking de pratiques et, in fine, au benchmarking de performance.

Ainsi, les trois domaines de l'élaboration de modèles de référence, de l'évaluation de la performance et de la gestion de l'évolution ont constitué le cœur de mes travaux qui seront détaillés ci-après.

## **10 Les modèles d'entreprise de référence pour l'évaluation de la performance**

### *10.1. Introduction*

Cette partie des travaux de recherche a essentiellement concerné l'utilisation des techniques de modélisation d'entreprise dédiée à la phase de conception des systèmes d'entreprise.

Le défi que doit relever la modélisation en entreprise dans ce cadre est d'être capable (Vallespir 2003) :

1. de traduire les attentes de l'entreprise cliente en termes de performances et de fonctionnalités futures (analyse des besoins),
2. d'évaluer le système et les solutions futures (voir partie précédente),
3. d'être un support à l'activité de conception du système futur (en termes de fonctions et d'architecture),
4. de permettre une traduction la moins coûteuse possible vers les métiers en charge de la spécification et de l'implantation des solutions (ingénierie, informatique, organisation humaine, etc.).

Comme le montre la figure 8, l'aide à la conception du futur système peut se matérialiser sous plusieurs formes. Les méthodes peuvent fournir une démarche systématique composée d'étapes, d'acteurs et d'outils qui, appliqués dans les règles de l'art, permettent d'arriver à une solution satisfaisante à partir de besoins précisément exprimés. C'est par exemple le cas des méthodes de conception d'atelier telles que la méthode de King ou de Kusiack ou la méthode des chaînons qui,

à partir de gammes détaillées ou d'une formalisation par activités permettent de déterminer des solutions de conception pour le système physique. C'est le cas n°1 que l'on pourrait appeler « conception directe ».

Dans le cas n°2, la conception se passe en deux temps. Dans un premier temps, une analyse générique des problèmes à résoudre est réalisée pour un classe de systèmes en fonction des problèmes recensés sur plusieurs systèmes existant de la classe. Puis une conception générique est réalisée pour la classe de systèmes concernés, amenant à la création d'un référentiel au sens large. Dans un troisième temps, ce référentiel est intégré et instancié pour prendre en compte des besoins spécifiques d'une entreprise de la classe liés à son système existant. On obtient alors in fine le modèle instancié du futur système de l'entreprise.

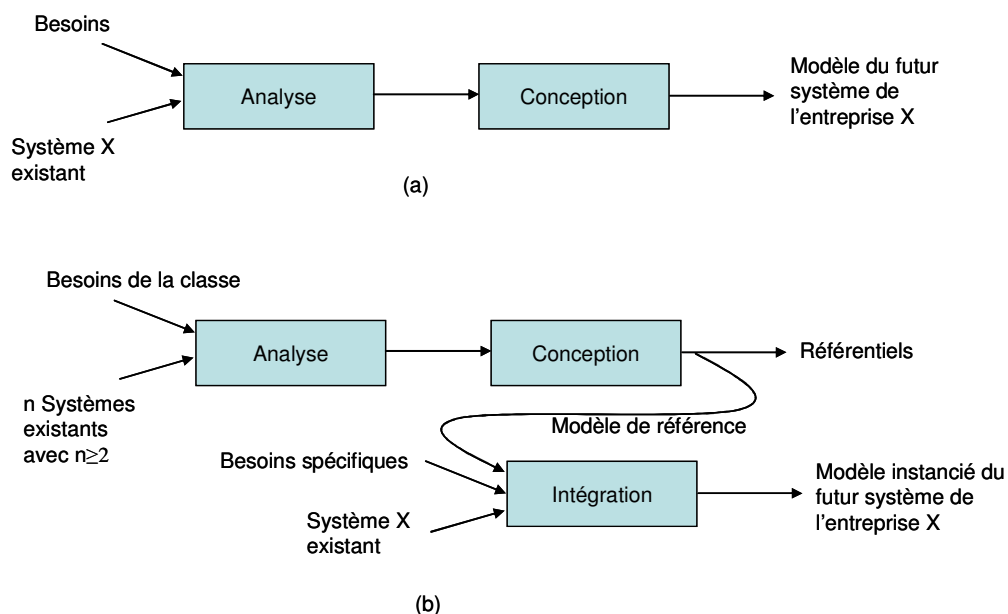


Figure 8 : Différentes approches de conception d'un système : conception directe/conception par intégration d'un modèle de référence

Mes travaux se sont focalisés sur l'aide à la conception des systèmes décisionnels. En effet, cette conception est un élément préalable fort pour la conception d'un système d'indicateur de performance et une originalité par rapport au grand nombre de méthodes de définition et d'implantation de SIP existantes [C42].

Cependant, la conception de tels systèmes nécessite un socle de connaissances et d'expérience solide car les modèles conçus font intervenir l'acteur humain souvent difficile à modéliser tant la variété de ses comportements est grande.

Beaucoup de travaux existent dans le domaine de la conception de produits mais peu dans le domaine de la conception de systèmes, dont une partie des travaux est réalisée sous l'impulsion de l'AFIS (Association Française d'Ingénierie Système) en France ou d'INCOSE<sup>1</sup> (International Council on Systems Engineering) au niveau international.

<sup>1</sup> INCOSE, <http://www.incose.org>

Au niveau du groupe productique GRAI, les travaux concernant la conception des systèmes ont commencé par les travaux de Marc Zanettin (Zanettin 94) portant sur la démarche de conception des systèmes par l'utilisation des techniques de modélisation d'entreprise et notamment les principes de conception par niveaux successifs de GIM (GRAI Integrated Method). Ils se sont ensuite poursuivis par ceux de François Marcotte (Marcotte 95) portant sur l'élaboration des premiers modèles de référence de systèmes décisionnels.

Par rapport aux méthodes d'optimisation, les méthodes de conception en modélisation d'entreprise ne cherchent pas à concevoir un système optimal mais un système que l'on peut qualifier *d'adapté* par rapport aux contraintes internes et externes de l'entreprise, et répondant aux performances strictement nécessaires.

Mon expérience en tant que consultant et donc utilisateur de la méthodologie GRAI m'a conduit à de me focaliser sur la conception de modèles d'entreprise de référence pour l'aide à la conception.

## 10.2. *Notion de modèles d'entreprise de référence*

### 10.2.1. Définition d'un modèle d'entreprise de référence

Un modèle est, par définition, une représentation d'une abstraction d'une partie du monde réel, exprimée dans un langage de représentation (Vernadat 1999).

Un modèle d'entreprise est un ensemble de modèles décrivant divers aspects d'une entreprise que l'on souhaite analyser (Vernadat 1999).

Un modèle d'entreprise favorise à la fois l'intégration d'entreprise et son analyse critique (Panetto 2006).

Un modèle d'entreprise de référence a la propriété d'identifier, de rassembler et de représenter l'ensemble des éléments propres à un système entreprise (Marcotte 95). Il est obligatoirement basé sur un modèle conceptuel (ou architecture de référence) qui identifie les éléments de base à rechercher dans le système.

De nombreuses approches de pilotage utilisent aussi la notion de modèles de référence pour guider les décisions. Ce sont par exemple les modèles IMC (Le Moigne 74) ou le modèle de W.F. Pounds (Pounds 1969) incluant une phase « intelligence » dans laquelle le décideur analyse la situation en comparant le réel qu'il observe aux modèles idéaux (la ou les références).

Dans notre cas, l'objectif étant généralement de proposer des systèmes d'indicateurs de référence, les modèles d'entreprise de référence construits sont des modèles de pilotage basés sur le formalisme de la grille GRAI, qu'elle soit de conduite ou fonctionnelle, et les réseaux GRAI.

Le modèle de pilotage de référence présente les propriétés décisionnelles structurelles de tout système de conduite.

Rappelons que dans une méthode, un modèle de référence guide les utilisateurs dans leur travail de modélisation et de conception. Des règles de fonctionnement peuvent en être dérivées et ainsi, lors de l'analyse, par comparaison entre le modèle du système existant et le modèle de référence, des points à améliorer peuvent être détectés.

Le modèle de référence n'a cependant pas vocation à être implanter dans sa forme originelle mais au contraire d'être instancié afin de dériver une solution particulière assurant ainsi à la solution les propriétés essentielles contenues dans ce modèle.

S'il est facile de s'accorder sur le fait que les modèles d'entreprise de référence correspondent à la connaissance d'experts, il est plus difficile de déterminer la nature exacte d'un modèle de référence.

En effet, il est possible de considérer qu'un modèle de référence est (Vallespir 1992):

- un modèle complet et caractéristique des problématiques appartenant à une classe,
- un modèle statistique correspondant à la moyenne des problématiques de la classe,
- un modèle paramétré dont certains éléments seraient des fonctions de variables extérieures au modèle,
- un modèle minimal correspondant à la partie invariante de toutes les problématiques appartenant à la classe.

Ainsi, la figure 9 ci-dessous situe chaque modèle de référence conçu, par rapport à cette typologie.

<b>Modèle complet</b>	Modèle QSE (Thèse M. Bakiri)
<b>Modèle statistique</b>	- Modèle des entreprises en réseau - Modèle Mass Customisation (Euroshoe)
<b>Modèle paramétré</b>	
<b>Modèle minimal</b>	

Figure 9 : Positionnement des modèles d'entreprise de référence

#### 10.2.2. Les architecture ou cadres de référence et les modèle d'entreprise de référence: positionnement de nos modèles dans les cadres existant

Pour positionner nos travaux, nous faisons référence à différents cadres de modélisation existant dans la littérature.

Une architecture ou cadre de référence a pour objectif de fournir un cadre général et des points de repère aux utilisateurs en leur indiquant quels aspects de l'entreprise doivent être pris en compte, les relations qui existent entre eux et la terminologie communément admise dans le domaine (ontologie) (Vernadat 1999).

Les cadres ou architectures de référence de modélisation correspondent à un premier stade d'intégration des formalismes de modélisation et permettent de faire le lien entre différentes représentations de l'entreprise pour obtenir un modèle complet.

La première approche ayant posé clairement le concept de cadre de modélisation est certainement MERISE (Tardieu 1983) qui, en proposant trois niveaux d'abstraction et deux vues, en arrive à un cadre de modélisation à six domaines de modélisation. Chacun de ces domaines utilise un formalisme (pour les niveaux les plus abstraits) ou plusieurs dans le cas de niveaux les moins abstraits.

Par rapport au cadre de MERISE, nos modèles se situent au niveau conceptuel.



D'autres méthodes ont suivi la même voie. Elles proposent des vues différentes en nature et en nombre, des niveaux différents mais le concept sous-jacent de cadre de modélisation reste le même. Le cube de CIM-OSA (figure 10) est le cadre de modélisation certainement le plus médiatisé.

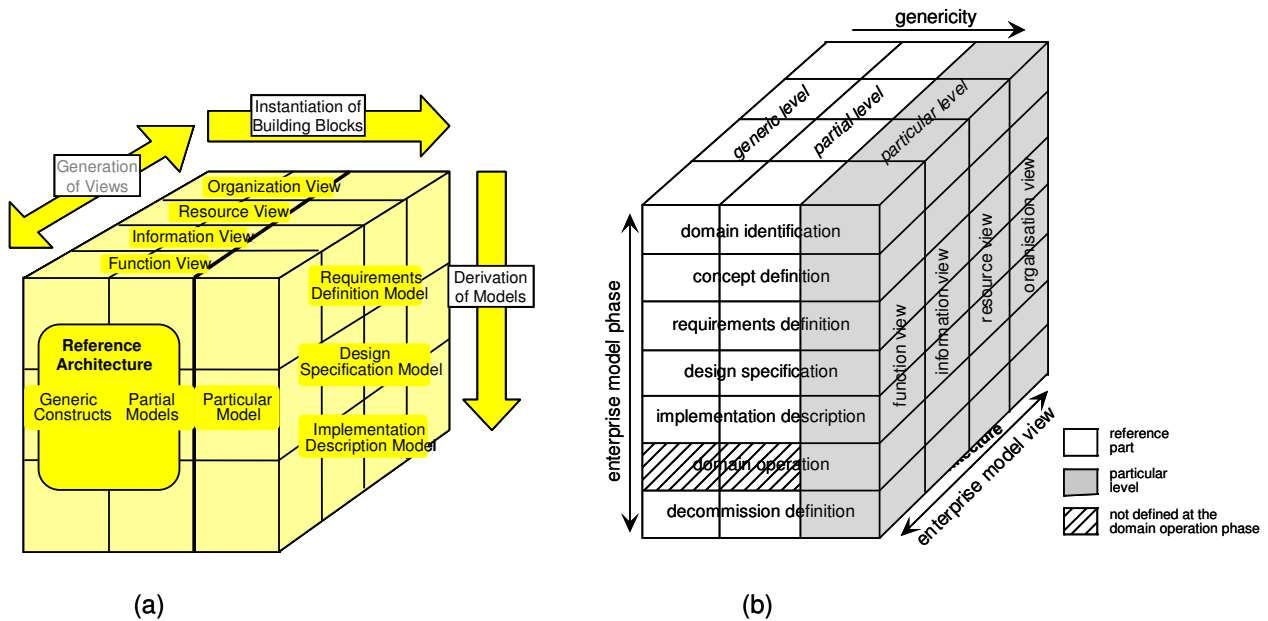


Figure 10 : Le cadre de modélisation (cube) CIMOSA (a) et le cadre de modélisation d'entreprise CEN/ISO 19439 dérivé de CIMOSA (b)

La méthode GIM (GRAI Integrated Methodology) est également basée sur ce principe. Son cadre de modélisation (figure 11) assure la cohérence des formalismes mis en œuvre en s'appuyant sur deux axes :

- un axe « vues » qui permet de prendre en compte plusieurs points de vue issus d'une décomposition systémique : vue décisionnelle, vue informationnelle, vue physique auxquelles s'ajoute une vue fonctionnelle permettant de présenter un modèle simple du système étudié et les relations de ce dernier avec son environnement ;
- un axe « niveau d'abstraction » s'appuyant sur une approche multi-strates et permettant la modélisation du système en fonction de plusieurs sémantiques compte tenu de la profondeur d'analyse que l'on désire avoir (niveau conceptuel : pas de prise en compte des options d'organisation ou techniques, niveau structurel : prise en compte des options d'organisation, niveau réalisationnel : prise en compte des options techniques)

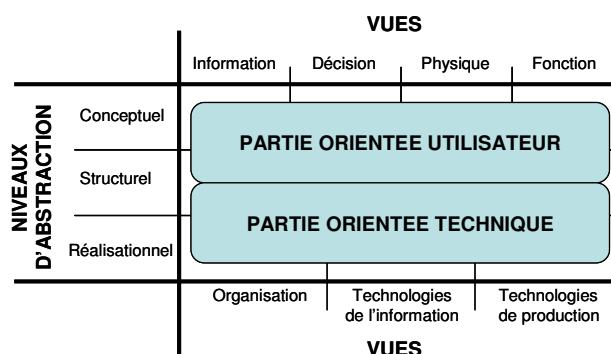


Figure 11 : Le cadre de modélisation de GIM

Par rapport à ce cadre de modélisation, nos modèles d'entreprise de référence sont de type décision au niveau conceptuel.

L'approche MDA (Model Driven Architecture) (OMG 2003), définie par l'OMG (Object Management Group), est utilisée pour le développement des systèmes. Elle est orientée modèle parce qu'elle fournit les bases pour l'utilisation des modèles pour guider la compréhension, la conception, la construction, le déploiement, la maintenance et la modification des systèmes développés. Les trois principaux objectifs du MDA sont la portabilité, l'interopérabilité et la réutilisabilité à travers la séparation de l'aspect dépendant de la plateforme ou de l'application étudiée et de l'aspect plus abstrait indépendant de l'application. Elle permet de séparer les spécifications fonctionnelles d'un système des spécifications de son implémentation sur une plate-forme donnée. A cette fin, le MDA définit une architecture de référence de spécifications structurée en modèles du domaine (CIM : Computation Independent Model), en modèles indépendants des plates-formes (PIM : Platform Independent Model) et en modèles spécifiques (PSM : Platform Specific Model) :

- Modèle CIM

Le modèle CIM est un modèle conceptuel du domaine, dont la spécification, le vocabulaire utilisé est celui du praticien du domaine. Il fait le pont entre les experts du domaine et les experts de la conception et construction des artefacts qui satisfont les besoins du domaine. Ce modèle se définit suivant les exigences du client et représente l'application dans son environnement. Il permet de définir les liens de traçabilité avec les modèles construits dans les futures étapes comme les modèles d'analyse et de conception. Il ne contient pas d'informations sur la réalisation de l'application ni sur les traitements (modèle indépendant de la programmation).

- Modèle PIM

Le PIM de base représente uniquement les capacités fonctionnelles métiers et le comportement du système, sans "dégradations" par des considérations technologiques. La clarté de ce modèle doit permettre à des experts du domaine de le comprendre bien mieux qu'un modèle d'implémentation. Ils peuvent ainsi vérifier plus facilement que le PIM est complet et correct. Un autre bénéfice de l'indépendance technique de ce modèle est qu'il garde tout son intérêt au cours du temps et doit être modifié uniquement si les connaissances ou besoins métiers changent.

- Modèle PSM

Une fois le PIM suffisamment détaillé, il est projeté vers un modèle spécifique (PSM). Pour obtenir un modèle spécifique, il faut choisir la ou les plates-formes d'exécution (plusieurs plates-formes peuvent être utilisées pour mettre en oeuvre un même modèle). Les caractéristiques d'exécution et les informations de configuration qui ont été définies de façon générique sont converties pour tenir compte des spécificités de la plate-forme.

Nos modèles d'entreprise de référence se situent clairement au niveau CIM car ils sont indépendants des composants qui seront implantés et sont d'autre part réalisables pour différentes entreprises du domaine.

Un autre cadre de modélisation basé sur l'approche systémique est le cadre SAGACE (Sagace 1999).

Ce cadre de modélisation (figure 12), se présente sous la forme d'une grille composée de 9 cases regroupées en 3 vues :

- **Vue fonction** : Que doit faire le système dans son environnement ? Quels sont sa finalité, sa mission et ses objectifs ?
- **Vue structure** : De quoi le système est-il fait? Avec quelles ressources, quelles configurations et quelle organisation le système fonctionne-t-il ? Comment est-il structuré dans son activité pour remplir sa mission ?
- **Vue comportement** : Quelle est la dynamique du système ? Comment le système évolue-t-il ? Comment passe-t-il d'un type de fonctionnement à un autre ? Quels sont les différents scénarios possibles de son évolution ? Quelles sont les conditions et configurations des ressources du système permettant de passer d'un scénario au suivant ? Comment est-il piloté à la fois pour atteindre ses objectifs de performance, et pour faire face à un changement pour s'adapter, s'améliorer, faire face à des incidents, etc. ?

Chaque case représente alors un point de vue donné du système. Elle est étroitement liée et cohérente avec chacune de ses voisines par le respect de règles normatives.

La vue Fonction se focalise sur le point de vue unique 'quoi ?' et non sur le comment du système.

La vue Structure est composée des trois points de vue 'Activités' ou 'programmes', 'Organisation' ou 'réseau logistique' et 'Ressources'.

Enfin, la vue Comportement est composée des 5 points de vue 'scénarios', 'configuration' et, en particulier, les modes de 'pilotage', 'd'adaptation' et 'd'anticipation' dont le système dispose pour pouvoir rester :

- **Performant** : La performance est la qualité traduisant l'aptitude du système à atteindre ses missions. Elle caractérise la relation entre les fonctions à remplir par le système et la conformité du service effectivement rendu par les ressources par exemple au travers d'indicateurs de délai, de qualité et de coûts traduisant l'efficience, l'efficacité et la pertinence des ressources mises en jeu (Bonnefous 2001).
- **Stable** : La stabilité est la qualité traduisant l'aptitude du système à maintenir sa viabilité et à s'adapter à un environnement mouvant. Elle caractérise la relation de cohésion qui doit exister entre la structure du système (son organisation) et ses activités ou programmes qui définissent ce que le système doit faire.
- **Intègre** : L'intégrité est la qualité traduisant l'aptitude du système à revenir à un mode de fonctionnement connu en cas de modification d'une configuration existante par perte d'une ressource par exemple ou d'un scénario encore non envisagé comme une situation émergente. Elle caractérise la relation qui doit exister entre le comportement et la cohérence, si possible à tout instant, du système.

Chaque point de vue est décrit à l'aide d'un ou de plusieurs modèles hiérarchisés.

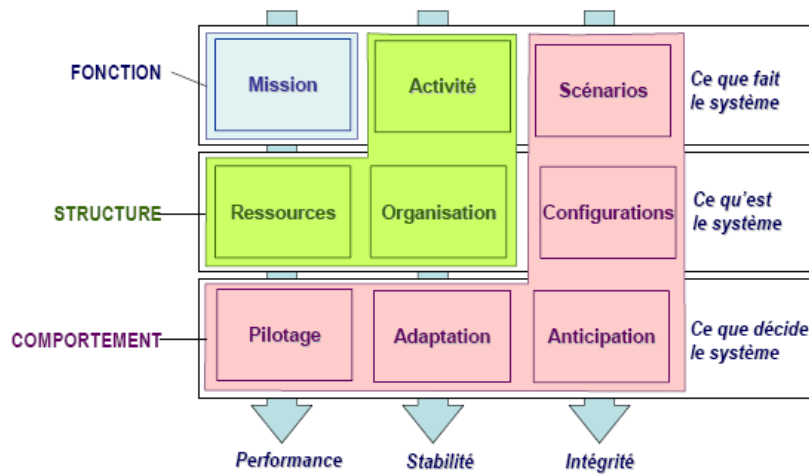


Figure 12 : La grille SAGACE

Nos modèles d'entreprise de référence se situent clairement dans la vue fonction d'une part car les missions du système sont explicitées à travers la définition de ses objectifs. D'autre part, nos modèles sont aussi reliés au point de vue pilotage de la vue comportement. En effet, ils vont nous permettre de définir sur quelle base (quels indicateurs) seront évaluées l'efficience et l'efficacité du système.

On peut enfin aussi classer les modèles d'entreprise en fonction des usages et des objectifs des acteurs de la modélisation mais aussi des acteurs du système à définir. C'est ce que fait la typologie SAGACE (Sagace 1999) présentée dans la figure 13.

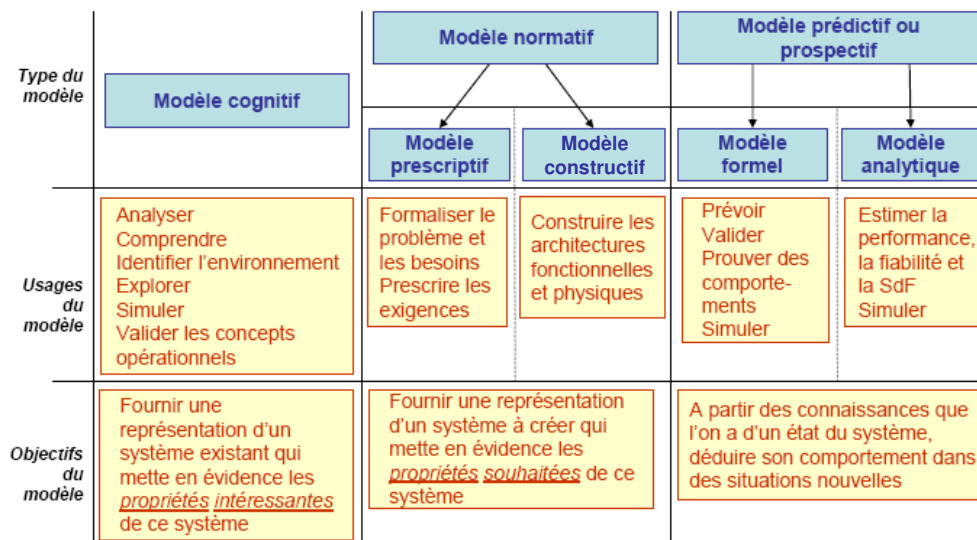


Figure 13 : Typologie des modèles en fonction des objectifs des acteurs de la modélisation et des acteurs du système à définir

Ainsi, sur la base de cette typologie, nos modèles d'entreprise de référence sont des modèles normatifs et plus précisément constructifs.

L'Ingénierie Système confirme ainsi que « la **spécification** est un **modèle prescriptif** du système. Elle prescrit le « **quoi ?** », ce que l'on attend de la solution, ceci par opposition au **modèle de**

**conception** qui est un **modèle constructif** (le « **comment ?** » est construite la solution, son architecture par exemple » (AFIS 2006).

On retrouve aussi plus généralement la notion de modèles de référence dans GERAM (GERAM 1999) sous la dénomination de *PEMs* : Partial Enterprise Models. Ces modèles *PEMs* capturent les caractéristiques communes à plusieurs entreprises à l'intérieur d'un domaine particulier. Ces modèles capitalisent la connaissance qui sera réutilisée et intégrée pour construire des modèles d'entreprises particuliers plutôt que de partir de la feuille blanche. Les modèles partiels peuvent couvrir la totalité ou une partie de l'entreprise concernée et peuvent représenter différents points de vue (modèles données, modèles processus, modèles d'organisation...).

Cependant, comme mentionné dans, ces cadres supportent des méthodes très précises dans leur pouvoir "syntaxique" de représentation nécessaires à l'intégration méthodologique des différents processus mais non suffisante face au besoin de modéliser des grands systèmes complexes pour assurer que le système modélisé correspond aux besoins de ses utilisateurs (y adjoindre des sémantiques métiers). *It implies that any manufacturing system, however stupid, inconsistent, erroneous or incomplete, is CIMOSA-compliant when it is described according to the rules* (Wortmann, 1997). C'est pour cela que nos modèles de référence doivent être validés.

### 10.3. Construction des modèles d'entreprise de référence

Plusieurs approches peuvent être envisagées pour la construction d'un modèle d'entreprise de référence répondant à un certain nombre de besoins, comme indiqué dans la figure 14 ci-dessous.

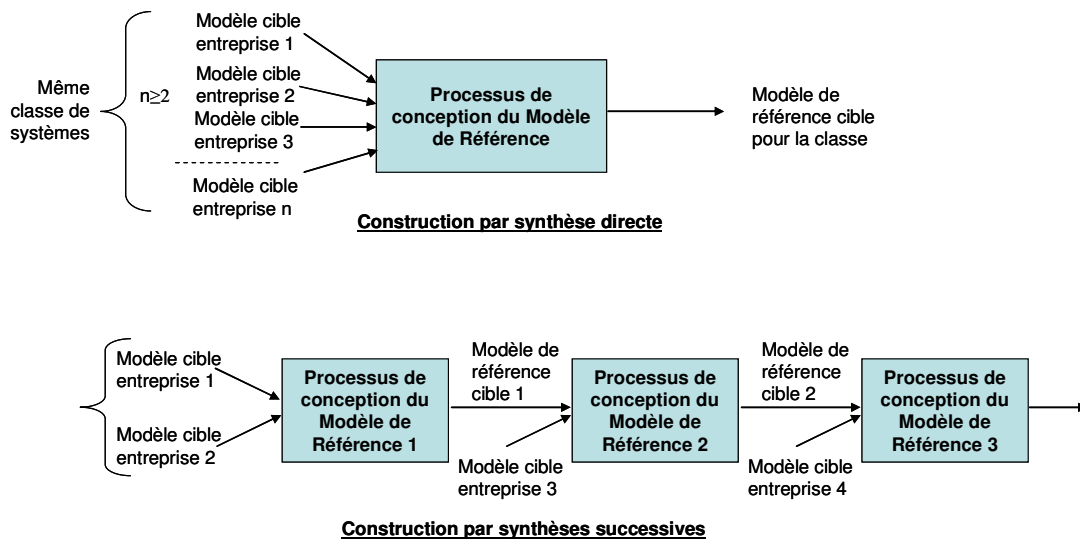


Figure 14 : Les différentes approches pour construire des modèles de référence

Dans la première approche, que nous appellerons « construction par synthèse directe », le constructeur considère simultanément un ensemble de modèle d'entreprise cible d'une même classe. Dans ce processus, le nombre de modèle de départ doit être au moins de 2. Il peut alors construire son modèle de référence par réunion des différents besoins (modèle complet), par intersection des besoins (modèle minimal), ou en fonction de sa propre expérience de ce qui est ou non important à garder (modèle statistique). Le modèle est alors construit en une seule phase.

Cette approche est possible lorsque le nombre de modèle n'est pas trop important car l'esprit de synthèse du constructeur doit être mis à l'épreuve.

Dans le second cas, le modèle est élaboré par itérations successives. A partir de deux premiers modèles, un modèle de référence est élaboré puis enrichi successivement sur la base des expériences de modélisation et donc des modèles d'entreprise suivants. Cette approche est très utile lorsque le nombre de modèles à synthétiser est très important. Cependant, les modèles construits peuvent être comme précédemment de plusieurs types : complet, minimal, statistique.

Le tableau ci-dessous montre les approches que nous avons suivies dans les trois cas présentés par la suite :

Type d'approche	Modèles de référence
<b>Directe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle des entreprises en réseau</li> <li>- Modèle QSE (Thèse M. Bakiri)</li> <li>- Modèle Mass Customisation (Euroshoe)</li> </ul>
<b>Itérative</b>	

Cependant, des modèles de référence peuvent aussi être construits sur la base de modèles du système existant. L'intérêt est de détecter des modes actuels de fonctionnement générique d'un type d'entreprises. On parlera alors de modèle de référence de l'existant ou *AS IS generic model*.

Ce passage d'un ensemble de modèles particuliers d'une classe à un modèle de référence générique est une approche ascendante qui constitue une première phase dans l'intégration d'entreprise par les modèles, la seconde phase étant réalisée, par une approche descendante, en instanciant le modèle de référence. En particulier, l'intégration par une approche décisionnelle (Chen 2005) signifie que toutes les décisions significatives prises au sein du système doivent contribuer à l'atteinte de l'objectif global du système.

Il est toutefois nécessaire de s'assurer lors de la construction de tels modèles qu'ils renferment une certaine flexibilité pour permettre des adaptations aux niveaux structurel et réalisationnel. C'est pourquoi la plupart des modèles de référence sont construits au niveau conceptuel pour ne pas conditionner totalement les objectifs et les contraintes d'exploitation.

D'autre part, cette flexibilité doit aussi permettre au modèle de référence lui-même d'évoluer avec l'évolution des problématiques.

#### 10.4. Représentation et classe des modèles

##### 10.4.1. Représentation des modèles

La représentation ou la formalisation des modèles de référence est un aspect important à considérer dans l'élaboration de tels modèles. En effet, la plupart du temps, les modèles de référence qui servent à la conception sont abstraits dans la mesure où les concepteurs ne les ont pas *externalisés* sous quelle que forme que ce soit.

Certains modèles de référence peuvent se représenter sous forme de règles ou de questionnaires qui peuvent être appliqués lors de l'analyse du modèle de l'existant. C'est par exemple le cas des modèles EVALOG ou ASLOG pour les chaînes logistiques [C35]. D'autres modèles peuvent se

représenter sous la forme normative par l'écriture d'exigences ou de recommandations. D'autres se représentent à l'aide des techniques de modélisation d'entreprise. Ces deux représentations sont complémentaires. On trouve par exemple des modèles de l'AFNOR (AFNOR 2002) pour les processus logistiques ou les modèles définis par François Marcotte pour les systèmes décisionnels (Marcotte 1995).

Les questionnaires ayant une fonction de diagnostic plus rapide, ils peuvent être utilisés en amont de la modélisation d'entreprise pour déterminer et circonscrire les problèmes et leur origine, ces derniers étant ensuite confirmés dans le détail grâce à la modélisation [C35].

Les travaux présentés se sont appuyés sur les formalismes GRAI comme mentionné précédemment.

#### 10.4.2. Classes des modèles

Un principe fondamental lors de l'élaboration d'un modèle de référence est la détermination de la classe de problématique reliée à ce modèle, les différentes classes devant être cohérentes entre elles pour éviter :

- les chevauchements et donc les redondances entre modèles,
- les domaines involontairement non couverts par les modèles.

Plusieurs typologies doivent être considérées pour élaborer une typologie des modèles de référence et notamment :

- les typologies des systèmes d'entreprise, fonction de la répétitivité de la production ou de la réponse au marché,
- les typologies des systèmes en fonction de leur complexité,
- les typologies des performances industrielles.

Concernant le premier cas, nous pouvons citer de nombreuses typologies telles celles de l'AFGI (Gallois 89) ou la typologie M2I ou la typologie de l'AFNOR (Jambon 88) résumées dans (Zanettin 94). Globalement, toutes ces typologies reviennent à classer les systèmes de production en quatre grandes classes : les systèmes de production continue, les systèmes de production grande série, les systèmes de production petites et moyennes séries et les systèmes de production unitaire. Ainsi, les modèles élaborés dans (Marcotte 95) se focalisaient sur ces quatre domaines uniquement.

Toutefois, il est important de préciser qu'un système appartient rarement en totalité à un seul type de classe. En effet, à l'instar de la plupart des systèmes agro-alimentaires, un système peut être discret en début, puis continu et enfin redevenir discret.

Sous l'impulsion forte de l'automobile, une cinquième classe de système est apparue, qui s'intercale entre les systèmes de production de masse et les systèmes de production personnalisée. C'est la classe des systèmes de production de masse personnalisée. Ces systèmes, très intégrés, ont pour objectif de produire des biens fortement adaptés aux besoins du client mais réalisés avec des moyens de production et des techniques de planification proches de la production classique.

D'autre part, cette typologie correspond à des modes de fonctionnement mono entreprise dans lesquels une entité est analysée et conçue dans le cadre de son propre périmètre, sans prendre en compte son environnement immédiat.

Or la nouvelle donne économique, favorisant la mise en réseaux des acteurs économiques au profit d'un projet collectif (Vallespir 2004), nous conduit aujourd'hui à pousser un cran plus loin notre vision en conception en s'intéressant aux réseaux d'activités technico-économiques de dimensions dépassant les frontières statutaires de l'entreprise. Dans ce sens, les modèles de référence de pilotage ne vont plus être uniques mais vont faire systématiquement apparaître une modélisation multi-modèles (ou multi-grilles) mettant clairement en évidence les liens de coordination entre systèmes du réseau.

Enfin, l'évolution de la performance industrielle, passant d'une simple considération du coût vers une performance multicritères [F2] [B5] (Berrah 1997) (Sénéchal 2004) a entraîné des modifications dans les problématiques de prise de décision et donc dans les modèles de référence conçus.

Ainsi, la typologie retenue est indiquée dans la figure 15 ci-dessous dans laquelle apparaissent les modèles déjà conçus (a) et les modèles conçus dans le cadre de notre travail de recherche (b).

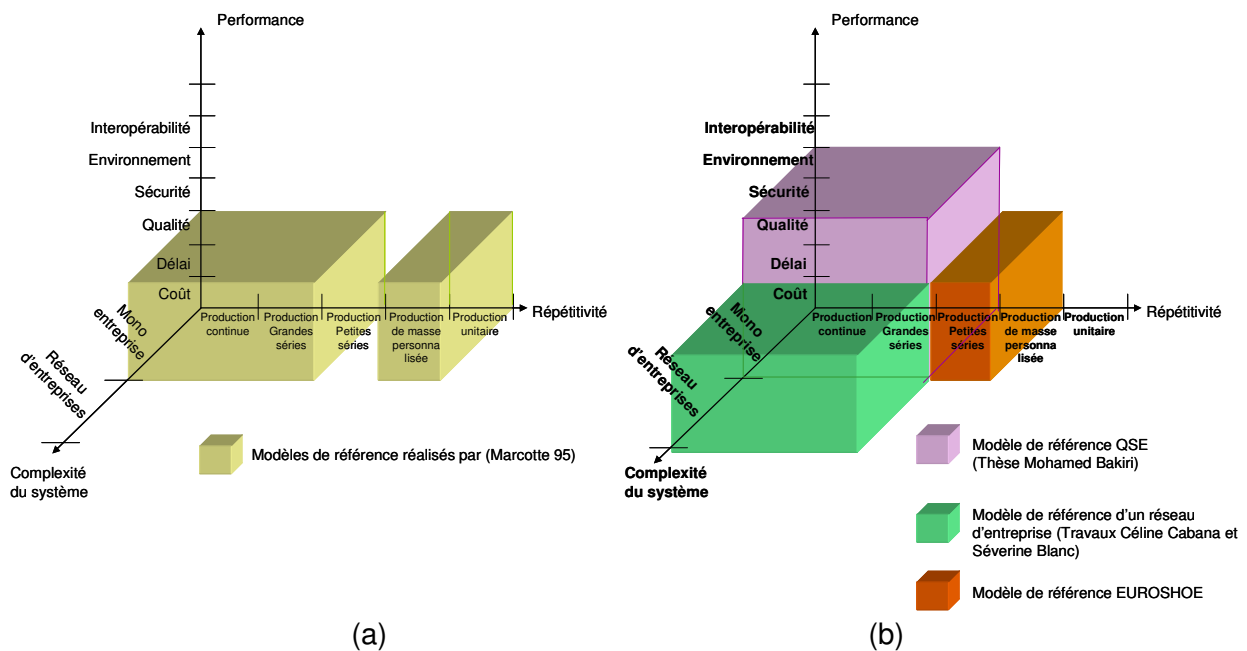


Figure 15 : Typologie et modèles de référence GRAI réalisés précédemment (a) et dans mon travail de recherche (b)

Dans la partie suivante, seront détaillés les modèles de référence réalisés, correspondant à des problématiques émergentes en termes de performance ou d'organisation.

**Il est cependant nécessaire de souligner que l'objectif de ces travaux n'était pas d'améliorer la méthode GRAI ou tout autre formalisme de modélisation mais de les utiliser de façon la plus pertinente possible pour représenter et analyser les systèmes émergents.**



## 10.5. Modèle d'entreprise de référence multi-grilles et indicateurs de performance pour les entreprises en réseau

L'un des challenges importants dans la mise en œuvre d'un réseau d'entreprises est de pouvoir le concevoir et le piloter correctement lors de son exploitation. Le problème couramment constaté est que ces réseaux sont conçus empiriquement, sous l'impulsion et l'emprise majeure d'un donneur d'ordre. Le donneur d'ordre a ainsi tendance à privilégier son fonctionnement et à imposer ses propres décisions à l'ensemble du réseau. Ce fonctionnement a pour conséquence grave de limiter les différents maillons dans leur latitude décisionnelle et d'entraîner des incohérences fortes entre les décisions globales au niveau du réseau et les décisions locales au niveau de chaque maillon.

### 10.5.1. Construction du Modèle

Comme nous l'avons souligné précédemment, nous avons dans ce cas utilisé une conception directe, en partant simultanément d'un nombre limité de modèles ou de référentiels.

L'un des modèles les plus connus pour la conception et le pilotage d'une chaîne logistique est le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference) (SCC 06) développé par un consortium (Supply Chain Council) à but non lucratif composé de chercheurs et d'industriels et qui définit des processus de référence et des indicateurs associés. Ce modèle est présenté dans la figure 16 ci-dessous.

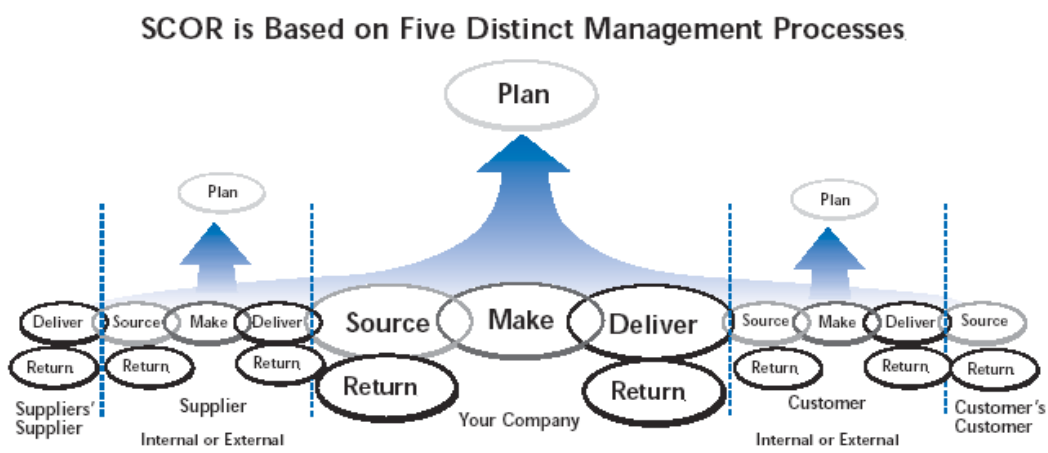


Figure 16 : Les cinq processus de gestion, modèle SCOR version 8.0

Fort de mon expérience de la conception des systèmes de décision, il m'est apparu intéressant de chercher à combiner les éléments du modèle SCOR issus des conceptions empiriques mais efficaces de réseaux d'entreprises (Bolstorff 2001), (Daniel 2001), avec les concepts du modèle GRAI issus de la théorie des systèmes pour proposer :

- une comparaison entre les différents modèles [C35], [D6]
- un modèle de référence d'un système de décision à deux niveaux [C29], [D6], [U7]
- un ensemble d'indicateurs de référence à chaque niveau pour piloter le réseau et chaque maillon [C29], [D6], [U7]

La majeure partie de ce travail a été élaboré dans le cadre du DEA de Céline Cabana que j'ai coordonné [U7].

Nous avons donc choisi de partir des éléments des modèles existant et de les représenter avec la grille GRAI afin d'avoir le modèle le plus représentatif possible.

Le modèle SCOR est focalisé sur les chaînes logistiques et, à ce titre, certains processus sont manquants pour un réseau d'entreprise, notamment les processus de conception et les processus commerciaux.

D'autre part, ce modèle, bien qu'identifiant des indicateurs de performance, ne précise pas l'ensemble des objectifs de pilotage associés de même que les moyens d'action à mettre en œuvre. Ce sont parmi les principales critiques de ce modèle avec son absence de méthodologie d'implantation.

C'est pourquoi d'autres modèles tels que les questionnaires de l'ASLOG, de GLOBAL EVALOG du consortium ODETTE, ou les modèles de processus du fascicule de documentation de l'AFNOR X50-604 ont été considérés simultanément pour obtenir le modèle de la figure 17 ci-dessous.

L'originalité de ce modèle, par rapport aux modèles ou questionnaires existants est de proposer clairement des mécanismes de coordination entre les deux niveaux et de proposer des cycles de prise de décision.

Les modèles ou référentiels considérés nous ont permis de définir l'ensemble des fonctions à prendre en compte. Ces fonctions couvrent l'ensemble du cycle de vie du produit.

Le nombre de niveaux décisionnels a été délibérément limité afin de permettre une grande réactivité entre les maillons et le pilotage global pour éviter les effets « coups de fouets ». Il est compris entre 3 et 5 pour chacun des modèles (global et local) par respect avec les règles de construction du modèle conceptuel GRAI.

Le modèle montre aussi certains liens informationnels entre les différents niveaux de pilotage.

Par rapport à la typologie précédente, ce modèle peut être considéré comme un modèle statistique dans la mesure où il correspond à la majeure partie des réseaux d'entreprises mais ne fait pas apparaître de spécificités liées à une classe de réseau.

Les modèles obtenus sont toutefois assez génériques pour être valables quelque soit le mode de réponse au client.

Le modèle global ne doit pas être considéré comme une centralisation de la prise de décision qui pourrait être *accaparée* par un donneur d'ordre. Au contraire, ce modèle comporte les décisions qui doivent être prises collégialement par tous les partenaires. Cependant, ces modèles étant élaborés au niveau conceptuel, l'organisation décisionnelle n'est pas explicitement représentée.

A contrario, le modèle local comprend les décisions de pilotage de chaque maillon. Un maillon pouvant appartenir à plusieurs chaînes, il est important que ce modèle soit le plus ouvert et flexible possible.

Le modèle global permet également à tous les partenaires d'avoir une vision cohérente et négociée des besoins en performance de chacun des maillons et d'éviter ainsi les manques d'informations et de communication.

### 10.5.2. Vérification, validation et utilisation du modèle

Avant de pouvoir identifier des indicateurs de référence pouvant mesurer la performance du système lorsqu'il sera implanté, il est nécessaire d'avoir une étape de vérification, puis de validation et d'utilisation du modèle.

Les approches de vérification (Laprie et al., 1989) appliquent un raisonnement syntaxique et/ou sémantique sur un système formel afin de s'assurer de sa correction vis à vis de propriétés génériques des modèles. De même, pour Vincent Chapurlat (Chapurlat 2007), la **Vérification** cherche d'abord à répondre à la question « *Construisons-nous correctement le modèle ?* ». Le but est de prouver la cohérence du modèle, de s'assurer de la bonne utilisation des moyens de modélisation et de rendre compte de la description des exigences qui ont prévalu à l'existence de ce modèle.

Dans notre cas, les modèles de référence proposés vérifient la totalité des règles GRAI si l'on considère que le modèle global est un modèle hybride entre grille fonctionnelle et grille de pilotage. En effet, les fonctions ne sont volontairement pas totalement les mêmes pour les deux types de modèles afin de montrer que certains éléments et notamment les ressources humaines ne sont généralement gérées qu'au niveau local pour éviter les perturbations et améliorer les flux, alors que les décisions de planification du réseau nécessitent d'être prises au niveau global, avec une vision totale du réseau.

Les approches de validation (Laprie et al., 1989) permettent de s'assurer de l'adéquation entre un modèle et ce qu'il est censé représenter. De même, pour Vincent Chapurlat (Chapurlat 2007), la **Validation** cherche à répondre à la question « *Construisons-nous le bon modèle ?* ». Il s'agit ici de s'assurer de la pertinence du modèle, voire si possible d'une certaine forme de complétude au regard du système modélisé, de ses situations et de ses scénarios d'évolution. La validation se définit comme la "*confirmation par examen et apport de preuves tangibles que les exigences particulières pour un usage spécifique prévu sont satisfaites. Plusieurs validations peuvent être effectuées s'il y a différents usages prévus*" (ISO 8402).

Ainsi, la validation permet de lier le modèle à la réalité attendue ou perçue.

Dans notre cas, la validation a été effectuée au travers d'une application dans le cadre de la thèse de Séverine Blanc, dans le projet ATHENA. Cette application a eu lieu dans plusieurs entreprises espagnoles du meuble reliées à l'association AIDIMA [T1]. Enfin, ces modèles ont aussi été instanciés par Henri Kromm pour une entreprise française du secteur du textile (Rip Curl) qui soustrait une partie de sa production en Chine.

Dans les deux cas, les modèles ont été un support essentiel pour construire les modèles cible particuliers des entreprises et ont permis ainsi un gain de temps en conception.

Concernant l'utilisation de ces modèles, une flexibilité peut être envisagée concernant certains paramètres liés au méta-modèle de la grille GRAI et en particulier les paramètres suivants :

- la valeur des Horizons/Périodes. En effet, elle est fortement liée à la dynamique du système piloté et à l'occurrence des événements perturbateurs,
- le contenu des centres de décision qui peut être complété, les contenus existant étant un dénominateur commun, en fonction de la complexité du système physique, le modèle proposé étant du type MRPII.

- les liens entre centres de décision pour privilégier une structure décisionnelles pilotée par la planification et donc par le client ou pilotée par la stratégie.

Enfin, ces modèles ont été les supports à la définition des éléments de pilotage partagés comme nous le verrons dans le chapitre 11.

# Coordination et gestion du réseau

	Informations externes	Gérer les ventes et le marketing	Gérer la conception et le développement des produits	Gérer les achats et les approvisionnements (SOURCE)	Gérer la fabrication des produits	Planifier le réseau	Gérer la livraison et le transport	Gérer le service client (RETURN)	Gérer la qualité	Informations internes
H = 2 ans P = 6 mois Strategic lev	Résultats benchmarking - Attentes clients et partenaires - Prévisions import/export -	Plan d'activités - Stratégie marketing - Prévisions de ventes	Définir les nouvelles technologies du produit et du process	Identifier les nouveaux partenaires, leurs rôles et leurs relations	PIC et Plan de production du réseau	Plan stratégique industriel du réseau	Stratégie logistique et transport (modes de livraison)	Planifier la stratégie liée au service et à la satisfaction client	Définir la politique qualité (documentation, certification...)	Résultats des ventes et des modes de fonctionnement du réseau
H = 1 an P = 3 mois Tactical lev	Commandes fermes - Partenaires potentiels	Plan de prospections de nouveaux clients - Consolidation des prévisions	Plan de développement des nouveaux produits et des nouveaux process	Signer les contrats cadre entre partenaires - Définir les modes de fonctionnement - définir les paramètres de gestion	PDP du réseau	Définir les méthodes de travail et les moyens de communication du réseau	Négotier les contrats globaux de transport entre partenaires et vers les clients	Plan global de SAV - Evaluation globale des retours produits	Revue de direction	Performances des fournisseurs
H = 6 mois P = 1 mois Tactical lev	Commandes	Validation des commandes fermes - Plan de relance clients	Gérer les modifications de produits existants - Gérer les projets produits et les projets process	Evaluer les approvisionnements critiques - Evaluer les partenaires	Plan de charge réseau	Optimiser les flux de production entre partenaires	Plan de livraison mensuel entre partenaires et avec les clients	Valider et analyser les retours clients et proposer des améliorations pour les produits	Définir un plan global des actions qualité	Etat de la production de chaque partenaire

# Niveaux de pilotage local

	Informations externes	Gérer les ventes	Gérer la conception des produits	Gérer les achats et les approvisionnements (SOURCE)	Synchroniser	Gérer les ressources	Gérer la livraison	Gérer les retours et le service client	Gérer la qualité	Informations internes
H = 1 an P = 3 mois	Commandes fermes - Partenaires potentiels	Prévisions consolidées pour tous les produits de l'entreprise	Liste des nouveaux projets à concevoir - Méthodes de co-conception	Définir les paramètres d'approvisionnement	PDP de l'entreprise	Plan local de SAV et évaluation de la satisfaction client de l'entreprise	Négotier les contrats de transport	Revue de direction	Performances des fournisseurs	
H = 6 mois P = 1 mois	Commandes informations partenaires	Commandes fermes - Plan de relance client	Affecter les ressources pour les différents projets de coopération	Définir les approvisionnements critiques	Plan de charge local	Plan mensuel de SAV	Plan mensuel de transport	Plan mensuel de SAV et évaluation de la satisfaction client de l'entreprise	Revue de direction	Performances des fournisseurs
H = 1 mois P = 1 semaine	Commandes urgentes	Validation des commandes et planification avec le client	Suivi et orientation des projets	Définir les approvisionnements court terme - relancer les fournisseurs	Ordonnancement et lancement	Ré-allocation des ressources	Définir les moyens de livraison conjoncturels	Valider les retours et les plantes clients	Lancer les actions qualité	Etat du système de production



Figure 17 : Modèles GRAI pour le pilotage d'un réseau d'entreprises : pilotages global et local

## 10.6. Modèle de référence pour la production de masse personnalisée

Le second type de modèles de référence correspond à un type de production assez peu exploré, la production de masse personnalisée. En effet, dans les typologies de production, ce type de fonctionnement relève généralement soit de la production unitaire, soit de la production grande séries mais les recherches dans ce domaine ont souvent concerné des systèmes où la personnalisation ne se faisait que grâce à un sous ensemble commun et une personnalisation retardée en sortie de la zone d'incertitude de production.

Ces recherches se focalisent la plupart du temps sur :

- la stratégie et la configuration produit,
- les performances financières de tels systèmes
- les systèmes flexibles de production mono entreprise.

Les travaux que j'ai menés l'ont été dans le cadre du projet de recherche européen Euroshoe décrit dans la partie précédente.

L'originalité de ces travaux est d'abord de considérer une personnalisation dès la conception pour un produit qui nécessite des outils de production totalement adaptés à la forme du produit final. Le problème n'est donc pas en assemblage, de savoir quels sont les éléments standards à assembler pour personnaliser le produit mais plutôt comment diminuer le temps de re-conception et synchroniser la conception avec la production.

La deuxième originalité est de fournir des modèles très détaillées desquels ont été dérivés des spécifications :

- en termes informatique : quels sont les outils de collecte de données, de configuration, de conception et de gestion du processus global qui doivent être développés et implantés
- en termes physique : quels sont les outils de production nécessaires
- en termes d'organisation : comment doivent être organisés les différents maillons du réseau et qui réalise chaque tâche.

### 10.6.1. Construction des modèles de référence

La figure suivante montre le processus de construction des modèles de référence. Cette figure montre bien que l'approche suivie était bien directe car tous les modèles du système existant ont été définis simultanément et que les informations sur la vision de experts du domaine nous ont aussi été données en un seul document.

Dans un premier temps, j'ai réalisé la modélisation fonctionnelle, décisionnelle et physique de trois entreprises de fabrication de chaussures ayant des tailles et des fonctionnements très différents. Mes collègues ont réalisé la modélisation des trois autres entreprises. Ces entreprises ont été choisies car elles étaient représentatives de ce secteur d'activité. Cette partie était plutôt orientée vers une activité de conseil et de transfert qu'une véritable activité de recherche.

En revanche, une fois tous les différents modèles de l'existant (AS IS) réalisés, j'ai fait une synthèse des pratiques les plus courantes dans le domaine de la production de masse de chaussures en Europe. Ces modèles de référence AS IS, appelés « *equivalent AS IS* » car représentant une classe de système, avaient pour objectif de tirer des grands enseignements et des règles génériques de fonctionnement des entreprises du secteur. Ces modèles ont aussi été

réalisés en prenant en compte les concepts du modèle GRAI mais en maintenant volontairement des dysfonctionnements chroniques de ce type de production [C43], [E10], [E9], [E8].

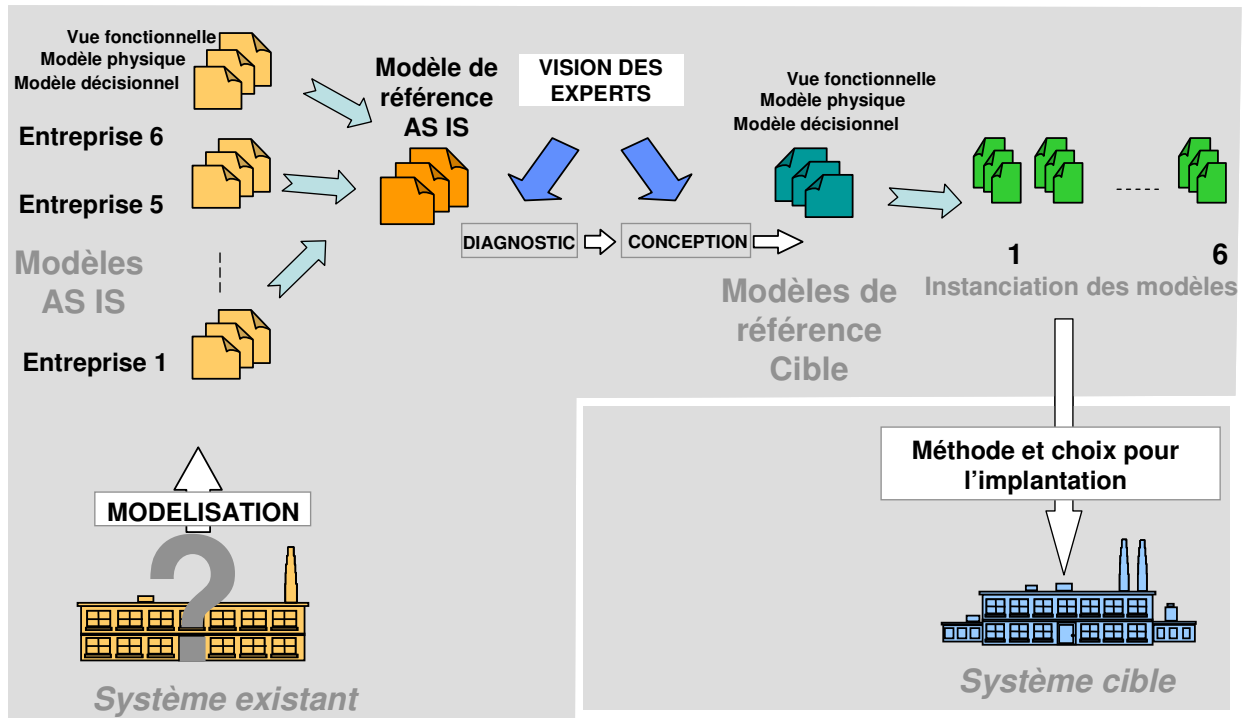


Figure 18 : Processus de construction de modèles de référence AS IS et TO BE

Ces modèles, complétés par la vision des experts de la production de chaussures pour les futures productions personnalisées, essentiellement des concepteurs et des gestionnaires de production, m'ont permis d'élaborer les modèles de référence cible : « *generic TO BE* » présentés figure 19. Pour l'ensemble du cycle de vente, conception, fabrication et distribution, vingt cinq modèles fonctionnels, physiques, et décisionnels ont été établis [C43], [E13], [E14], [E15].

	Int. Externe	Gérer les ventes	Gérer le marketing et le CRM	Gérer la conception et le développement	Gérer les produits	Planifier	Gérer les ressources	Gérer la distribution	Info. Interne
H = 2 ans P = 6 mois 10	Conditions du marché	Définir la portée de vente / Réviser les prix des modèles reconduits	Définir les stratégies marketing / Réviser les cibles client / Analyser la satisfaction client	Définir les caractéristiques des produits / Définir l'image de marque	Définir les normes stratégiques et les produits critiques	Elaborer le plan stratégique industriel	Planification des ressources / Définir les modalités de production et les nouvelles machines	Définir les conditions et les moyens de livraison par zone géographique	Chiffre d'affaire année n-1
H = 1 an P = 1 mois 20	Evolutions de la mode	Prévisions globales des ventes	Gérer les données client / Définir le budget publicitaire / Définir les futures tendances de la mode	Définir les nouvelles collections / Définir les gammes et les gammes complémentaires	Négocier les prix et réviser les quantités de matières premières et finies	Elaborer le calendrier principal de la collection / Budget	Planification annuelle des employés	Négocier les contrats avec les transporteurs	Calendrier et budget n-1
H = 6 mois P = 1 mois 25	Information sur les attentes client	Fixer les prix des nouveaux modèles / Prévisions de ventes	Valider les modèles à produire	Développer la collection / Sélectionner les fournisseurs pour cette collection	Définir / lancer les ordres d'achat ouverts en B2B sur les places de marché	PPM / Décisions de Make or Buy	Lisser la capacité	Evaluer les transports	Stocks des modèles réguliers et reconduits
H = 2 mois P = 1 semaine 30	Informations des magasins	Plan des visites régulières des magasins	Collecter les idées d'évolution des clients et vendeurs	Optimiser le master des modifications de conception (perso, permis, etc.)	Définir / lancer les ordres d'achat pour les MPR et pièces / Relancer les fournisseurs et les sous-traitants	Plan de charge hebdomadaire	Allouer les employés sur les lignes de production	Définir et signer les contrats avec des transporteurs occasionnels	Etat des ressources
H = 2 semaines P = 1 jour 45	Plaintes client et commandes urgentes	Valider les commandes client / Gérer les commandes urgentes	Gérer les plaintes des magasins et les appels téléphoniques	Ordonner les conceptions sur mesure avec les conceptions des futurs modèles	Définir les achats urgents	Ordonner la production personnalisée et les modèles reconduits	Réaliser les livraisons hebdomadaire / Gérer les livraisons urgentes	Définir les plans de livraison hebdomadaire / Gérer les livraisons urgentes	Etat des ressources

↓  
**Pilotage**

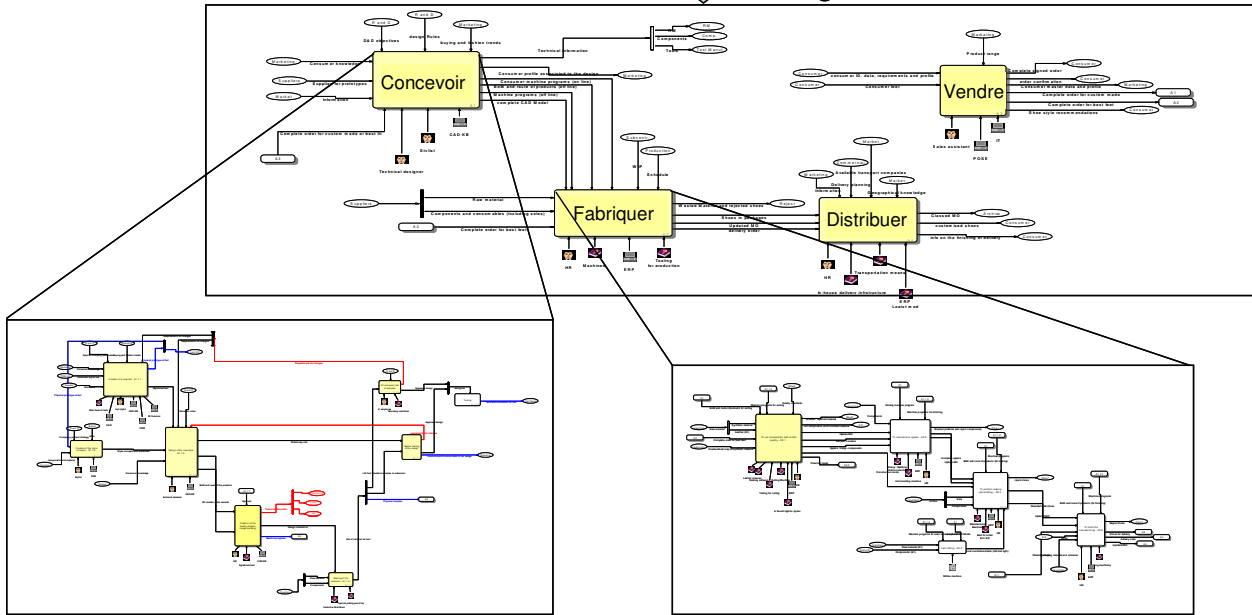


Figure 19 : Différents niveaux de modèles de référence pour la production de masse personnalisée

Ces modèles sont des modèles statistiques car ils correspondent à la moyenne du fonctionnement théorique que devrait avoir l'ensemble des entreprises de la chaussure pour une production de masse personnalisée.

### 10.6.2. Vérification, validation et utilisation

Ces modèles ont été vérifiés à la fin du processus d'élaboration pour s'assurer qu'ils respectaient bien les méta-modèles GRAI de la grille et des processus du modèle conceptuel GRAI.

Ces modèles ont ensuite été validés et utilisés en étant instanciés dans le cas d'une entreprise italienne située à Vigevano afin de vérifier :

- la pertinence des concepts retenus dans les modèles
- la flexibilité des modèles
- le gain de temps en conception.



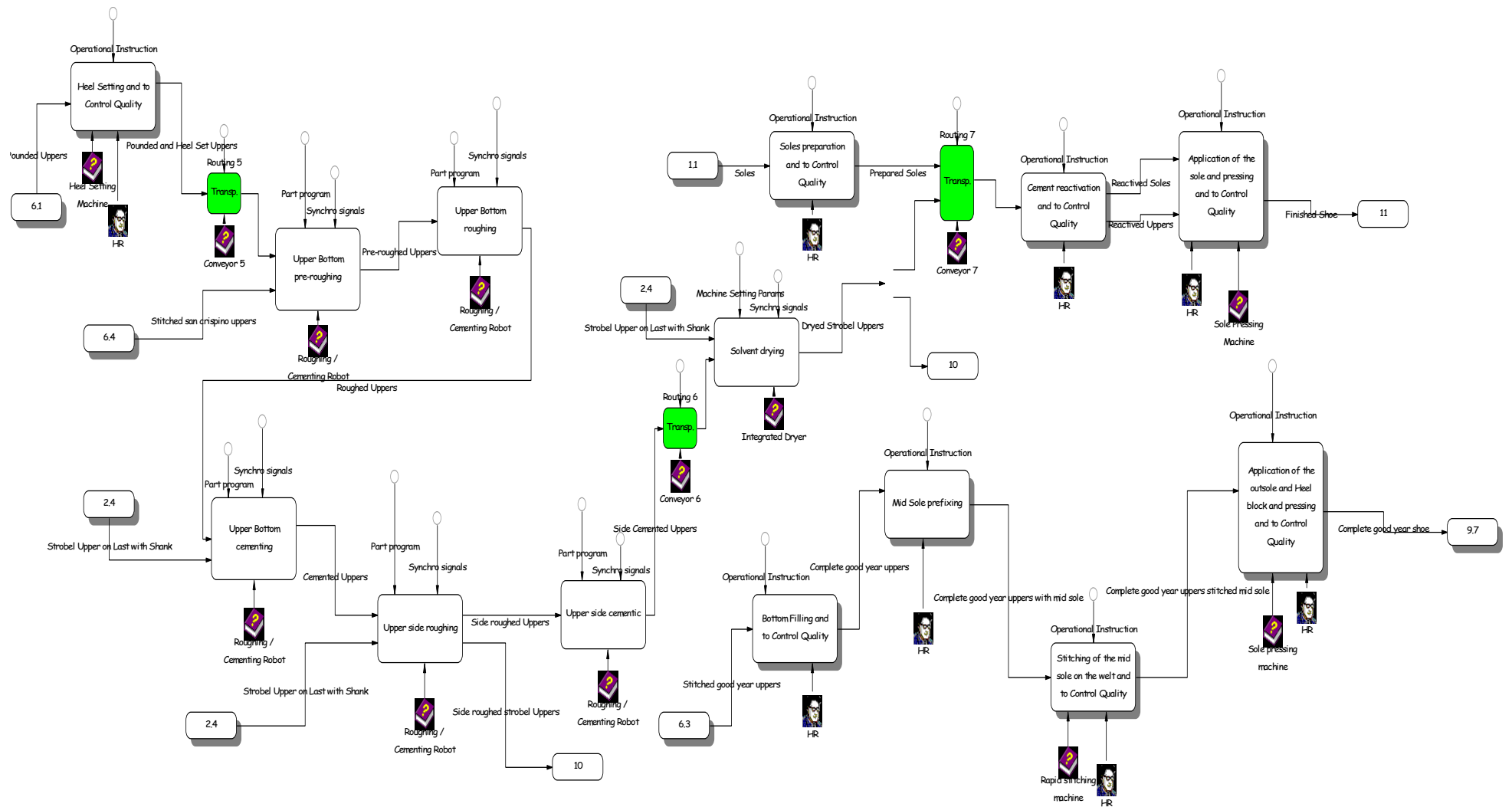


Figure 20 : Exemple de processus de fabrication instancié pour l'entreprise intégrée de Vigevano

Par exemple, pour instancier les modèles processus (figure 20), partant des activités clés des processus de référence, différentes activités ont été insérées:

- de contrôle en fonction des machines utilisées et de la qualité attendue
- de retouches
- d'adaptation pour faire en sorte que les ressources de fabrication respectent les processus souhaités.

Cependant, ces modèles sont assez flexibles pour pouvoir être paramétrés pour d'autres types de production de masse personnalisée et notamment dans un domaine plus vaste que la production de chaussures qu'est l'industrie du textile en général.

### *10.7. Modèle de référence pour l'intégration des exigences Qualité, Sécurité Environnement*

Beaucoup de travaux ont traité le problème de la qualité en production, qui ont par exemple amené à la méthode QFD (Quality Function Deployment) (Akao 92) ou aux concepts de TQM (Total Quality Management) mais ces méthodes s'intéressent davantage à l'amélioration de la qualité du produit plutôt qu'à une véritable gestion du système qualité.

L'une des causes de perte d'efficacité dans l'implantation d'un système qualité résulte souvent du fait que les organismes candidats se contentent de satisfaire point par point les exigences énoncées dans les textes normatifs et par conséquent, se noient devant l'ampleur de la tâche tout en construisant un système qualité difficile à gérer, et rejeté par les différents acteurs de l'entreprise. Ils ne cherchent pas à construire un système logique, cohérent, global, accepté par tous et réellement adapté aux besoins de l'entreprise.

L'objectif de ce travail est de montrer que l'utilisation des méthodes de Modélisation d'Entreprise peuvent aider les entreprises à implanter un système qualité ou QSE intégré efficace tout en améliorant son intégration et sa gestion dans le respect des exigences annoncées des nouvelles normes. Certains outils de modélisation d'entreprise offrent déjà des éléments pour permettre de piloter un système qualité tels que ARIS Toolset ou la suite MEGA.

#### 10.7.1. Construction du modèle

Pour prendre en compte les aspects normatifs dans un modèle de référence, deux approches peuvent et ont été suivies dans le cadre de ces travaux comme montré dans la figure 21.

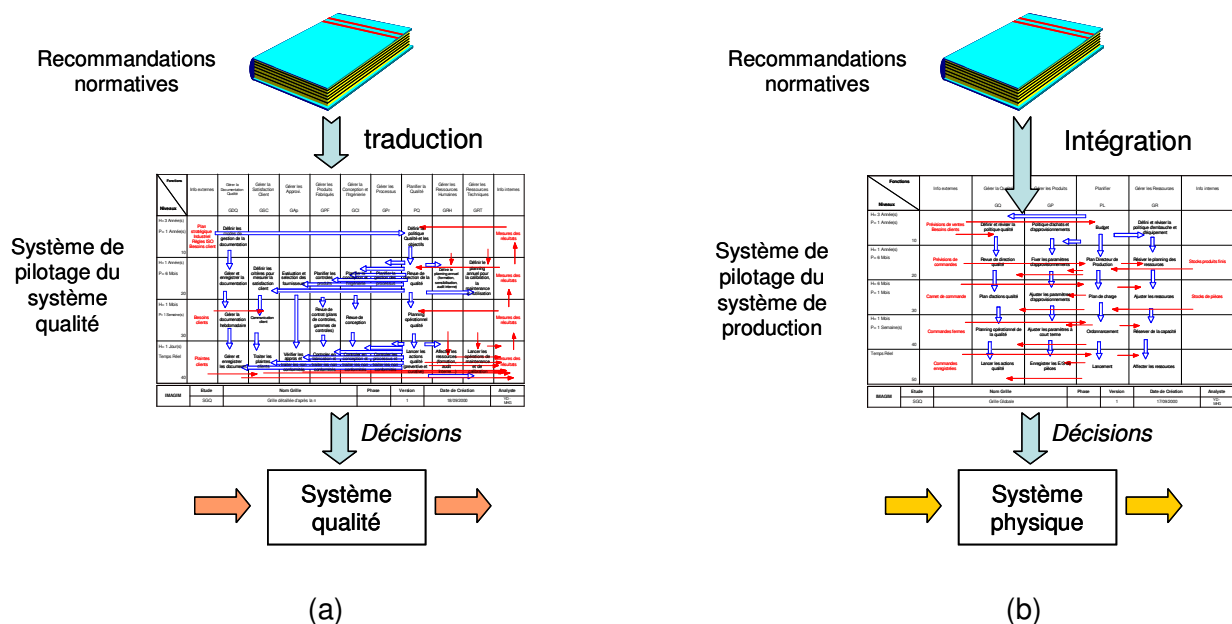


Figure 21 : Les deux approches pour des modèles de référence de pilotage de la qualité

La première approche (a) a été réalisée en coordination avec Marie Hélène Gentil [B4], [C25]. Dans ce travail, la norme ISO 9000-2000 a été scrutée et les exigences ont été traduites en un modèle du système de pilotage du système qualité et non du système physique. Cette norme a été choisie car elle est la plus connue et la plus précise en termes de mise en œuvre par rapport par exemple à l'EFQM (EFQM 2003).

On retrouve dans le modèle, des fonctions telles que « planifier la qualité » ou « gérer les ressources humaines de la qualité » ...et les décisions prises n'ont donc pas pour vocation de piloter le système de production.

Ce modèle respecte le vocabulaire (l'ontologie) de la norme ainsi que la syntaxe du modèle GRAI.

Dans un second temps, le modèle de pilotage réalisé sur la base des normes a été analysé et des améliorations ont été proposées. Des décisions de nature stratégique et d'autres liées à la gestion des ressources ont été ajoutées [C18].

Ainsi, un second modèle de référence plus complet a été proposé faisant apparaître un pilotage plus cohérent du système qualité [C20].

L'approche suivie dans ce cas était donc de nature séquentielle.

En théorie, ce modèle devrait permettre d'améliorer la norme elle-même mais cette étape n'a pas été réalisée bien que l'AFNOR ait reconnu l'intérêt de ces modèles pour l'implantation d'un système qualité. Cependant, cette approche ne considérait que les aspects liés à la qualité.

La seconde approche (b) a été réalisée dans le cadre de la thèse de Mohamed Bakiri que j'ai co-encadrée [T2].

Ce travail de recherche, porte sur le développement d'un modèle global et systémique capable d'intégrer le maximum des préoccupations des parties intéressées et notamment les aspects Qualité, Sécurité et Environnement (QSE) : c'est le système de management global intégré.

En effet, les entreprises ne sont souvent pas enclines à considérer les performances en sécurité et environnement, car elles sont coûteuses et ne sont pas visibles par le client, excepté dans le cas de catastrophes industrielles pouvant être fatales pour leur image.

L'intérêt de ce travail réside aussi dans le chevauchement de plusieurs champs de recherche distincts, que sont l'aide à la décision, la gestion de la qualité et la gestion des risques dans les systèmes de production.

Il existe peu de travaux dans le domaine de l'évaluation de la performance environnementale et ceux menés par l'AFNOR ont surtout tendance à être sectorisés et orientés essentiellement vers la chimie et les transports.

Dans cette approche, l'originalité a été d'intégrer les exigences normatives liées à la qualité, à la sécurité et à l'environnement dans les décisions de gestion de production pour obtenir un modèle de pilotage QSE intégré. L'objectif n'est donc pas d'identifier les décisions liées aux trois types de performances mais de raisonner sur les éléments à prendre en compte pendant le pilotage.

L'approche suivie est décrite en figure 22.

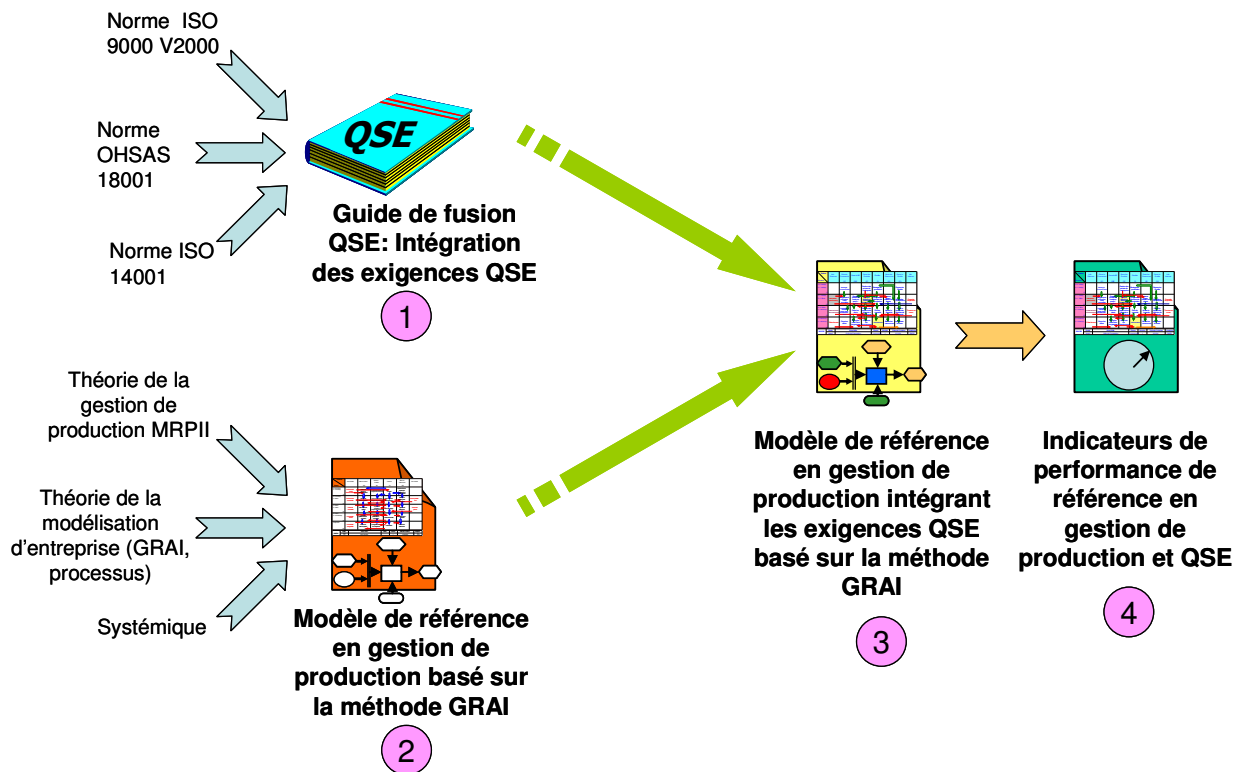


Figure 22 : Approche simultanée pour l'élaboration d'un modèle de référence QSE

Dans un premier temps, trois normes ont été considérées :

- la norme ISO 9000-2000 pour la qualité
- la norme OHSAS 18001 pour la sécurité au travail
- la norme ISO 14001 pour l'environnement

Ces normes ont été choisies car elles sont les plus connues et les plus appliquées dans les entreprises.

Une guide de fusion ou d'intégration des trois normes a ensuite été réalisé permettant de mettre en cohérence les différentes exigences et d'éviter les redondances dans les recommandations imposées séparément dans les trois domaines. Ce travail a été réalisé de manière empirique, sur la base de la connaissance forte du doctorant mais aucune méthode spécifique de fusion n'a été utilisée.

En particulier, l'élaboration d'ontologies des trois domaines, combinée à l'utilisation des techniques de « mapping » des ontologies, pourront être envisagées dans l'avenir pour s'assurer de la cohérence et de la complétude de la fusion.

En parallèle, un modèle de référence de pilotage de la production sur la base d'un fonctionnement de type MRPII a été élaboré en partant de celui défini par (marcotte 95). Ce modèle initial a été enrichi par des éléments supplémentaires [C47].

Dans un troisième temps, les exigences du guide fusion ont été intégrées au modèle de référence enrichi pour obtenir le modèle de référence de pilotage intégrant les exigences QSE. A certaines activités décisionnelles présentes dans la grille générique on affecte une référence qui correspond à un paragraphe du référentiel commun. Une prise en compte des recommandations en matière de QSE de ce paragraphe devient une exigence pour chaque décideur à son niveau, si on veut que le processus d'intégration soit total et, cohérent [C47], [C48].

Ainsi, une déclinaison cohérente des aspects Q,S,E tout au long des niveaux décisionnels doit permettre de prévoir et ainsi d'éviter tout dysfonctionnement dans les systèmes de production. Les accidents du travail, les problèmes de qualité ou les atteintes à l'environnement trouvent la plupart du temps leurs origines dans un mauvais pilotage de la production.

Dans un quatrième temps, des indicateurs de performance QSE ont été définis pour permettre aux décideurs de vérifier l'efficacité de leurs décisions. Ces indicateurs seront détaillés dans le paragraphe 11.2.1.

#### 10.7.2. Vérification, validation et utilisation du modèle

Dans un premier temps, ce modèle a été vérifié par les experts en modélisation GRAI afin d'éviter les erreurs de modélisation. En particulier, les cadres de décision ont été définis pour obtenir un modèle décisionnel correct.

Ensuite, le modèle a tout d'abord été validé par les experts du domaine QSE impliqués dans l'encadrement de Mohamed Bakiri et dans son jury de thèse (Sebti Chaabane et Jean Marc Gey) afin de s'assurer que toutes les exigences QSE étaient bien prises en considération dans le guide de fusion et dans la grille GRAI QSE.

Enfin, dans un dernier temps, ce modèle de référence a été utilisé dans le cas d'une PMI de fabrication de bateaux de la région Bordelaise (Zodiac). L'intérêt de cette instanciation était de vérifier la véracité du modèle et de mesurer le gain de temps dans l'élaboration du diagnostic et des recommandations QSE du système de pilotage de la production [E28]. Le modèle d'entreprise élaboré chez Zodiac a constitué le dernier chapitre de la thèse de Mohamed Bakiri [T2].

#### *10.8. Modèles de pilotage dans le domaine des services*

Même si, pendant longtemps, seule la production de produits tangibles a été envisagée, la tendance actuelle est de prendre en compte de la même manière la production de produits

tangibles, la production de services et la production mixte (produits tangibles + services) (Vallespir 2003) (Alix 2006).

Le domaine des services est un domaine de recherche émergent dont les principaux domaines d'application sont généralement le domaine hospitalier, le domaine de la finance et des assurances, et le domaine du développement de logiciels.

Le travail décrit dans cette partie ne porte pas sur des modèles de référence d'entreprise mais des modèles spécifiques dédiés à des entreprises de service.

Un premier travail avait pour objectif de montrer l'intérêt et « l'utilisabilité » de la modélisation pour améliorer les systèmes de production de services et implanter des indicateurs de performance. Ce travail a été réalisé dans une entreprise d'ingénierie financière de bordeaux. J'ai été partiellement impliqué dans ce travail dans lequel mon rôle a surtout été d'aider à la modélisation et à l'identification du système d'indicateurs [C30], [C34].

La première activité a été de bien redéfinir la notion de produit, de bien préciser sur quel support cette entreprise ajoutait de la valeur et comment elle faisait évoluer ses produits.

Ainsi, plusieurs modèles de pilotage ont été élaborés, au niveau de l'entreprise, des six départements la composant et de certains services significatifs par leur fonctionnement et leur criticité dans l'entreprise.

Un ensemble d'environ huit cents indicateurs au total a été défini en collaboration avec les consultants de la société INTEGRAI et implanté par l'entreprise grâce à l'outil décisionnel SAS.

Un second travail a été réalisé dans le domaine hospitalier à travers un stage de MASTER que j'ai encadré dans une clinique Bordelaise.

En effet, les impératifs imposés aux systèmes de santé en termes de gestion des ressources techniques, de qualification du personnel et de la constante pression pour diminuer les coûts tout en maintenant un système de soins performant en termes de qualité, les a conduit à devoir se remettre en cause et à évoluer vers des systèmes proches de leurs voisins industriels

Ce travail avait pour objectif de modéliser, analyser et concevoir une nouvelle organisation pour respecter les lois en vigueur dans ce domaine.

En termes d'organisation, l'originalité des systèmes de santé vient de l'implication forte du personnel soignant à la fois pour des tâches à valeur ajoutée mais aussi pour des tâches administratives. Par exemple, les chefs de service ont à la fois la responsabilité de la gestion et de l'exécution des plus hautes tâches techniques dans leur service.

D'autre part, la notion de produit est aussi assez difficile à définir et la notion de *client* n'est pas vraiment présente notamment dans les établissements publics.

Après une modélisation exhaustive du système existant d'un point de vue physique, pilotage et information, un diagnostic a été élaboré faisant apparaître un manque de coordination des ressources et une mauvaise gestion de produits notamment à long et moyens termes, entraînant des ruptures trop fréquentes.

Plusieurs modèles du système cible ont donc été élaborés d'un point de vue physique et décisionnel, le point de vue informationnel devant rester en l'état comme le montre la figure 23 [A8], [C31].

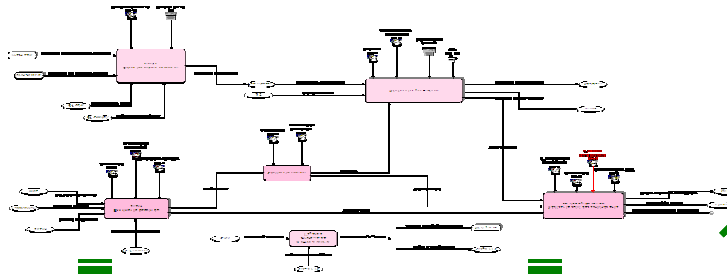
L'originalité en termes de recherche, par rapport à une simple activité de conseil, a été aussi de généraliser ces modèles pour les rendre adaptables à d'autres entités du domaine de la santé.

La plupart des travaux présentés dans cette partie se sont focalisés sur des modèles de référence ou des modèles spécifiques à des domaines émergents. Ces modèles se sont focalisés sur la partie décisionnelle et donc sur le pilotage des organisations concernées car ils ont principalement eu pour objectifs de définir des systèmes d'indicateurs de performance.

Les travaux que j'ai menés concernant le domaine de la performance, parmi lesquels ceux focalisés sur la définition de systèmes d'indicateurs, sont décrits dans la partie suivante de ce chapitre.

**Modélisation  
niveau  
« Établissement »**

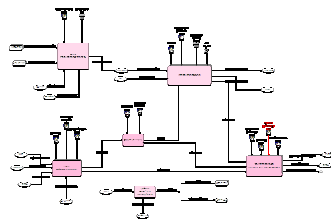
	Info. Externa	Départ des activités Commercialisation	Départ des Pratiquants de services	Départ des activités Techniques	Départ de soutien et de services aux usagers	Info. Interne
10	Stratégie de l'établissement	Élaboration de la stratégie	Élaboration de la stratégie Services	Élaboration de la stratégie Technique	Plan opérationnel LÉVEL ÉTABLISSEMENT	Mission, Vision, valeurs, principes et
20	Prévisions AD Médicale Evolutions économiques	Comptes rendus d'activités comptables	Comptes rendus des activités Services	Comptes rendus des activités Techniques	Définition des indicateurs de performance	Présentation des résultats
30	Contraintes AD Médicale économiques	Pratiques Médicales	Pratiques Services	Pratiques Techniques	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD



**COORDINATION**

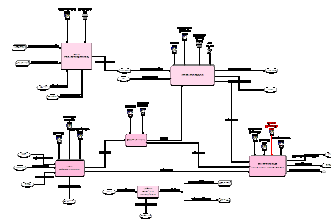


	Info. Externa	Départ des activités Commercialisation	Départ des Pratiquants de services	Départ des activités Techniques	Départ de soutien et de services aux usagers	Info. Interne
10	Stratégie de l'établissement	Élaboration de la stratégie	Élaboration de la stratégie Services	Élaboration de la stratégie Technique	Plan opérationnel LÉVEL ÉTABLISSEMENT	Mission, Vision, valeurs, principes et
20	Prévisions AD Médicale Evolutions économiques	Comptes rendus d'activités comptables	Comptes rendus des activités Services	Comptes rendus des activités Techniques	Définition des indicateurs de performance	Présentation des résultats
30	Contraintes AD Médicale économiques	Pratiques Médicales	Pratiques Services	Pratiques Techniques	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD



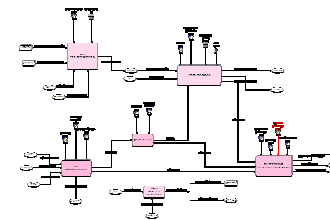
**Modélisation niveau  
« Administration du  
patient »**

	Info. Externa	Départ des activités Commercialisation	Départ des Pratiquants de services	Départ des activités Techniques	Départ de soutien et de services aux usagers	Info. Interne
10	Stratégie de l'établissement	Élaboration de la stratégie	Élaboration de la stratégie Services	Élaboration de la stratégie Technique	Plan opérationnel LÉVEL ÉTABLISSEMENT	Mission, Vision, valeurs, principes et
20	Prévisions AD Médicale Evolutions économiques	Comptes rendus d'activités comptables	Comptes rendus des activités Services	Comptes rendus des activités Techniques	Définition des indicateurs de performance	Présentation des résultats
30	Contraintes AD Médicale économiques	Pratiques Médicales	Pratiques Services	Pratiques Techniques	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD



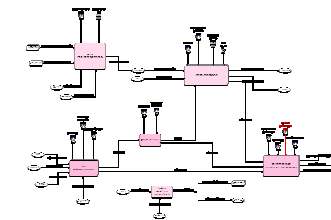
**Modélisation niveau  
« Activité Médicale -  
consultation »**

	Info. Externa	Départ des activités Commercialisation	Départ des Pratiquants de services	Départ des activités Techniques	Départ de soutien et de services aux usagers	Info. Interne
10	Stratégie de l'établissement	Élaboration de la stratégie	Élaboration de la stratégie Services	Élaboration de la stratégie Technique	Plan opérationnel LÉVEL ÉTABLISSEMENT	Mission, Vision, valeurs, principes et
20	Prévisions AD Médicale Evolutions économiques	Comptes rendus d'activités comptables	Comptes rendus des activités Services	Comptes rendus des activités Techniques	Définition des indicateurs de performance	Présentation des résultats
30	Contraintes AD Médicale économiques	Pratiques Médicales	Pratiques Services	Pratiques Techniques	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD



**Modélisation niveau  
« Bloc opératoire »**

	Info. Externa	Départ des activités Commercialisation	Départ des Pratiquants de services	Départ des activités Techniques	Départ de soutien et de services aux usagers	Info. Interne
10	Stratégie de l'établissement	Élaboration de la stratégie	Élaboration de la stratégie Services	Élaboration de la stratégie Technique	Plan opérationnel LÉVEL ÉTABLISSEMENT	Mission, Vision, valeurs, principes et
20	Prévisions AD Médicale Evolutions économiques	Comptes rendus d'activités comptables	Comptes rendus des activités Services	Comptes rendus des activités Techniques	Définition des indicateurs de performance	Présentation des résultats
30	Contraintes AD Médicale économiques	Pratiques Médicales	Pratiques Services	Pratiques Techniques	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD	Pratiques Médicales, Services, Techniques, AD



**Modélisation niveau  
« Unités de soins -  
hospitalisation »**

Figure 23 : La modélisation pour les services de santé



# 11 La performance par les modèles

## 11.1. Introduction

Si on part de la définition de la performance proposée par [B2], « La performance des entreprises résulte de l'animation d'une dynamique de progrès généralisée, s'appuyant sur le déploiement d'un système d'indicateurs associés à des objectifs et à des leviers (variables de décision) permettant de façon continue et systématique, d'appréhender la situation du moment (VOIR), de visualiser les gisements et d'éclairer le chemin à parcourir (MOTIVER) et enfin d'évoluer tout en mesurant les progrès accomplis (EVOLUER)»

Ainsi, l'évaluation de la performance a d'abord été orientée au LAPS/GRAI vers la mesure de performance a posteriori, lors de l'exploitation du système telle que définit par le GDR MACS (Frein 1998) (Tahon 2000) et résumée dans la figure 24.

Ces travaux ont été focalisés sur la définition et la conception des systèmes d'indicateurs de performance et ont donné naissance à la méthode ECOGRAI (Bitton 1990) [A1], [A2], [A7], [B4].

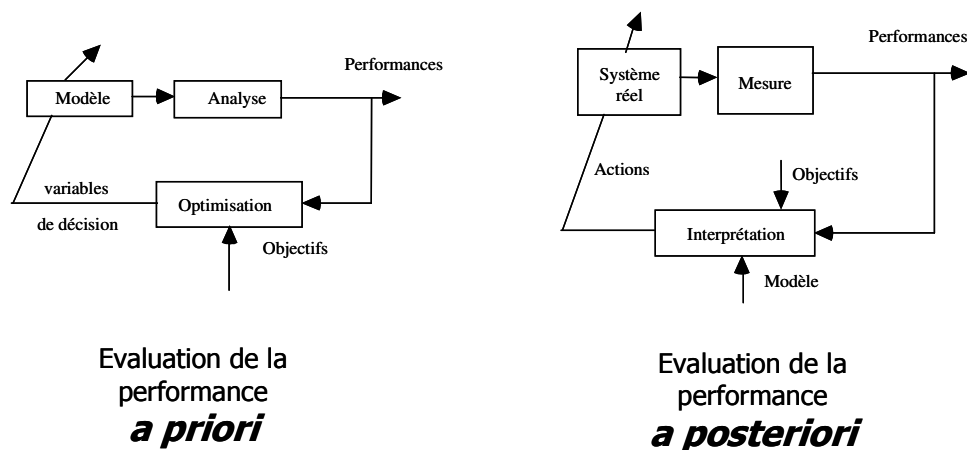


Figure 24 : Dualité Performance a priori / a posteriori

Depuis que j'ai commencé ma recherche dans le groupe GRAI, j'ai contribué à élargir le champ de recherche dans le domaine de la performance en travaillant dans trois domaines connexes :

- la définition et l'implantation de systèmes d'indicateurs de performance de référence liés aux modèles de référence définis précédemment et pour des critères de performance innovants.
- la formalisation et l'agrégation de la performance
- la mesure d'une performance particulière : l'interopérabilité

Ces trois domaines sont connexes dans la mesure où l'intérêt de la formalisation et de l'agrégation sont de vérifier la cohérence du système d'indicateurs proposés et dans la mesure où les travaux sur la définition des indicateurs ont contribué à définir l'interopérabilité comme une performance à part entière devant être mesurée à l'aide d'indicateurs spécifiques définis sur la base de modèles.

## 11.2. Systèmes d'indicateurs de performance de référence

### 11.2.1. Introduction : positionnement des travaux

Dans la partie précédente de mes travaux, j'ai été amené à proposer des modèles génériques du pilotage des systèmes de production. Ces modèles sont justifiés par le postulat partagé avec d'autres laboratoires (LAMIH, LAG, LASPI, LISTIC...) selon lequel un système de production est d'abord un système générateur de performances avant d'être un sujet de modélisation (Senechal 98) (Senechal 2004). C'est aussi le postulat des travaux diffusés à travers l'association internationale PMA (Performance Measurement Association) dans des domaines aussi divers que la conception, les services, la finance ou la production de bien tangibles.

Ces travaux sont aussi basés sur le principe de la définition d'indicateurs de performance sur la base d'une approche systémique, imposant d'identifier un ensemble cohérent d'indicateurs couvrant les différents niveaux décisionnels, du niveau stratégique au niveau opérationnel, les différentes fonctions et processus, et permettant de mesurer tant des performances en termes de résultats qu'en termes de progrès.

Depuis mes premiers travaux sur les indicateurs de performance [F1], [F2], nous avons toujours adopté la définition suivante : « Un Indicateur de Performance est une donnée quantifiée, qui mesure l'efficacité des variables de décision par rapport à l'atteinte de l'objectif défini au niveau de décision considéré, dans le cadre des objectifs globaux de l'entreprise ».

Ainsi, par rapport à un objectif, qui définit la performance à atteindre par l'activité pilotée, l'indicateurs se positionne comme indiqué dans la figure 25 :

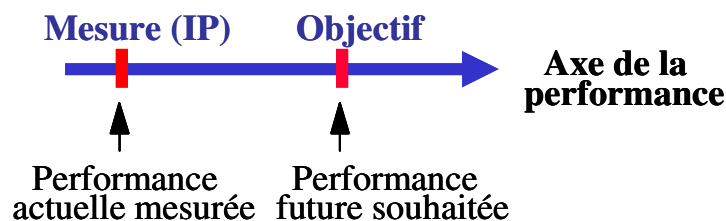


Figure 25 : Performance actuelle / Performance souhaitée

L'intérêt du modèle réside à la fois dans son apport pour la définition des indicateurs mais aussi pour permettre de comprendre et d'interpréter le résultat de l'évaluation.

Pour permettre cette évaluation, la modélisation doit permettre de faire émerger l'ensemble des connaissances partagées par des acteurs possédant des objectifs, des compétences et des points de vue différents. Elle devra ensuite permettre de les intégrer afin de fournir à l'ensemble de ces acteurs une base sémantique unique (Senechal 1998), (Senechal 1999).

Permettre de mettre face à face des performances techniques, économiques et socio-humaines dans le cadre d'une démarche unifiée d'évaluation est un problème auquel ne correspond pas aujourd'hui de réponse totalement satisfaisante et pour lequel la modélisation d'entreprise a un rôle d'intégration à jouer.

Si l'évaluation monocritère et notamment l'évaluation des coûts est aujourd'hui relativement bien fournie en outils tels que l'ABC (Lorino 1991) (Lorino 2001) ou la comptabilité analytique, il en va autrement de l'évaluation multicritères du système. Suivant les critères de performance, les méthodes partant du principe, que la somme des performances locales et égale à la performance globale du système, sont ainsi dépassées.

Si on synthétise les différents critères, non exhaustifs, et les différents périmètres que doivent couvrir les indicateurs de performance, nous obtenons les dimensions de la figure 26 dans lesquelles les travaux du GRAI précédents à mon arrivée et les travaux de recherche postérieurs ont été délimités.

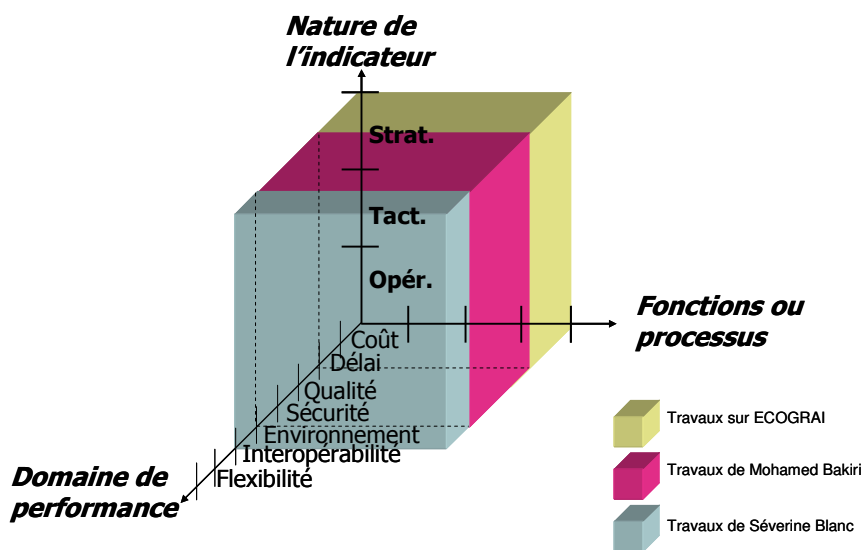


Figure 26 : Les dimensions des indicateurs de performance et les travaux antérieurs et postérieurs à mon arrivé

De même, le système d'indicateurs de performance doit permettre de piloter des systèmes différents. La plupart des travaux menés dans le domaine s'attachent à faciliter la mesure de la performance du système physique mais il existe peu de travaux portant sur la performance décisionnelle ou du système d'information. On peut cependant citer les travaux de l'Indian Institute of Technology de Delhi (Wadhwa 98) qui a été notre partenaire dans le projet CIMMEM et qui s'est intéressé à l'impact de la synchronisation entre décision et information sur le délai de prise de décision.

Ainsi, les différentes dimensions d'un système d'indicateur de performance sont représentées figure 27 dans laquelle les travaux du GRAI précédents à mon arrivée et les travaux de recherche postérieurs ont été délimités.

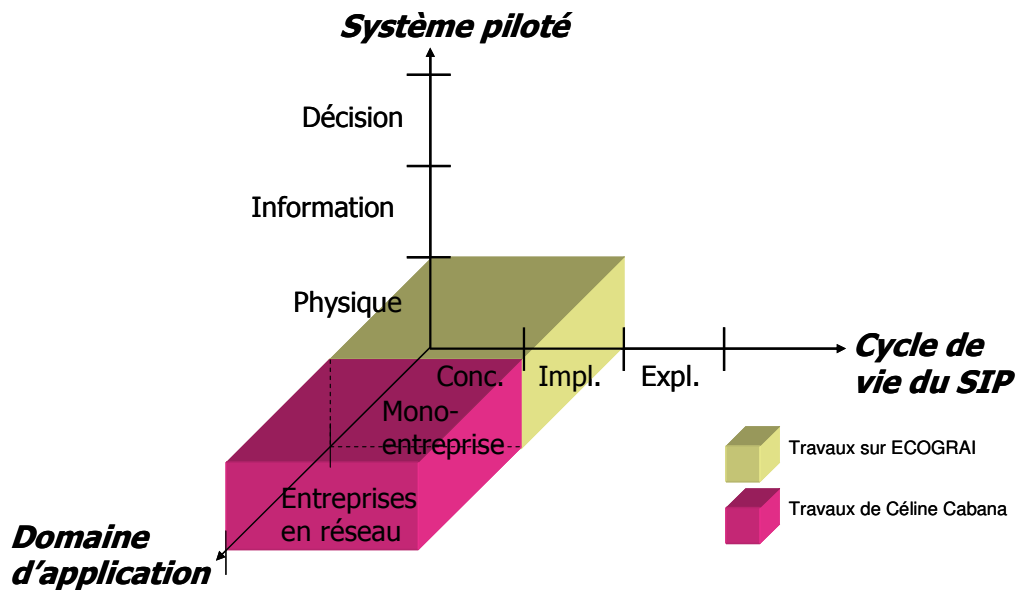


Figure 27 : les dimensions d'un SIP et les travaux antérieurs et postérieurs à mon arrivée

Les travaux que j'ai menés concernant la définition des indicateurs de performance ont l'originalité de s'intéresser :

- à des domaines de performance peu explorés, en l'occurrence les domaines de la Qualité, de la Sécurité et de l'Environnement
- au domaine d'application des entreprises en réseau.

### 11.2.2. La performance en Qualité, Sécurité, Environnement

Ce travail a été effectué dans le cadre de la thèse de Mohamed Bakiri que j'ai encadrée et complète les travaux présentés dans la partie 10.2.5.

Ce système d'indicateur de référence QSE a été élaboré en appliquant la méthode ECOGRAI au modèle de référence présenté précédemment.

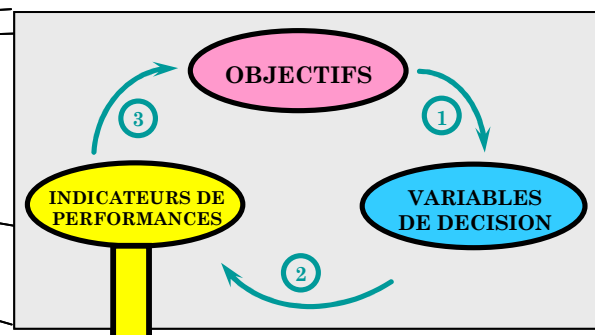
Ces indicateurs ont pour vocation de mesurer l'efficacité des décisions QSE comme indiqué dans la figure 28.

Une centaine d'indicateurs ont été définis, en complément des indicateurs classiques de production. Ils ont vocation à être simples, mesurables, accessibles aux décideurs, exprimés dans leur unité d'œuvre, et temporel, c'est-à-dire à durée de vie limitée en fonction de la modification du modèle de pilotage [C46].

Bien entendu, cette liste n'a pas vocation à être déployée en l'état mais le gestionnaire QSE dispose alors d'éléments de base pour définir ses propres IP en fonction de l'instanciation du modèle de référence implantée.

Par rapport à un système d'indicateurs « classique » de production, les indicateurs QSE ont pour vocation d'être tous *externalisables*, c'est-à-dire consultables par les parties intéressées (clients, fournisseurs, collectivités locales, organismes de surveillance et de vérification...) ceci en raison du fait que ce sont ces parties intéressées qui en sont principalement les demandeuses.

	Info. Externes	Gérer les produits: Acheter	Gérer les produits: Approvisionner	Planifier la production	Gérer les ressources	Gérer la livraison	Info. Internes
H = 1 an P = 3 mois	Prév de ventes du SC	Négociation fournisseurs et marchés	Politique d'appro - Définir les commandes pour les appros critiques (S/n)	Budget - PIC	Plan d'investissements des magasins et personnel - S/T structurelle	Politique de livraison - Politique de livraison (modes et contrats)	Budget n-1
H = 6 mois P = 1 mois	Prévisions de ventes consolidées et carnet de commande	Réajustement des marchés	Ajustement des paramètres d'appro - Cdes appros	PDP	Lissage de charge globale - Planning de formation - Planning de maintenance	Définition du tx de services	Niveaux de stock - En cours fabrication
H = 2 mois P = 1 semaine	Commandes urgentes	Evaluation des fournisseurs	Cdes de pièces (ss)	Plan de charge	Plan de S/T conjoncturelle	Planning des livraisons	Niveaux de stock
H = 2 semaines P = 1 jour	Retards fournisseurs	Plan de relance fournisseurs	Suiv des réception attendues	Ordo	Validation des effectifs - plan d'interim	Planning des tournées	Dispo et perf des ressources - renseignements agents de maîtrise
H = 1 jour Temps réel	Commandes enregistrées	Acheter	F/R magasin	L'affectation	Affectation des OF sur les ressources	Lancement de la livraison	OF terminés - parties machine - absences non prévues



### Modèle de pilotage QSE

	Info. Externes	Gérer les produits: Acheter	Gérer les produits: Approvisionner	Planifier la production	Gérer les ressources humaines	Gérer les ressources techniques	Info. Internes
H = 1 an P = 3 mois		Nb de commandes en retard - Coût de stockage lié aux urgences QSE -	Nb de fournisseurs potentiels pour les produits dangereux - Evaluation des fournisseurs QSE	Dépenses liées au QSE - Durée moyenne des traitements QSE	Taux d'absentéisme lié aux problèmes QSE - Nb d'employés liés à la gestion du QSE	Evolution de consommation énergies - Quantité d'émission de substances polluantes	
H = 6 mois P = 1 mois		Nombre de fournisseurs partenaires	Nombre de fiches sécurité traitées	Nombre d'exigences QSE non satisfaites - Nombre de replanifications dues à des problèmes QSE	Nombre de formations QSE dispensées - Nombre de départs liés à des problèmes QSE	TRS - Nombre de S/T structurels	
H = 2 mois P = 1 semaine		Nombres de retards fournisseurs - Nombres d'incidents de livraison	Nombre de commandes non conformes - Nombre de commandes dangereuses	Nombres de dysfonctionnements QSE traités / planifiés	Nombre d'intérimaires employés sur des tâches dangereuses	Nombres d'interventions QSE sur les équipements	
H = 2 semaines P = 1 jour		Durée moyennes d'une commande - Nombres de relances	Nombre de commandes urgentes dues à des problèmes QSE	Nombre de replanifications dues à des problèmes QSE	Taux d'absentéisme hebdomadaire - Nombre de congés maladie dus à des problèmes QSE	Nombre d'arrêts machine > 10' dus à des problèmes QSE	
H = 1 jour Temps réel		Nombre de dysfonctionnements traités en temps réel avec les fournisseurs	Nombre de problèmes QSE traités en TR sur les commandes	Nombre d'OF non lancés dus à des problèmes QSE	Nombre d'heures non travaillées dues à des problèmes QSE	Nombre d'arrêts machine dus à des problèmes QSE	

### Grille des IP QSE

Figure 28 : Liens entre le modèle de pilotage et la grille des IP QSE

Certains de ces indicateurs ont été implantés lors du cas d'application développé dans la thèse de Mohamed Bakiri [E28].

### 11.2.3. Performance des entreprises en réseau

De même que les travaux présentés précédemment, ce travail avait pour objectif de définir un ensemble cohérent d'indicateurs de performance, l'originalité venant de l'aspect réseau du système piloté.

Ces travaux, ont été développés sur la base du modèle de référence présenté dans la partie 10.2.3, et sur la base des indicateurs du modèle SCOR.

Le modèle SCOR offre plusieurs indicateurs de performance (metrics) et ce pour chacun des éléments de processus. Chaque indicateur de performance est lié à un domaine de performance (performance attribute) d'où nous pouvons ressortir les objectifs. Pour certains des éléments de processus, les meilleures pratiques sont indiquées ainsi que leurs caractéristiques. Nous avons utilisé ces meilleures pratiques afin de définir les variables de décision, c'est-à-dire les leviers d'action que nous pouvons utiliser pour s'adapter continuellement à une nouvelle situation.

D'autres travaux ont été utilisés pour définir ces indicateurs dédiés aux chaînes logistiques, parmi lesquels on peut citer les indicateurs (Oliver Wight 2005) (appelés aussi Class A / APICS), ou les cartes proposées par l'ECR (PWC 2002).

Cependant, hormis quelques indicateurs des quatorze proposés par ECR, tous les autres modèles ne proposent pas d'indicateurs partagés. La plupart des cinq cent indicateurs recensés dans les différents modèles et travaux se focalisent sur des performances, souvent logistiques, et intrinsèques à une entreprise.

Ainsi, l'originalité de mes travaux avec Céline Cabana, était de se focaliser sur des indicateurs partagés. Par rapport au modèle de référence présenté, ces indicateurs se placent donc au niveau du modèle de pilotage global du réseau.

Parmi les indicateurs partagés globaux définis, on peut citer :

- le temps de cycle global du produit
- le ratio de tension de flux global sur l'ensemble du cycle
- le nombre de commandes erronées par mois sur l'ensemble du réseau
- ...

Ces indicateurs ont ensuite fait l'objet d'une analyse de cohérence avec les objectifs et les variables de décision définis pour l'ensemble du réseau comme présenté dans le tableau de cohérence ci-dessous.

To manage MAKE		Centre de décision GM10 H=2 ans, P=6 mois		Analyse de cohérence interne	
OBJECTIFS	O1 : Augmenter la fiabilité de la production à 95%		**		
	O2 : Augmenter la flexibilité de la production de 10%			**	
	O3 : Diminuer les coûts d'inventaire des en-cours de 10%			*	**
	INDICATEURS	IP1 - % biennuel de précision du plan stratégique		IP2 – Temps de cycle complet d'un produit (début de fabrication à livraison)	IP3 – Coût total d'inventaire du stock d'en-cours
VARIABLES DECISION	VDSCOR1 – Etablir une procédure pour communiquer les problèmes immédiatement et s'assurer d'une réponse rapide		**	*	
	VD2 – Décider du site de production		**	*	

Lien fort (\*\*) / lien faible (\*) / aucun lien ()

Le problème de la mesure de la performance globale du réseau est d'une part la mise à disposition et de facto la confidentialité des mesures des différents maillons. Ce problème sera abordé dans les perspectives de recherche de la partie 12.3.2.

### 11.3. Formalisation et agrégation de la performance

L'intérêt d'un système de pilotage reste limité si on ne s'assure pas d'une cohérence forte dans le système. Cette cohérence doit permettre de prendre des décisions opérationnelles qui, par leur pertinence permettent de contribuer à l'atteinte de la performance globale du système piloté. Cette cohérence peut être globale au niveau de toute la structure décisionnelle ou locale au niveau intrinsèque d'un centre de décision.

Ces travaux sur la cohérence, commencés depuis le début de ma thèse, ont fait l'objet de nombreuses publications [A7] [A4] [A1] [C19] [C16] [C15] [C11] [D5] [U6] [U4] [U3].

Le pilotage du système à l'aide des centres de décision fonctionne sur la base d'objectifs. Ces objectifs sont liés entre eux dans la structure du modèle GRAI à travers les cadres de décision. Ainsi, la structure décisionnelle est cohérente si l'ensemble des objectifs liés aux centres de décision est cohérent. C'est le principe de la cohérence globale de la structure.

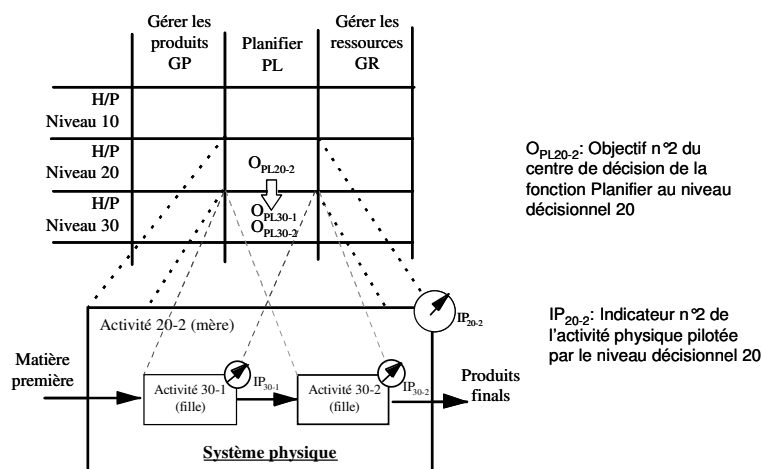


Figure 29. Equivalence entre cadre de décision au niveau du système de conduite et agrégation d'objectifs au niveau du système physique

Compte tenu du fait qu'un centre de décision pilote une partie du système physique avec une granulométrie dépendant de sa position dans la hiérarchie, analyser la cohérence des objectifs à travers les cadres de décision revient à analyser les relations d'agrégation entre objectifs dans le cadre du modèle multi-niveaux du système physique comme indiqué dans la figure 29.

L'objectif d'un centre de décision représentant la performance à atteindre par le système piloté, l'analyse de la cohérence des objectifs a été étudiée par une formalisation et une agrégation de la performance.

Mes travaux sur la formalisation de la performance proposent d'appréhender le système comme un vecteur de performances. Mais quels domaines de performance choisir ?

Les expressions différentes et très variées des objectifs quantitatifs d'un système entreprise font apparaître de nombreux domaines de performance, ces domaines étant souvent différents selon les niveaux décisionnels considérés.

Plusieurs études ont recensé les différents domaines existant dans une entreprise. On peut par exemple citer le projet ENAPS (European Network for Advanced Performance Studies) (ENAPS 1997) qui identifie 5 domaines différents :

- le coût,
- la qualité,
- le délai,
- la flexibilité,
- l'environnement.

Garvin (Garvin 1993) a également proposé l'élaboration d'une stratégie de production basée sur des priorités de cinq domaines de performance : coût, délai, qualité, flexibilité, service.

Cette classification des domaines de performance, bien que non exhaustive, représente essentiellement les domaines de performance stratégiques.

Cette classification est assez proche de celle de (Neely 1996) qui tient compte du coût, de la qualité, des délais et de la flexibilité, tout en laissant une petite place pour les "autres domaines de performance".

Dans la même typologie stratégique, (Hronec 1995) considère les trois domaines de base : coût, qualité, délai, mais en les déclinant, non pas du niveau stratégique au niveau opérationnel mais transversalement, de l'entreprise vers les processus, puis vers les hommes.

C'est pourquoi nous avons choisi de retenir un vecteur de performance Coût ( $C_1$ ), Délai ( $D_1$ ), Qualité ( $Tq_1$ ) bien qu'il en existe bien d'autres qui constitueraient une perspective pour ces travaux.

$$P_1 = \begin{bmatrix} C_1 \\ D_1 \\ Tq_1 \end{bmatrix}$$

Le besoin de cohérence se pose alors entre les performances à atteindre à un niveau donné de l'entreprise et les performances fixées pour les niveaux inférieurs.



On considère que l'espace de performance normal est défini par rapport aux objectifs stratégiques de l'entreprise (par exemple de nature Coût, Délai et Taux de Qualité). On établit la relation entre les deux niveaux de la façon suivante. Soient un centre de décision A avec un vecteur d'objectifs quelconque  $O_A$  et deux centres de décisions B et C cadrés par (sous la dépendance de) A possédant également chacun un vecteur d'objectifs quelconque  $O_B$  et  $O_C$ . Dans ce cas, les vecteurs d'objectifs normaux des trois centres de décision sont  $N_A.O_A$ ,  $N_B.O_B$  et  $N_C.O_C$  où  $N_A$ ,  $N_B$  et  $N_C$  sont les matrices de normalisation définies dans chaque cas en fonctions des objectifs qui constituent les vecteurs d'objectifs. Enfin, on a la relation :

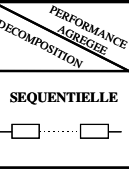
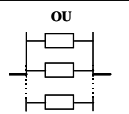
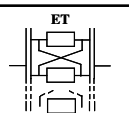
$$N_A.O_A = \Omega (C_B.N_B.O_B, C_C.N_C.O_C)$$

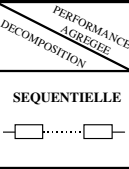
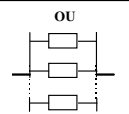
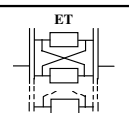
où  $C_B$  et  $C_C$  sont les matrices de contribution des centres de décision B et C et  $\Omega$  un opérateur pouvant prendre des expressions différentes en fonction de la topologie du système physique et de la nature de la performance.

Les composants topologiques élémentaires retenus sont la séquence, la divergence / convergence en OU et la divergence / convergence en ET.

Deux types d'agrégation sont possibles : lorsque les natures de performance des objectifs sont les mêmes – nous parlerons d'agrégation homogène – et lorsqu'elles sont différentes (un objectif de coût et un objectif de délai) – nous parlerons d'agrégation hétérogène dans laquelle nous agrégeons des coefficients de normalisation entre domaines de performance.

La figure 30 présente les opérateurs dans le cas des différentes typologies et de la nature de l'agrégation : homogène (a) ou hétérogène (b).

	C	D	Tq
SEQUENTIELLE	$\sum_{i=1}^p C_i$	$\sum_{i=1}^p D_i$	$\prod_{i=1}^p Tq_i$
	Max ( $C_1, \dots, C_p$ )	Max ( $D_1, \dots, D_p$ )	Min ( $Tq_1, \dots, Tq_p$ )
	$\sum_{i=1}^p C_i$	Max ( $D_1, \dots, D_p$ )	$\prod_{i=1}^p Tq_i$

	c	d	tq
SEQUENTIELLE	$\sum_{i=1}^p c_i$	$\sum_{i=1}^p d_i$	$\sum_{i=1}^p tq_i$
	Max ( $c_1, \dots, c_p$ )	Max ( $d_1, \dots, d_p$ )	Min ( $tq_1, \dots, tq_p$ )
	$\sum_{i=1}^p c_i$	$\sum_{i=1}^p d_i$	$\sum_{i=1}^p tq_i$

(a)
(b)

Figure 30 : Les opérateurs d'agrégation de performance homogène (a) et de coefficients de normalisation pour des performances hétérogène (b)

Dans le cas de la matrice (b), l'opérateur  $\Omega$  s'applique non pas sur des performance directement mais sur les coefficients de normalisation entre performance. C'est en cela que les expressions d'  $\Omega$  sont différentes dans les deux matrices.

Ces travaux ont été poursuivis dans le cadre du DEA d'Henri Kromm que j'ai encadré DEA [U3] et avec qui j'ai travaillé durant sa thèse et dans le cadre du DEA de Rachid Alami que j'ai aussi encadré [U5].

Dans le cadre de la thèse de Henri Kromm, nous avons cherché à évaluer la cohérence de la performance dans la conception du système, c'est-à-dire entre l'expression des performances en conception et en exploitation. La difficulté qui apparaît ici est que certaines performances obtenues lors de la conception sont intrinsèques au système sans pouvoir être influencées par l'exploitation. Ces travaux permettent dans un premier temps de définir le déploiement de la performance sur les étapes du cycle d'évolution d'un système [C14], [C15]. A chaque étape correspond une expression de la performance définie par différents critères (par exemple, Coût, Qualité, Délai). Afin d'évaluer l'évolution de la performance pour chaque critère lors de l'implantation des projets définis lors de la conception, différents types de projets sont considérés : les projets à effet final, pour lesquels la performance  $F(t)$  n'évolue qu'à la fin de leur implantation, et les projets à effet progressif dont la performance  $P(t)$  évolue progressivement à leur implantation.

On peut ainsi établir que pour un projet à effet final de durée  $D$  ayant démarré à la date  $d$ , la performance  $F(t)$  évolue depuis la performance initiale  $P$  vers l'objectif  $O$  :

$$F_{D,d}^{P,O}(t) = P + (O - P).u(t - D - d)$$

La performance finale est donc dans ce cas égale à la performance initiale augmentée d'un échelon  $u(t-D-d)$  de performance de retard  $D+d$  et d'amplitude  $O-P$  représentant la différence entre la performance initiale et la performance ciblée.

On peut aussi établir que pour un projet à effet progressif de durée  $D$  ayant démarré à la date  $d$ , la performance  $P(t)$  évolue depuis la performance initiale  $P$  vers l'objectif  $O$  :

$$P_{D,d}^{P,O}(t) = P + \frac{O}{D}t.[u(t - d) - u(t - D - d)]$$

Dans ce cas, la performance finale est donc égale à la performance initiale augmentée d'une rampe de pente  $O/D$  et qui prend effet entre  $d$  et  $D-d$ .

Ainsi, pour un critère donné, en considérant  $n$  projets à effet final de durée  $D_i$  démarrant à  $d_i$  et  $m$  projets à effet progressif de durée  $D_j$  démarrant à  $d_j$ , la performance  $X(t)$  évolue vers l'objectif  $O$  depuis la valeur initiale  $P_{init}$  :

$$X(t) = P_{init} + \sum_{i=1}^n F_{i,D_i,d_i}^{P,O}(t) + \sum_{j=1}^m P_{j,D_j,d_j}^{P,O}(t)$$

La deuxième application de mes travaux concerne l'analyse de la cohérence entre les fonctions et les processus d'entreprise. Ces travaux, effectués dans le cadre du DEA de Nicolas Daclin que j'ai encadré, proposent une démarche globale dans laquelle les mécanismes d'agrégation développés pour les fonctions sont généralisés à la performance des processus pour permettre la comparaison des performances agrégées [U6].

Les formules d'agrégation de la performance des processus ( $C_p$ ,  $D_p$ ,  $Tq_p$ ) ont été élaborées pour une agrégation homogène et pour trois cas différents :

- le cas pessimiste,
- le cas réel où les activités réellement effectuées dans le cadre de la topologie OU
- le cas où le décideur veut optimiser l'enchaînement des activités. Dans ce cas, la technique du Branch and Bound a été testée et donne des résultats intéressants

Les formules sont présentées ci-après :

Nature \ Topologies	Cp	Dp	Tqp
Séquence	$\sum_{i=1}^n C_i$	$\sum_{i=1}^n D_i$	$\prod_{i=1}^n T_{qi}$
OU	1 <sup>er</sup> cas : $\text{Max}(C_1, \dots, C_n)$ 2 <sup>ème</sup> cas : $\sum_{i=1}^n C_i$ 3 <sup>ème</sup> cas : recherche de la solution ou d'une solution satisfaisante	1 <sup>er</sup> cas : $\text{Max}(D_1, \dots, D_n)$ 2 <sup>ème</sup> cas : $\sum_{i=1}^n D_i$ 3 <sup>ème</sup> cas : recherche de la solution ou d'une solution satisfaisante	1 <sup>er</sup> cas : $\text{Min}(T_{q1}, \dots, T_{qn})$ 2 <sup>ème</sup> cas : $\prod_{i=1}^n T_{qi}$ 3 <sup>ème</sup> cas : recherche de la solution ou d'une solution satisfaisante
ET	$\sum_{i=1}^n C_i$	$\text{Max}(D_1, \dots, D_n)$	$\prod_{i=1}^n T_{qi}$

Figure 31 : Performances des processus à partir des performances des activités

Les travaux présentés dans cette partie font essentiellement référence à la performance en termes de Coût, Délai, Qualité.  
 La partie suivante va s'intéresser à la performance en termes d'interopérabilité.

### 11.3.1. L'interopérabilité comme une performance intrinsèque d'un système

Depuis quelques années, la notion d'interopérabilité apparaît fondamentale et au même niveau que celle d'intégration. Depuis 2003, le groupe GRAI s'est impliqué dans ce domaine à travers le réseau thématique IDEAS (Interoperability Development for Enterprise Application and Software - Roadmaps - IST 2001-37368) (IDEAS 2002) sur les parties qu'il maîtrise le mieux : la modélisation d'entreprise, l'approche décisionnelle et l'évaluation de la performance, la gestion de l'évolution et le paramétrage d'outils informatiques support dans le développement de l'interopérabilité des entreprises collaboratives. Cette recherche a véritablement démarré dans le Réseau d'Excellence INTEROP (6<sup>°</sup>PCRD) présenté dans la première partie de ce document et se poursuit à l'heure actuelle dans le cadre de plusieurs thèses et du laboratoire virtuel INTEROPVlab.

Dans cette problématique, l'originalité de mes travaux a été de considérer l'interopérabilité entre les acteurs d'un système décisionnel ou d'un processus comme une performance à améliorer pour mieux coopérer.

En vertu des principes que j'ai adoptés tout au long de mes travaux, l'amélioration de la performance passe d'abord par la mesure de cette performance et donc par l'utilisation de modèles pour caractériser la performance souhaitée.

C'est pour cela que ce travail s'est focalisé sur la caractérisation d'une part et la mesure d'autre part de l'interopérabilité des entreprises en réseau à travers les travaux de thèse de Séverine Blanc que j'ai co-encadrés [T1].

De nombreuses définitions de l'interopérabilité existent dans la littérature mais nous sommes partis de celle acceptée par l'IEEE et le projet ATHENA (IEEE 90) (ATHENA 2004) :

« *L'interopérabilité est La capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées* ».

Les problèmes d'interopérabilité entre deux systèmes devant coopérer peuvent être classés en différentes catégories [C32], [C36]:

- l'interopérabilité sémantique, qui couvre les problèmes liés à la signification et à la compréhension du langage, qu'il soit verbal ou informatisé,
- l'interopérabilité matérielle, qui couvre les problèmes de compatibilité physique et logicielle,
- l'interopérabilité organisationnelle, couvrant les problèmes liés aux pratiques de travail.

Plusieurs techniques, mises en commun en particulier dans le projet INTEROP sont susceptibles de résoudre des problèmes d'interopérabilité selon ces différents points de vue :

- les ontologies, au sens informatique du terme, en tant qu'ensemble structuré de concepts permettant de donner un sens aux informations échangées. Les ontologies peuvent être considérées alors comme des modèles de données qui représentent un ensemble de concepts dans un domaine particulier à étudier ainsi que les liens entre ces concepts.
- Les architectures et plateformes informatiques, en tant que techniques permettant de définir et d'implanter des outils et logiciels compatibles et offrant les services attendus
- La modélisation d'entreprise, permettant de modéliser et d'améliorer les pratiques.

Mon travail dans le domaine de l'interopérabilité, s'est focalisé sur l'interopérabilité organisationnelle en utilisant les techniques de modélisation d'entreprise.

Plusieurs solutions sont possibles pour résoudre l'interopérabilité des pratiques par l'utilisation des modèles comme le montre la figure 32 [A6], [C37].

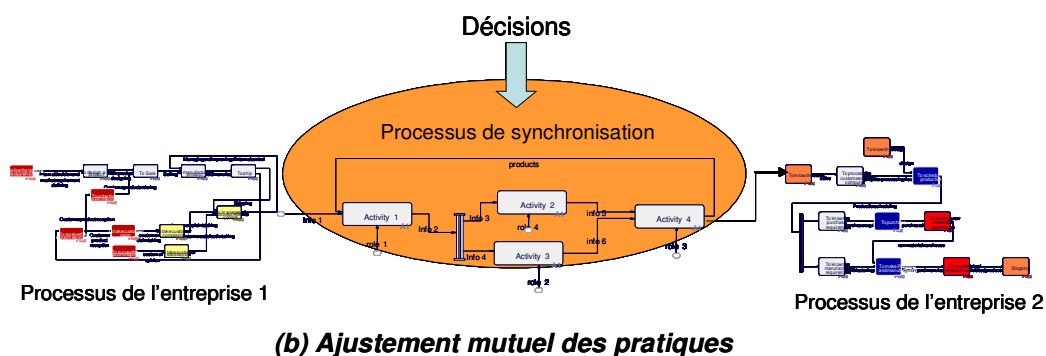
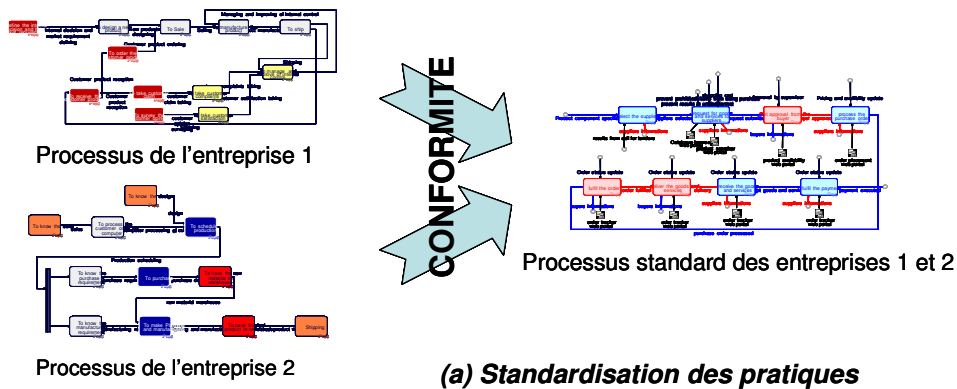


Figure 32 : Deux solutions pour l'interopérabilité des pratiques

Dans le cas (a), les deux systèmes standardisent totalement leurs pratiques ce qui les contraint à revoir leur fonctionnement en totalité. Se pose alors le problème de la réversibilité de l'action d'interopérabilité.

Dans le second cas, les systèmes se contentent de mettre en œuvre un processus permettant de synchroniser les pratiques à la frontière de la collaboration. Ainsi, lorsque les entreprises décident de stopper leur collaboration, elles peuvent recouvrer facilement leur fonctionnement initial. L'élaboration de ce processus de synchronisation est facilitée en particulier lorsque les langages de modélisation sont identiques entre les deux modèles d'entreprise.

Notre travail s'est plus précisément positionné dans le second cas, l'interopérabilité étant pour nous, comme toute performance, sujette à être reconsidérée en fonction des objectifs de l'entreprise.

### *Caractérisation de l'interopérabilité*

Comme je l'ai souligné, la première étape du travail a été de trouver une méthode pour caractériser l'interopérabilité organisationnelle par l'utilisation de la modélisation d'entreprise. Cette caractérisation est une condition indispensable pour pouvoir mesurer le niveau d'interopérabilité entre les deux systèmes.

De nombreux modèles existent pour mesurer un niveau d'interopérabilité notamment basés sur les modèles de maturité.

Les premiers travaux d'élaboration d'un modèle de maturité ont été développés à partir de 1986 par le Software Engineering Institute (SEI) sous le nom de « Capability Maturity Model » (CMM) (Paulk, 1995). Les objectifs consistaient à évaluer les processus d'entreprise puis à identifier des bonnes pratiques pouvant aider à augmenter la maturité des processus. D'autres approches similaires ont été proposées dans des domaines différents : le « NASCIO Enterprise Architecture Maturity Model » (NASCIO, 2003), l'« Extended Enterprise Architecture Maturity Model » (IFEAD, 2004), et le « Service Oriented Architecture Maturity Model » (Bachman, 2005). Ces différentes approches se sont avant tout attachées à caractériser de façon générale la maturité des systèmes. Elles n'ont pas été développées spécifiquement pour l'interopérabilité.

Le modèle LISI (Levels of Information Systems Interoperability) (C4ISR, 1998) est la première approche ayant été précisément développée pour mesurer l'interopérabilité des systèmes d'information. Il a été initié à la demande du Département de la Défense des Etats-Unis d'Amérique dans le but d'améliorer l'interopérabilité des armées sur un théâtre d'opérations. Le modèle LISI est défini selon cinq niveaux de maturité qui doivent permettre l'évaluation du degré potentiel d'interopérabilité entre deux systèmes. Chaque niveau consiste en des caractéristiques liées à l'interopérabilité. Il s'agit donc de comparer les caractéristiques des systèmes qui doivent interopérer à celles des niveaux du modèle LISI.

Le modèle LCIM (Levels of Conceptual interoperability Model) (Tolk, 2003) propose une approche plus conceptuelle. Il se focalise sur la qualité de documentation des données qui vont être échangées, et sur la qualité des interfaces entre les systèmes interopérants.

Enfin, notons également les travaux de Clark *et al.* (Clark, 1999 ; Clark, 2001) sur le modèle OIMM (Organisation Interoperability Maturity Model), permettant de mesurer la maturité pour l'interopérabilité organisationnelle.

Plus récemment au niveau européen, dans le cadre du projet intégré ATHENA, l'« Enterprise Interoperability Maturity Model » (EIMM) a été développé sur la base du CMM (ATHENA, 2005a). L'objectif de l'EIMM est d'améliorer l'aptitude d'une entreprise à pouvoir interopérer avec d'autres en évaluant la maturité de cette entreprise selon d'une part, les différents niveaux de l'entreprise et, d'autre part des caractéristiques et indicateurs de l'interopérabilité.

L'OIMM est particulièrement intéressant pour nous car relié à l'interopérabilité organisationnelle choisie dans ces travaux de thèse.

L'OIMM, a été développé pour étendre le modèle LISI au-delà des problèmes technologiques. Son développement est parti du constat que le modèle LISI se focalise sur l'aspect technique de l'interopérabilité et ne tenait pas compte de l'aspect organisationnel. Cinq niveaux de maturité organisationnelle, ont été définis dans le cadre du modèle OIM.

#### **Niveau 0 – Indépendant.**

Les organisations sont indépendantes. Aucun échange n'est prévu ni anticipé. Les interactions entre les organisations se font uniquement entre des personnes.

#### **Niveau 1 – Ad hoc.**

A ce niveau d'interopérabilité, seul un cadre organisationnel limité est placé pour des actions ponctuelles entre les organisations.

#### **Niveau 2 – Collaboratif.**

Un cadre pour supporter l'interopérabilité est en place. Les objectifs, les rôles et les responsabilités sont assignés. Les organisations restent cependant distinctes.

#### **Niveau 3 – Combiné.**

Le niveau combiné est aussi appelé niveau intégré. Les organisations partagent leurs systèmes de valeurs, leurs objectifs et sont préparées à interopérer.

#### Niveau 4 – Unifié.

Le niveau unifié est celui dans lequel les objectifs, les systèmes de valeurs, les structures de décisions et les connaissances de base sont partagés par les organisations.

L'originalité des travaux de S. Blanc a été de partir des modèles d'entreprise, en l'occurrence des modèles proposés dans GIM (Grai Integrated Method) pour les transformer en graphes et pouvoir ensuite appliquer des règles sur ces graphes comme indiqué dans la figure 33 ci-dessous [C39] :

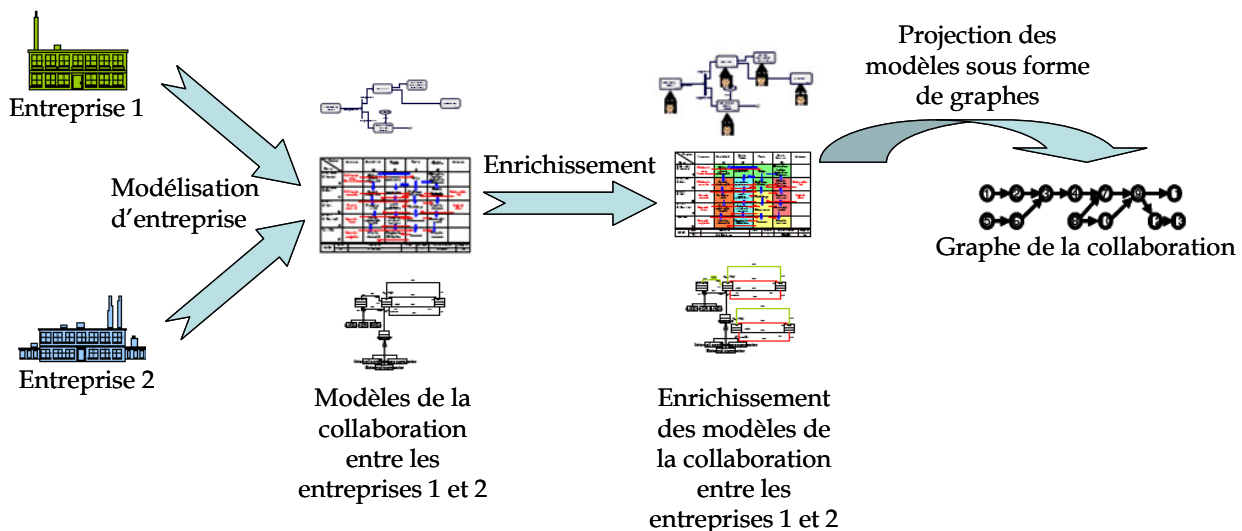


Figure 33: Démarche de caractérisation de l'interopérabilité

L'intérêt d'utiliser des graphes était de n'extraire des modèles d'entreprise que les informations nécessaires à l'étude de l'interopérabilité et d'avoir une vision claire, détaillée et exhaustive des échanges effectués selon le point de vue désiré (produit, information, décision...).

Ainsi, les graphes constituent un outil de caractérisation de l'interopérabilité unique, générique et indépendant des langages utilisés pour la modélisation.

Deux problèmes se posent alors :

- comment projeter les modèles d'entreprise sous forme de graphes
- quelles règles définir pour analyser les graphes et en détecter les problèmes liés à l'interopérabilité.

#### *Projection des modèles en graphes*

L'objectif du travail étant d'étudier l'interopérabilité entre deux systèmes, les modèles considérés devaient être les modèles de coopération entre ces deux systèmes.

La première étape de la projection a été de déterminer les différents types d'échanges qui doivent être représentés dans les graphes [C45]. Ces échanges sont présentés dans le figure 34 :

- : **Echange de produit**
- : **Retour du produit**
- .....▶ : **Cadre de décision**
- =====> : **Echange d'information**
- =====> : **Retour de l'information**

Figure 34 : Les différents types d'échanges

Partant du principe que la transformation de modèles est avant tout une transformation de ses éléments conceptuel, nous sommes partis des méta-modèles des langages de modélisation d'entreprise pour étudier les mécanismes de projection comme indiqué aussi dans [C44].

Dans chacun des méta-modèles, élaborés pour la plupart dans le projet UEML (UEML 2003), nous avons ensuite sélectionné les concepts qui nous semblaient intéressants à projeter. Une fois les concepts sélectionnés, nous avons défini des règles de transformation.

#### *Enrichissement des modèles*

Certains modèles ne contenaient pas suffisamment de connaissance pour pouvoir obtenir un graphe exploitable d'un point de vue de l'interopérabilité recherchée.

Par exemple, une grille GRAI, qui est un modèle conceptuel, ne permet pas de représenter normalement les décideurs impliqués dans chaque décision. Ainsi, dans le cadre d'une étude de l'interopérabilité organisationnelle, cette information était importante et manquante. De la même manière, les processus modélisés à l'aide des actigrammes étendus ne présentaient pas obligatoirement les ressources impliquées mais souvent les classes de ressources pouvant entraîner ainsi un manque de vision des échanges entre ces ressources.

Ainsi, il a fallu préciser les mécanismes d'enrichissement préconisés pour chacun des modèles de GIM.

La figure 35 montre l'exemple d'enrichissement et de projection d'une grille GRAI.

Dans ce cas, du fait de cette insuffisance de la grille GRAI, le nom des décideurs est venu enrichir le modèle originel.



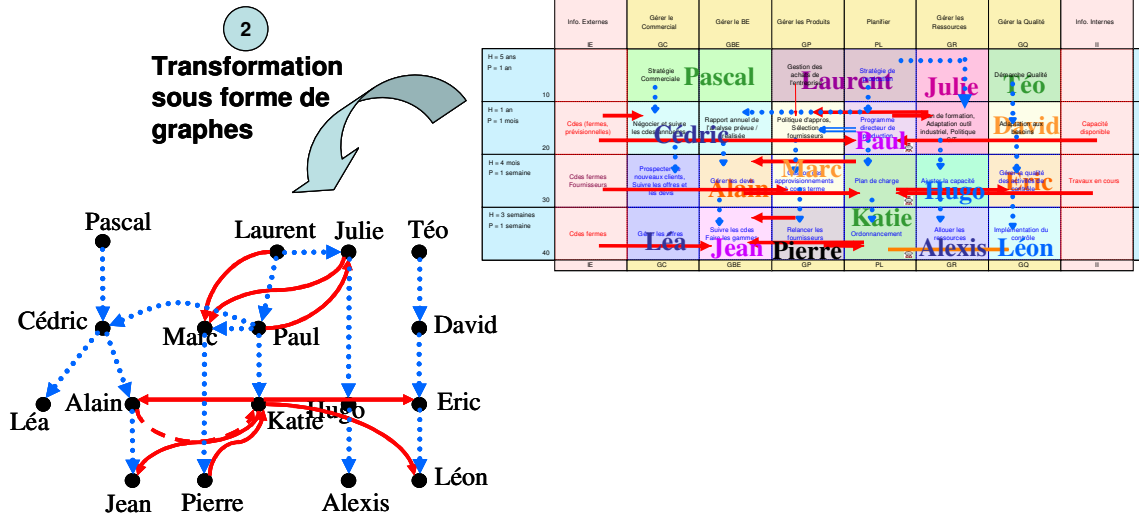
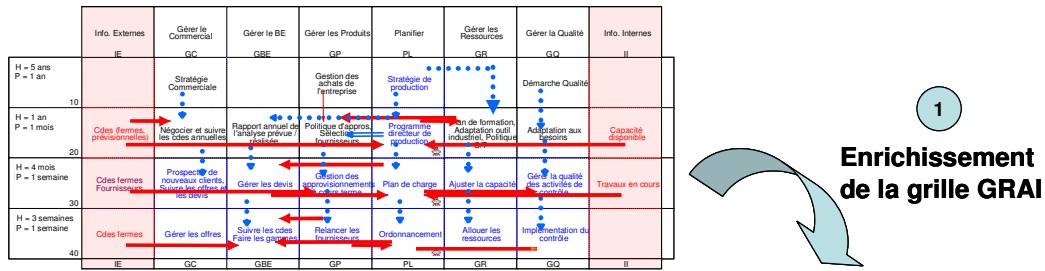


Figure 35 : Principe et exemple de projection d'une grille GRAI sous forme de graphe

Une fois le graphe construit, il faut appliquer des règles de détection de l'interopérabilité.

Ces règles ont été élaborés sur la base des travaux existant dans le domaine de la théorie des graphes résumés dans (Gondran 1995).

### Règles génériques d'interopérabilité

Les règles définies pour détecter les problèmes d'interopérabilité ont été construites à partir de règles de base d'analyse de graphes. Quatre règles ont été définies permettant :

- De vérifier l'existence d'une boucle de retour pour chaque nœud du graphe,
- D'identifier les nœuds critiques (ou goulets d'interopérabilité),
- De rechercher le plus long chemin dans le graphe (en termes de temps),
- De rechercher le chemin où le risque de non-interopérabilité est le plus grand, c'est-à-dire le chemin:
  1. ayant le plus grand nombre d'arcs,
  2. pour lequel les nœuds qui le composent totalisent le plus grand nombre de connexions avec les autres nœuds du graphe,
  3. qui comptabilise le plus grand nombre d'échanges dans un laps de temps donné en prenant en compte la période indiquée sur chaque lien,

Cependant, deux systèmes peuvent arriver à une interopérabilité à condition de déployer des ressources en plus ou moins grande quantité.

Ainsi, le deuxième critère qui nous a intéressé était l'effort à déployer pour atteindre l'interopérabilité, conduits par la définition donnée par le ReX INTEROP : « L'interopérabilité est la capacité pour un système ou un produit à travailler avec les autres systèmes ou produits sans effort particulier de la part du client » (INTEROP 2005).

La démarche en deux temps choisie comporte les étapes suivantes. Pour chaque lien du graphe, il est nécessaire de mesurer :

1. l'interopérabilité actuelle,
2. l'effort développé pour permettre l'interopérabilité actuelle

L'interopérabilité actuelle se mesure grâce à deux échelles, l'une dédiée aux informations de tout type échangées informatiquement ou pas (a), l'autre dédiée aux produits (b) comme indiqué dans le figure 36 :

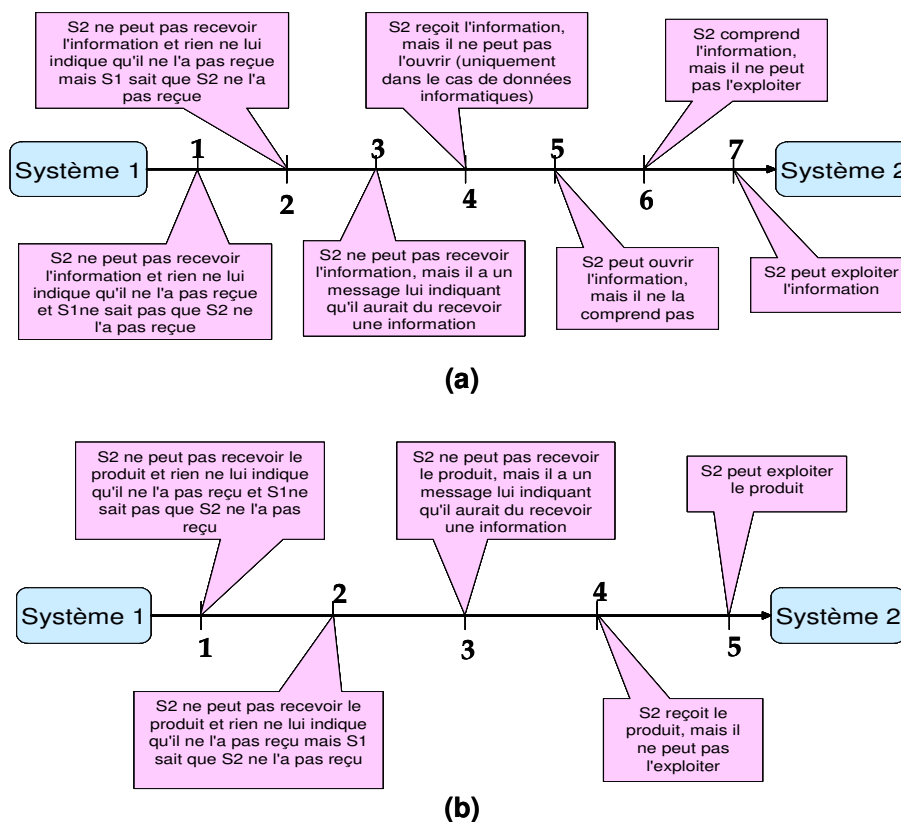


Figure 36 : Les échelles de mesure de l'interopérabilité entre deux systèmes

On peut par exemple faire le parallèle entre les niveaux du modèle OIM et les niveaux proposés dans la figure 36 (a) :

Niveaux modèle OIM	Niveau définis par S. Blanc
Indépendant	1
Ad hoc	2
Collaboratif	3,4
Combiné	5,6
Unifié	7

Lorsque l'interopérabilité est effective, c'est-à-dire lorsque le niveau actuel est de 7 pour les informations ou 5 pour les produits, alors des critères servant à mesurer l'effort pour maintenir cette interopérabilité ont été définis. Les critères d'effort peuvent être de trois types :

- Liés à l'interopérabilité sémantique
- Liés à l'interopérabilité informatique
- Liés à l'interopérabilité organisationnelle

On construit un tableau notant les efforts pour chaque lien du graphe comme indiqué dans la figure 37.

Liens du graphe	Critères d'effort (S,I,O)			
Numéro du lien	Nom du premier critère	Nom du second critère	...	Moyenne des notes par lien
Lien N°1	Note	Note	Note	
Lien N°2	Note	Note	Note	
...	Note	Note	Note	
Moyenne des notes par critère				

Figure 37 : Notation de chaque effort pour maintenir l'interopérabilité de chaque lien du graphe

La notation dépend de l'appréciation des décideurs mais plus la note est élevée, plus l'effort est conséquent. Par exemple une échelle de 0 à 5 peut être établie, proportionnellement à l'effort à fournir :

0. Aucun effort
1. Très peu d'effort
2. Peu d'effort
3. Effort moyen
4. Effort conséquent
5. Effort intense

La validation de ces travaux s'est faite dans le cadre du projet ATHENA (IST-2004-507849) décrit dans la partie précédente et a constitué le dernier chapitre de la thèse [T1].

La performance mesurée ici est aussi appelée « Performance de compatibilité d'interopérabilité » dans les travaux de Nicolas Daclin (Daclin 2007) qui considère aussi une performance d'interopérabilité potentielle d'un système quelque soit le système avec lequel il doit coopérer et une performance opérationnelle d'interopérabilité, reliée à la contribution de l'interopérabilité à l'atteinte des objectifs en termes de Coût, Qualité, Délai.

#### 11.4. Conclusion des travaux réalisés

Les travaux présentés dans ce chapitre ont tous pour objectifs d'améliorer la performance des systèmes de production.

L'amélioration est basée sur deux outils principaux :

- des modèles de référence permettant de définir des règles génériques de fonctionnement, et pouvant être instanciés pour s'adapter aux différents systèmes
- des indicateurs de performance pouvant être de nature différente, et définis sous la forme d'un système cohérent sur la base des modèles d'entreprise.

L'originalité des travaux présentés se situe principalement dans les systèmes modélisés, entreprises en réseau, ou entreprises de production de masse personnalisée, et dans les critères de performance considérés, coût, qualité, délais mais aussi sécurité, environnement et interopérabilité, de manière intégrée.

L'interopérabilité, domaine récent de recherche au niveau du GRAI, a été traitée sous son aspect performance mais toujours en s'appuyant sur les modèles. Simplement, ces modèles ont été projetés sous forme de graphes pour faciliter l'analyse et la mesure.

La partie suivante va présenter les travaux futurs que je propose de diriger dans ces domaines de la modélisation et de la performance des systèmes.

## 12 Programme de recherches futures : Vers une meilleure appropriation des systèmes d'indicateurs de performance par les acteurs de l'entreprise

### 12.1. Introduction

Le programme des recherches futures qui va être présenté dans cette partie est dans la continuité des travaux relatifs à la modélisation d'entreprise et à la performance présentés précédemment. Il a pour objectif de couvrir des parties qui n'ont pas encore été traitées pour des raisons de choix dans les priorités de recherche, soit des parties qui correspondent à des problématiques nouvelles découlant notamment des travaux reliés au ReX INTEROP et maintenant au Laboratoire Virtuel qui en est l'émanation : INTEROP VLab.

Le fils conducteur général de ces travaux est de contribuer à faciliter l'appropriation des systèmes d'indicateurs de performance par les acteurs de l'entreprise quels que soient leur fonction, leur processus ou leur niveau décisionnel.

En effet, le domaine de la mesure de performance est exploré depuis plus de vingt ans comme nous l'avons signalé précédemment et la recherche dans ce domaine a donné naissance à de nombreuses méthodes pour définir et implanter des indicateurs de performances.

Historiquement, ces méthodes ont été développées indépendamment, tout d'abord sous l'impulsion des industriels et ont ensuite été le fruit d'une recherche plus académique. Cela explique pourquoi les aspects méthodologiques et pragmatiques ont souvent été prépondérants sur les aspects académiques.

Les premières méthodes, orientées vers la mesure des coûts sont basées sur des théories financières, de comptabilité ou de marketing, ou sur d'autres méthodes visant à définir une stratégie d'entreprise. Les suivantes, sous l'impulsion des gestionnaires industriels, ont été davantage basées sur la théorie des systèmes, et sur la théorie de la gestion de production, en fonction de l'origine de leur(s) auteur(s).

Parmi toutes les méthodes développées, plus ou moins connues et utilisées au plan national et international, nous pouvons citer les plus répandues telles le Balanced Score Card (Kaplan, 1996) l'une des plus ancienne, développée depuis le début des années 1980 et dont la troisième génération a vu le jour récemment, basée sur la satisfaction de la stratégie d'entreprise, ou la méthode Performance Prism (Neely, 2002) basée sur la satisfaction de toutes les parties prenantes de l'entreprise (les stakeholders), ou enfin la méthode ECOGRAI dont j'ai parlé précédemment, développée depuis le milieu des années 1980 (Bitton 90) et sur laquelle j'ai beaucoup travaillé [A2], [A7], [B4], [C2], [C4], [C12], [C27], [C33], [C48]. Certaines autres ont été développées au niveau européen comme les méthodes IPMS (Bititci 1997), Medori (Medori 1998) ou DPMS (Ghalayini 1997).

Au total, plus de trente méthodes ont été recensées dans ce domaine [C42].

Cet historique à la fois industriel et académique explique en partie le fait que ces méthodes, très diverses, peuvent contenir des concepts communs.

De nombreuses études ont révélé les problèmes lors de l'implantation des systèmes d'indicateurs de performance parmi lesquelles on peut citer (Bourne, 2005) ou (Folan 2005).

Les principales critiques aux systèmes d'indicateurs existants sont :

- trop d'indicateurs implantés de façon générique, sans se soucier des spécificités de l'entreprise concernée,
- des indicateurs qui ne couvrent pas tous les niveaux décisionnels ou toutes les fonctions et processus de l'entreprise conduisant ainsi à des disparités de traitement et de pression entre employés
- des indicateurs définis par des consultants extérieurs au système sans l'appui des futurs utilisateurs se qui entraîne un manque d'appropriation,
- des indicateurs difficiles à mettre à jour et donc à exploiter
- des indicateurs difficiles à comprendre car non exprimés dans l'unité d'œuvre du processus concerné
- des indicateurs pour lesquels les employés sur le terrain n'ont pas les moyens d'action pour réagir ce qui entraîne des frustrations fortes dans la mesure de performance qui est subie et pas anticipée.

A cette liste, on peut ajouter le constat du comité d'experts productique, qui a identifié comme déficit scientifique fort, le besoin de cadres génériques d'analyse de performances de systèmes réticulaires de grande dimension (CEP 2007).

Les problèmes qui se posent sont de trois types :

- des problèmes liés aux méthodes utilisées : En effet, aucune méthode n'est complète par rapport au besoin en termes de définition et d'implantation. Par exemple, la méthode ECOGRAI développée au GRAI comporte des faiblesses pour aider à l'implantation des outils décisionnels.
- des problèmes liés aux modèles et aux outils décisionnels supportant l'analyse de la performance des entreprises en réseau. En effet, une multitude d'outils existent, plus ou moins complets, plus ou moins faciles à utiliser, et plus ou moins interopérables avec les systèmes d'information et les bases de données existantes dans les outils logiciels existant (ERP, MES, APS...). Ainsi, les données analysées peuvent être partielles et ne pas aider correctement les décideurs dans leurs prises de décision. D'autre part, des problèmes de confidentialité et de partage de données de performance existent et sont loin d'être résolus.
- des problèmes liés à une définition claire de l'intérêt d'utiliser un SIP dans l'entreprise et notamment la liaison entre le SIP et la gestion de l'évolution de l'entreprise.

Les travaux actuels se sont beaucoup appuyés sur la méthode ECOGRAI et nous proposons d'aller plus loin dans ces trois domaines en définissant principalement trois perspectives de recherche à long terme.

Ces perspectives de recherche couvrent essentiellement trois domaines :

- **le domaine méthodologique par une intégration macroscopique des méthodes de définition et d'implantation des systèmes d'indicateurs de performance.** Ce travail doit avoir pour objectif de *mettre de l'ordre* dans les différentes méthodes qui existent aux

niveaux national et international et d'améliorer la méthode ECOGRAI qui a été développée maintenant depuis plus de quinze ans,

- **Le domaine de l'implantation des systèmes d'indicateurs de performance et de leur intégration.** Ce travail a pour objectif d'étudier des mécanismes pour faciliter l'implantation des SIP dans des systèmes d'information en réseau et interopérables dans le cadre de la mesure de la performance des systèmes en réseau.
  
- **Le domaine de la gestion de l'évolution des entreprises en réseau vers l'interopérabilité.** Ce travail, en ligne directe avec ceux effectués précédemment au GRAI, dans les thèses de Nicolas Malhéné et de Séverine Blanc, ainsi qu'avec celui effectué dans le projet INTEROP, a pour objectif de définir les mécanismes pour permettre aux entreprises de pouvoir évoluer rapidement pour pouvoir travailler ensemble sur une durée limitée à moindre coût. L'originalité de ces travaux est d'envisager l'ingénierie des différents systèmes devant évoluer en partant de leur performance, soit générale (orientée coût, délai, qualité), soit en terme d'interopérabilité.

### *12.2. Aspects méthodologiques : Intégration macroscopique des méthodes de définition et d'implantation de systèmes d'indicateurs de performance*

Plusieurs études ont été menées pour comparer certaines de ces méthodes selon différents points de vue. Par exemple, (Kihn 2004) a classé ces méthodes selon trois catégories: les méthodes à vocation financière, celles centrées sur les clients et celles sur le pilotage des systèmes, concluant que chacune avait ses propres avantages pour obtenir un SIP cohérent.

Dans (Franco 2004), dix sept définitions extraites des méthodes existantes ont été recensées sur ce qu'est un SIP. Cette analyse a été menée sur ce que doit contenir un SIP, sur son rôle dans l'organisation d'un système, et sur la manière de l'utiliser. Les principales conclusions sont qu'un SIP doit être multi-dimensionnel (financier et non financier), doit inclure des objectifs stratégiques, des cibles de performance et être supporté par une infrastructure informatique.

D'autres études ont aussi été menées par (Franco 2004) ou (Martinez 2006) pour comparer d'autres méthodes.

En conclusion de ces études et de celles que j'ai pu aussi mener dans mes recherches [B4], [C35], [C48], on a noté que plusieurs points récurrents existent dans toutes les méthodes comme par exemple l'existence d'une approche méthodologique composé d'étapes pour construire un SIP, même si ces étapes ne sont pas toujours identiques. Certains points sont, a contrario, spécifiques à une méthode en particulier, mais pourraient être bénéfiques à d'autres. Par exemple, la définition des moyens d'actions dans l'approche d'ECOGRAI pourrait être propice dans une méthode comme le Balanced Score Card pour permettre d'identifier les éléments qui permettent d'atteindre une stratégie.

Ces études m'ont ainsi permis de conclure :

- qu'aucune méthode, même la plus répandue, n'est complète,
- que chaque méthode peut être améliorée en se nourrissant des autres méthodes existantes

L'objectif de ce travail prospectif de « benchmarking de pratiques méthodologiques », commencé dans le cadre de la thèse de Michel Ravelomanantsoa [T3] que je co-dirige, est de recenser toutes les méthodes existantes, d'en faire une comparaison et d'en dégager, à l'instar de GERAM (Geram 1999), un *méta-cadre* organisant les principaux concepts constituant les approches existantes.

GERAM (Generalised Enterprise Reference Architecture Methodology) a été développée par la Task Force « Architecture for Enterprise Integration » constituée par l'IFAC (International Federation of Automatic Control) et l'IFIP (International Federation for Information Processing) en s'appuyant initialement sur trois méthodes : CIMOSA, GIM et PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) développée aux Etats-Unis par l'université de Purdue.

GERAM propose une organisation des principaux concepts constituant les approches existantes. In fine, elle s'articule autour d'un ensemble de macro-composants (formalismes, démarches, modèles de références, etc.) permettant de couvrir les domaines relevant de l'ingénierie et de l'intégration en entreprise. La plupart de ces composants s'appuie donc sur des travaux déjà largement reconnus en modélisation d'entreprise.

A notre connaissance et comme présenté dans (Vernadat 2007), il existe d'autres cadres de modélisation d'entreprise dédiés à l'ingénierie d'entreprise tels que celui de GIM (Vallespir 2004) ou le cadre CIMOSA (AMICE 1993) ou PERA (Williams 1994), ou des cadres dédiés aux systèmes d'information tels que le « framework » Zachman (Sowa 1992) ou CEAF (Common Enterprise Architecture Framework) (CEAF 2005) ou DoDAF (Department of Defense Architecture Framework) (DoDAF 2003) ou enfin FEA (Federal Enterprise Architecture) (OMB 2006) dédiés à l'e-gouvernance. Cependant, GERAM est le seul méta-cadre, c'est-à-dire le seul cadre fédérateur de méthodes.

L'originalité du travail proposé est vraiment de travailler au niveau d'un méta-cadre au lieu de travailler au niveau des méthodes et de comparer simplement les méthodes une à une. C'est aussi l'approche suivie par le consortium OMG (Object Management Group) dans le développement des différents modules de la méthode UML (OMG 2003). Cette approche évite les redondances et les chevauchements entre les futurs composants du méta-cadre.

Le principe du travail attendu est ainsi résumé dans la figure 38 ci-dessous.

La difficulté de ce travail est à la fois de désassembler les méthodes existantes et de trouver des composants communs.

Pour définir ces composants, le méta-cadre choisi, par exemple GERAM, pour servir de base à ce travail peut aussi influencer le regroupement des composants.

L'intérêt de partir d'un méta-cadre existant a cependant l'avantage de ne pas partir de zéro quand à la définition des modules, GERAM étant issu des méthodes de modélisation d'entreprise, domaine connexe aux méthodes dédiées aux SIP comme nous l'avons expliqué dans la partie précédente.



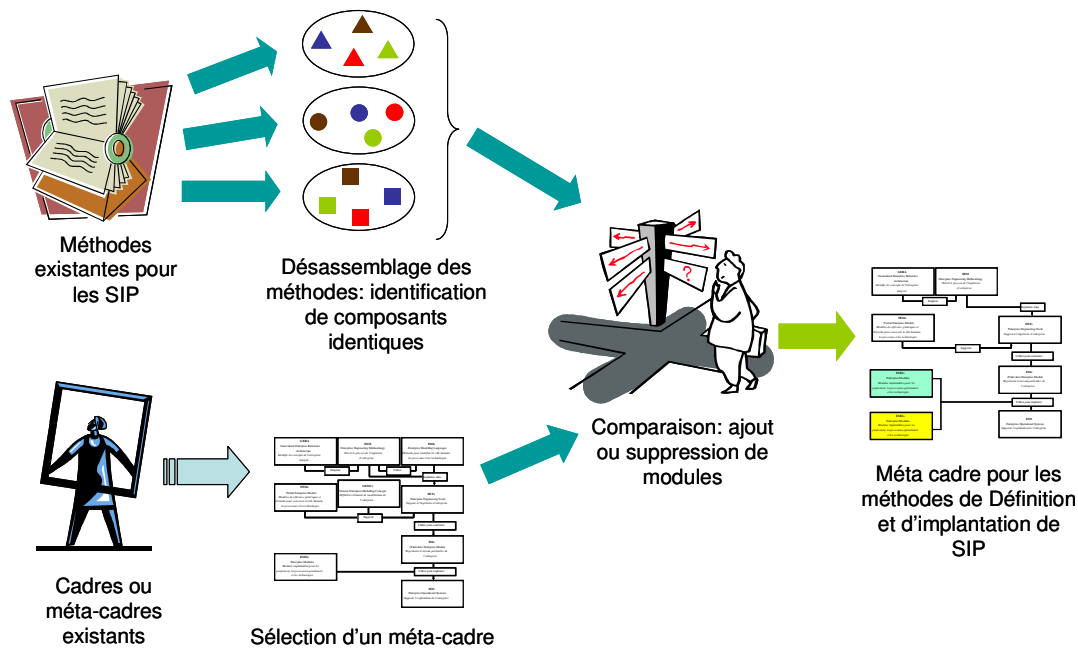


Figure 38 : Démarche prévue pour la définition d'un méta cadre pour les méthodes dédiées aux SIP

L'objectif de ce travail n'est en aucun cas de redéfinir une nouvelle méthode mais de construire un cadre permettant d'intégrer des composants communs et de combiner des méthodes existantes. Dans un dernier temps, ce cadre nous permettra d'améliorer la méthode ECOGRAI et d'appliquer cette méthode ECOGRAI\* sur un cas réel.

### 12.3. Intégration et implantation des Systèmes d'Indicateurs de Performance

Nous avons vu dans le paragraphe précédent qu'il existe un grand nombre de méthodes dédiées à la conception des Systèmes d'Indicateurs de Performance (SIP). Toutes ces méthodes insistent sur la démarche pour définir les indicateurs mais pas sur la méthode pour implanter les indicateurs. En particulier, ces méthodes insistent trop peu sur les points suivants :

- comment les implanter (développer les éléments informatiques),
- comment identifier les informations,
- comment informer et former les utilisateurs,
- comment améliorer l'appropriation des utilisateurs pour le système d'indicateurs,
- comment piloter avec les indicateurs...

et d'un point de vue technique

- comment assurer la cohérence des données,
- comment assurer le processus d'agrégation,
- comment assurer le lien entre les différents outils de mesure et de gestion.

La méthode ECOGRAI par exemple s'arrête à l'élaboration de fiches de spécification des indicateurs qui certes vont aider au déploiement du SIP mais ne résolvent pas un grand nombre de problèmes liés à l'implantation.

Or une mauvaise implantation est une des causes majeures d'échec dans l'utilisation du système de mesure de performance et donc dans le pilotage des systèmes par la performance. Un des problèmes principaux est l'adéquation entre l'outil logiciel décisionnel support qui calcule et affiche les indicateurs (OLAP, ROLAP, Data Mining, Data Warehouse, ETL...), le système d'information qui contient la base de données, qui collecte, et par lequel transitent les informations et le Business Model de l'entreprise qui décrit la stratégie de l'entreprise et les liens entre les applications de gestion d'entreprise des différents partenaires (clients, fournisseurs, employés, collectivités locales...). Pour résoudre ce problème d'interopérabilité, certaines entreprises sont portées à choisir un outil décisionnel dans la même suite que leur PGI même s'il ne répond pas à leurs besoins, besoin qu'elles ont du reste beaucoup de difficultés à définir avec précision.

Les problèmes liés au déploiement d'un SIP peuvent être de deux types :

- comment choisir les bons outils pour supporter le SIP
- comment implanter correctement ces outils.

### 12.3.1. Le choix des outils support au SIP

Les outils mis en œuvre dans la chaîne de mise en forme des indicateurs de performances sont nombreux et complémentaires. Nous ne nous intéressons pas ici aux aspects « capteurs physiques » qui vont venir alimenter les bases de données primaires qui relèvent plutôt du domaine de la mesure physique ou du processus d'alimentation manuel de la base.

Les outils qui nous concernent sont résumés dans la figure 39 ci-dessous :

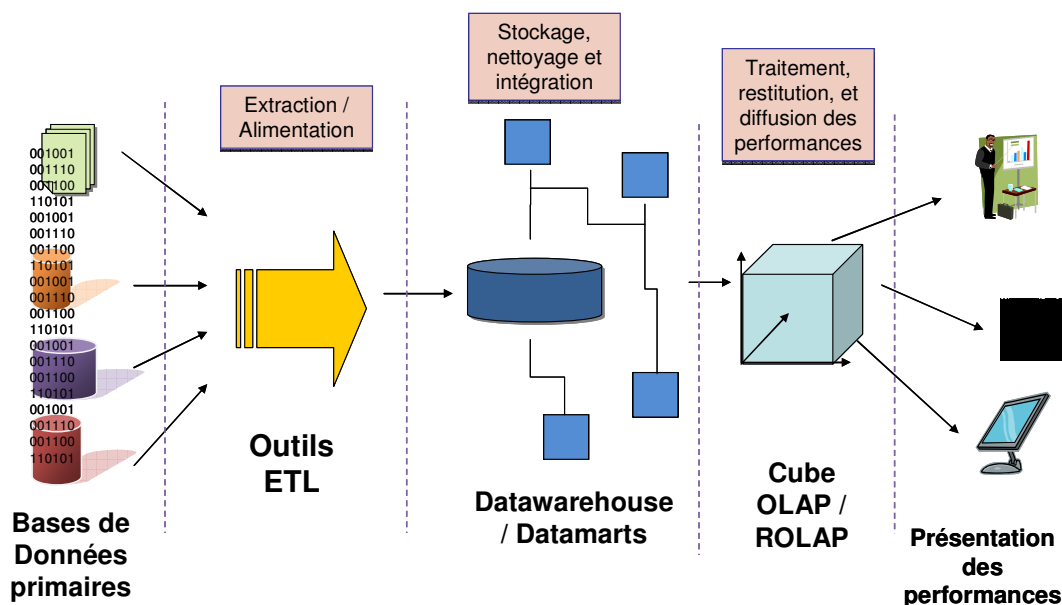


Figure 39 : Les principaux outils de la chaîne de mise en forme des indicateurs de performance

Le problème du choix de ces outils se résume à la problématique de comment passer des modèles d'entreprise, et des caractéristiques du système d'information, à l'élaboration d'un cahier des charges et d'un questionnaire pertinent pour pouvoir juger des outils existants, tant dans leur fonctionnalités que dans leurs architectures et leurs ontologies.

L'objectif de ce choix est de sélectionner les outils qui nous permettront :

- de supporter des processus d'agrégation des performances tels que souhaités,

- de pouvoir être interopérables avec d'autres outils, qu'ils soient décisionnels ou plus généralement de gestion d'entreprise
- d'offrir la restitution non pas obligatoirement la plus complète mais la plus appropriée pour l'entreprise.

Ce problème de choix est proche de celui que l'on cherche à traiter dans le domaine des Progiciels de Gestion Intégrée sur la base des modèles d'entreprise.

Ces travaux s'inscrivent dans le prolongement de ceux déjà été menés au LAPS dans le domaine des Progiciels de Gestion Intégrée dans le cadre de la thèse de Sylvie Noirod (Noirod 1997), de projets européens tels EUROSHOE [E13] ou de projets industriels tels que dans l'entreprise RICHARD S.A. [F2]. Cependant, les résultats obtenus font apparaître une méthodologie encore trop empirique pour être systématisée.

Ainsi, ces travaux de recherche auront pour but de définir des outils conceptuels (modèles) ou méthodologiques (démarche) pouvant être réutilisables quel que soit le type d'outils concerné mais se focaliseront en priorité sur les outils décisionnels.

### 12.3.2. L'implantation des outils support au SIP : principes d'intégration et d'interopérabilité verticale et horizontale des indicateurs et des progiciels

L'implantation d'un outil informatique ne se résume pas à l'application d'un ensemble d'étape prédéfinies et ne relève donc pas uniquement de la gestion de projet. Elle nécessite par exemple dans le cas de l'implantation d'un ERP, la mise en œuvre d'outils de développements informatiques avec des langages dédiés tels que ABAP par exemple pour SAP/R3, de méthodes de paramétrisation telles que ASAP pour SAP/R3 ou DEM (Dynamic Enterprise Modelling) pour BAAN.

L'objectif de ce travail de recherche est de permettre de définir des outils conceptuels et méthodologiques permettant d'implanter des logiciels décisionnels dans le cadre d'entreprises en réseau et donc de répondre à deux questions fondamentales :

- la question de l'interopérabilité des outils: comment assurer l'interopérabilité des différents outils de la chaîne de mesure dans une même entreprise et entre entreprises d'un même réseau. On parle bien ici d'interopérabilité et non d'intégration dans le sens où une entreprise peut appartenir à plusieurs réseaux et ses outils doivent donc pouvoir être compatibles avec ceux de différents réseaux et non intégrés pour un réseau particulier.
- La question de l'interopérabilité des indicateurs : les indicateurs des différents nœuds du réseau sont ils compatibles pour pouvoir être agrégés et obtenir la performance globale du réseau.

Associé à ce second point, se pose aussi le problème de la non-interopérabilité, l'hétérogénéité, souhaitée par une entreprise. En effet, une entreprise notamment dans le cas où elle appartient à plusieurs réseaux, doit pouvoir choisir quels indicateurs elle souhaite diffuser et quels indicateurs elle veut garder sous silence. Paradoxalement, on doit donc pouvoir aussi développer des barrières d'interopérabilité pour permettre cette confidentialité.

Le travail relatif au premier point est résumé dans la figure 40 ci-dessous :

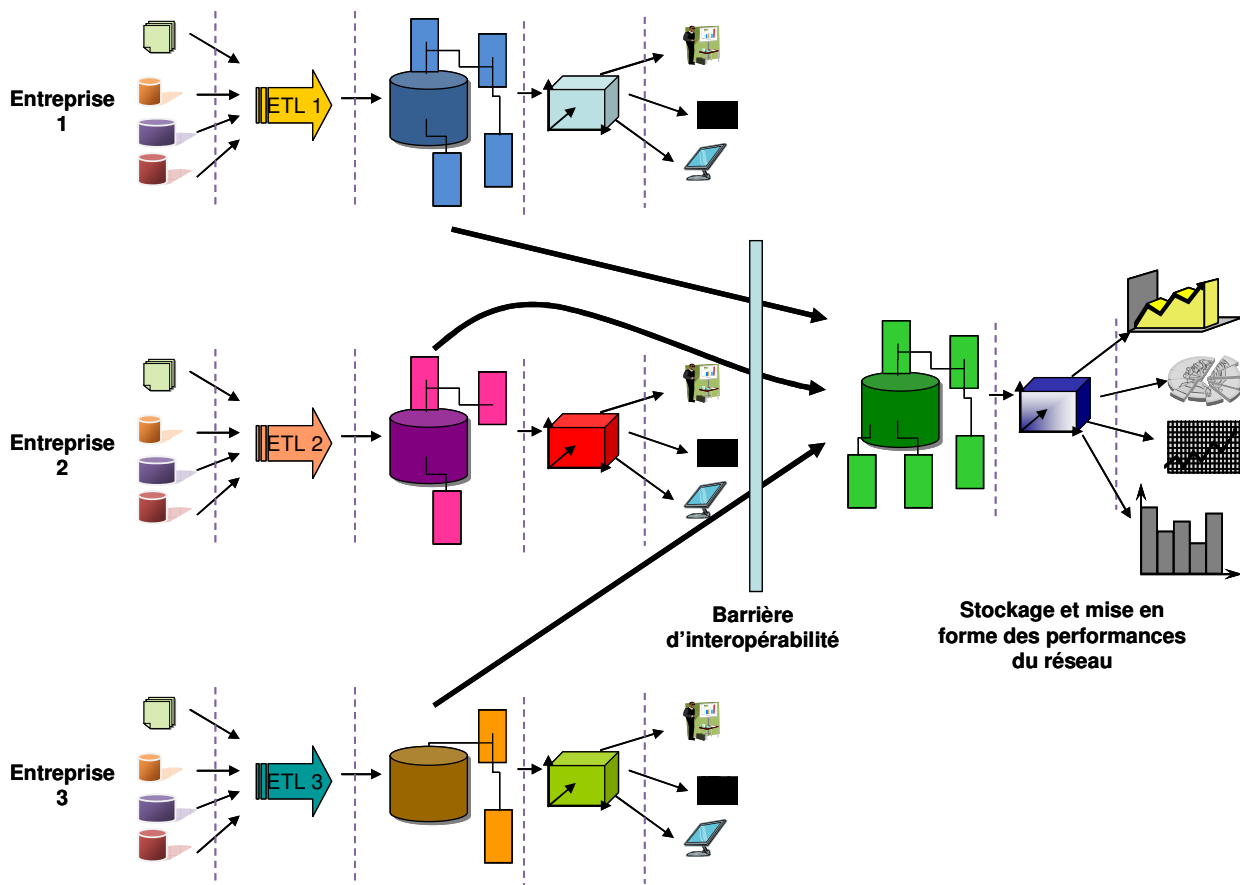


Figure 40 : Interopérabilité horizontale des outils décisionnels intra et inter-entreprises

Je propose d'inscrire ce travail de recherche dans le prolongement de plusieurs travaux de recherche amorcés et décrits précédemment :

- la caractérisation de l'interopérabilité amorcée dans la thèse de Séverine Blanc,
- une approche guidée par les modèles à travers le travail relatif à la méthode et au modèle MDI (Model Driven Interoperability) développés dans le cadre du TG2 du ReX INTEROP.

### L'interopérabilité des outils informatiques

Le modèle développé dans l'approche MDI, et présenté dans la figure 41 ci-dessous fait apparaître quatre niveaux de modélisation [C44], [E32], [E30], [E26].

Par rapport aux niveaux proposés dans l'approche MDA, nous avons décidé dans le TG2 de séparer le niveau CIM en deux niveaux. Au premier niveau, Top CIM, les applications vont être représentées dans leur environnement grâce à la représentation du fonctionnement et de la structure de l'entreprise selon différents points de vue : business, stratégie, fonctions, décisions, processus...et grâce à l'utilisation de la modélisation d'entreprise. Au niveau Bottom CIM, ne vont être représentées que les parties de l'entreprise qui vont être supportées par l'application. Cette partition a pour objectif de rapprocher le niveau CIM du niveau PIM et donc de faciliter la transformation d'un niveau à l'autre.

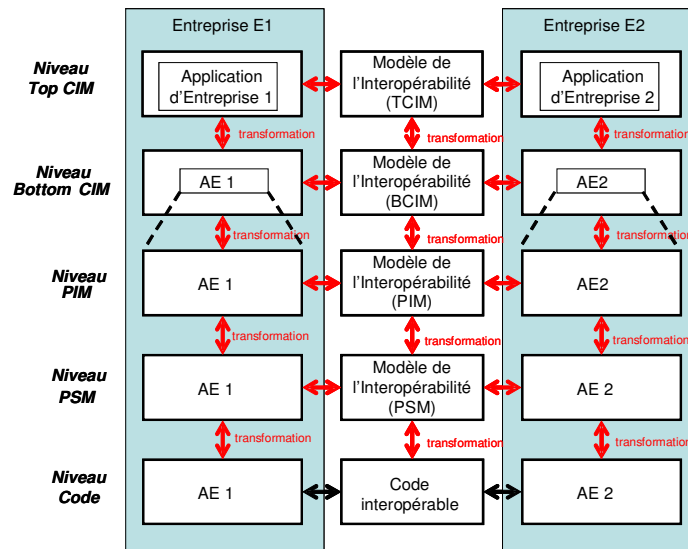


Figure 41 : Le modèle MDI

Les travaux qui doivent être menés dans notre cas se focaliseront d'abord sur l'adaptation du modèle MDI aux outils décisionnels. Ces travaux se placent en priorité entre les niveaux TOP CIM et BOTTOM CIM. En effet, il convient d'abord de savoir exactement comment on représentera les outils décisionnels dans leur environnement et quelle partie devra être implantée. Les modèles de l'interopérabilité vont ici jouer un rôle prépondérant. Ces modèles permettront de caractériser l'interopérabilité entre les différentes applications.

Concernant la caractérisation de l'interopérabilité, la thèse de Séverine Blanc s'est focalisée sur les langages de modélisation d'entreprise issus de GIM.

Dans ce travail, je pense qu'il va être nécessaire de s'intéresser à la projection d'autres langages de modélisation, notamment ceux d'UML. En effet, ces modèles UML seront alors transformés du niveau BOTTOM CIM vers les niveaux inférieurs.

Une première tentative a été faite concernant la transformation d'une grille GRAI en modèles UML dans le TG2 d'INTEROP. Ce travail a montré qu'il était intéressant de réaliser cette transformation car elle permet alors d'obtenir différents points de vue dans le même langage.

Cependant, il est nécessaire de bien stabiliser les langages cibles de cette transformation. De ces langages cibles (timing diagram, collaboration diagram...) va dépendre la pertinence de la représentation de l'interopérabilité et la facilité de transformation à d'autres niveaux.

L'apport des ontologies va faciliter les transformations entre modèles. Ainsi, sur la base des travaux menés par Nabila Zouggar, j'envisage d'élaborer une ontologie des applications décisionnelles pour :

- faciliter les mises en correspondance des différents modèles
- créer des règles de réconciliation pour permettre la réconciliation des données ou des processus liés à ces outils.

Ensuite, j'envisage qu'une démarche de mise en œuvre soit déterminée, définissant les étapes et les acteurs de la méthode et permettant d'identifier et de modéliser les concepts choisis. Cette démarche pourra par exemple être basée sur les démarches existantes au niveau de la méthodologie GRAI.

Dans un dernier temps, une application sera effectuée dans une ou plusieurs entreprises industrielles ou de services travaillant au cœur d'une chaîne logistique afin de valider les travaux réalisés et d'apporter éventuellement des améliorations nécessaires.

#### Interopérabilité des Indicateurs de performance

Ces parties du travail doivent permettre d'assurer que les indicateurs des différents maillons de la chaîne pourront être agrégés.

Pour cela, les indicateurs doivent tout d'abord être définis identiquement à un niveau global mais aussi avoir une implantation qui, de part leur formule ou plus généralement leur mode de calcul, les rende compatibles.

Dans un second temps, les formules d'agrégation multicritères doivent être définies, sur la base des travaux déjà réalisés et présentés dans la partie 11.2.3.

Ainsi, la typologie des activités physiques doit être revue pour prendre en compte des typologies propres aux réseaux.

Ensuite, pour les nouvelles typologies, les formules d'agrégation doivent être revues.

#### *12.4. Gestion de l'évolution vers l'interopérabilité pilotée par la performance*

L'une des caractéristiques principales de l'environnement actuel des entreprises est l'augmentation de l'incertitude selon différentes dimensions: les évolutions technologiques, les prix, les taux de change, les volumes de production, le niveau nécessaire de personnalisation... Cette situation conduit les entreprises à un compromis très délicat entre les actions à mettre en œuvre à court terme et leur stratégie à long terme.

Cette constatation est particulièrement vraie pour les PME qui ont souvent des difficultés à établir un plan stratégique, à définir des objectifs à long terme et à coordonner tous les projets d'améliorations qui sont lancés en même temps, perturbant le fonctionnement du système. Ainsi, ces entreprises ont du mal à gérer correctement leur évolution.

Dans cet environnement versatile, le chemin d'évolution n'est pas permanent et pas clairement tracé. Les éléments de la stratégie industrielle doivent être périodiquement mis à jour pour permettre de prendre en compte et d'exploiter les opportunités et les forces de l'entreprise, tout en comblant et contrant les faiblesses et les menaces.

En particulier, le schéma actuel d'entreprises en réseau oblige ces dernières à évoluer et à s'adapter encore plus rapidement aux exigences et volontés des donneurs d'ordre et des autres membres du réseau.

Par le passé, cette évolution du système et de sa performance était gérée par grandes étapes. Les entreprises implantaient la totalité d'un outil de gestion, ou entreprenaient une refonte quasi-totale de leur parc machine pour faire place à une automatisation accrue. Le marché, plus statique, permettait aux décideurs d'avoir une vision temporelle fiable à long terme. Ces projets ambitieux avaient souvent un coût très élevé qui pouvait se justifier par un retour sur investissement sur une période très longue.

Aujourd'hui, les risques liés aux investissements à long terme deviennent difficiles à évaluer et donc à maîtriser et les décideurs ne sont plus certains que les changements seront adaptés à la situation future qui sera de-facto lors de la fin du projet d'amélioration.

De plus la mise en œuvre de projets plus modestes ne nécessite pas la maîtrise d'autant de paramètres et en rend donc l'atteinte des résultats plus certaine.

Des premiers travaux ont été menés au laboratoire concernant une méthode de gestion de l'évolution par petits projets, dans le cadre de la thèse de Nicolas Malhéné et ont aboutit à la définition de GEM (Grai Evolution Method) (Malhene 2000). GEM définit en particulier le modèle du processus d'évolution, tel que représenté dans la figure 42 ci-dessous :

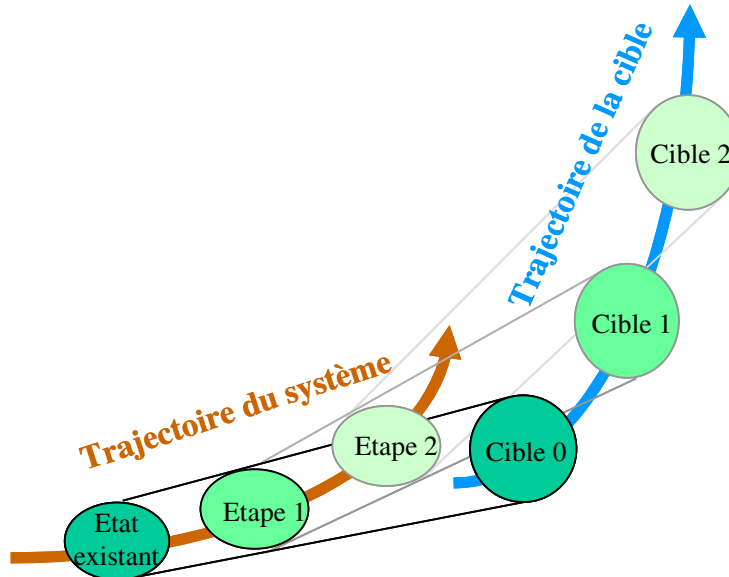


Figure 42 : Modèle du processus d'évolution

Dans ce processus, l'état existant est modélisé, analysé ce qui permet ainsi de définir la cible à atteindre pour le futur système. Cette cible est atteinte progressivement par étape. A chaque étape, la cible peut être reconsidérée pour adapter le futur système à l'évolution de l'environnement. Ainsi, les cibles évoluent périodiquement de même que le système sur sa trajectoire.

D'autre part, GEM définit aussi une démarche de conduite du processus d'évolution à travers la mise en œuvre des différents projets support à la gestion de l'évolution, en définissant trois niveaux de gestion de l'évolution :

- le niveau de la définition stratégique définissant le passage de l'existant à la cible
- le niveau suivant a en charge la gestion de l'évolution à travers l'élaboration des modèles correspondant aux états Etape. Nous dirons qu'à l'échelle du processus d'évolution, ce deuxième niveau consiste à définir les actions à entreprendre pour évoluer d'un état vers un autre et, en particulier, à définir les différents projets de changement à mettre en œuvre.,
- le troisième niveau consiste à définir la sous-trajectoire d'évolution reliant les différentes Etapes et a pour charge la gestion des projets de changement.

Le problème de la gestion de l'évolution est d'obtenir in fine un système qui soit cohérent avec la performance stratégique définie lors du premier niveau.

Dans ses travaux de thèse que j'ai co-encadrés, S. Blanc a proposé des outils permettant d'analyser la cohérence des objectifs des entreprises en réseau voulant atteindre l'interopérabilité [C36], [C40], mais aucun travail n'existe pour lier les objectifs aux modèles conçus.

Nous proposons dans nos travaux futurs d'inverser le regard et de piloter la conception des modèles cible et des modèles de étapes sur la base de la performance souhaitée comme proposé en perspective des travaux sur GEM.

L'approche pilotée par la performance doit se faire en trois étapes distinctes :

- Définition de la performance stratégique, tactique et opérationnelle souhaitée
- Analyse de la cohérence de ces niveaux de performance
- Transformation de ces niveaux de performance en modèle de business et en modèles d'entreprise à planter.

Cette approche est résumée dans la figure 43 ci-dessous :

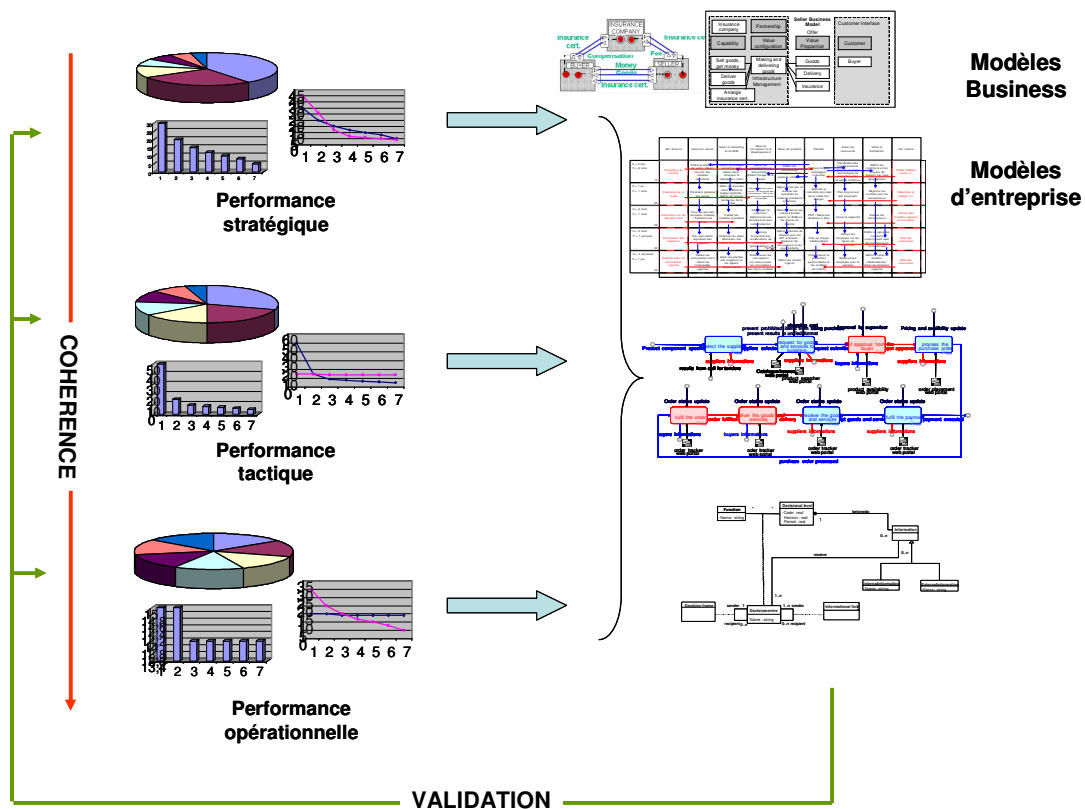


Figure 43 : Approche de modélisation pilotée par la performance

Une fois les modèles élaborés, ils peuvent ensuite être simulés dans la mesure du possible afin de valider les performances définies aux différents niveaux.

Le problème reste donc dans le passage de la performance souhaitée aux modèles.

Le premier problème à résoudre est de connaître les éléments des modèles d'entreprise qui, lorsqu'ils seront instanciés dans le système conçu, vont influencer sur la performance. On peut penser que la plupart des éléments de modélisation, lorsqu'ils sont mis en œuvre ont une influence sur la performance implantée. Cependant, il est évident que certains ont plus d'influence que d'autres.

D'autre part, certains éléments des modèles ont une influence prépondérante sur la performance stratégique : niveaux hauts de la grille GRAI, ou activités globales du système physique, ou diagrammes globaux (Use Case...) pour les systèmes d'information. D'autres ont plus d'influence



sur la performance tactique et enfin certains sur la performance opérationnelle comme indiqué dans les figures 44 et 45.

Il convient donc dans un premier temps de « désassembler » les modèles, sûrement en considérant les méta-modèles reliés.

Une approche en ce sens a été amorcée dans le cadre des travaux de thèse de Matthieu Roque (Roque 2005) qui avaient pour objectif l'élaboration d'un langage unifié de modélisation d'entreprise.

Cependant, on ne se situe pas ici au niveau microscopique puisque ce ne sont pas les concepts qui apportent la performance mais leur instanciation dans le système conçu.

D'autre part, comme indiqué dans la figure 44, certains éléments de modélisation n'ont plus d'influence sur la performance lorsqu'on descend à un niveau de granularité trop bas. Par exemple, une activité elle seule n'apporte pas de performance si elle n'est pas reliée à des flux et des ressources. Ainsi, il existe un niveau au-delà duquel il n'est pas opportun de descendre.

Les éléments de modélisation minimum ainsi identifiés, ils devront être regroupés entre les modèles pour éviter les redondances. Certains éléments pouvant être présents dans plusieurs modèles mais ne devant être pris en considération qu'une seule fois.

Ces Instances de modélisation élémentaire ayant une influence sur la performance au niveau considéré devront être mises en correspondance avec les performances souhaitées sous la forme d'une matrice telle par exemple que présentée dans la figure 44 ci-dessous :

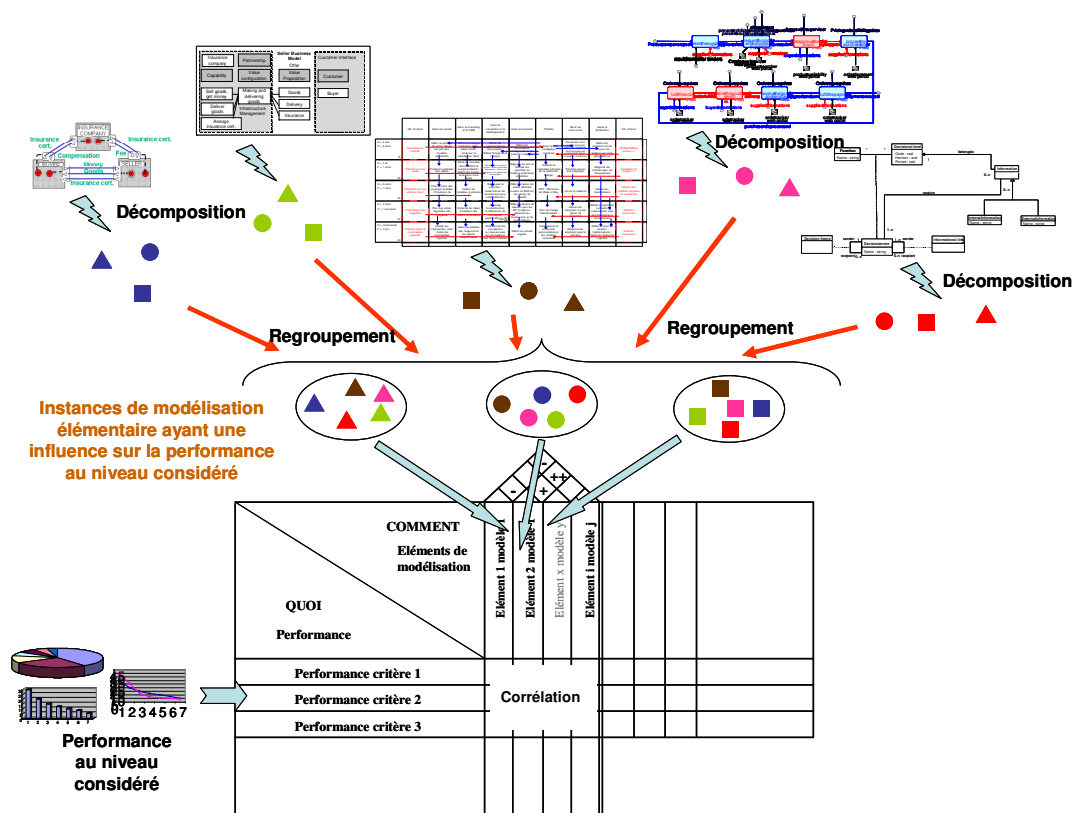


Figure 44 : Approche de désassemblage des modèles pour le pilotage de la modélisation par la performance

Le centre de la matrice va représenter une évaluation quantitative des impacts des concepts du modèle sur la performance du système.

Cette approche doit être générique pour permettre de considérer de nombreux domaines de performance et plusieurs niveaux de performance comme indiqué dans la figure 45.

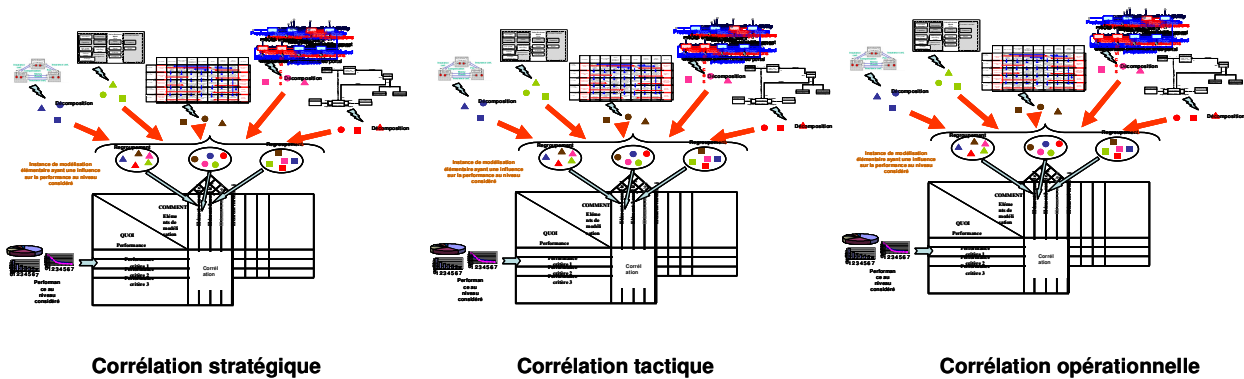


Figure 45 : Corrélation performance/modèles à différents niveaux

Cependant, dans ce cadre, l'interopérabilité peut être considérée comme une performance d'entrée du système, les travaux de caractérisation servant ensuite à définir les concepts de base des modèles à considérer dans la matrice.

La problématique de l'évolution combinée de plusieurs entreprises simultanément vers une interopérabilité commune fera alors apparaître un cycle d'évolution multiple et la nécessité de corréler différentes matrices.

Une telle matrice pourra ensuite permettre de corréler les différents types de performances pour effectuer des arbitrages au niveau des modèles. On pourra ainsi permettre par exemple de diminuer certaines performances pour privilégier l'interopérabilité par exemple.

### 12.5. Conclusion : La performance comme thématique d'intégration de la recherche

Dans les parties précédentes, j'ai souhaité ne détailler que les trois pistes de recherche qui m'apparaissent comme prioritaires dans l'avenir. Cependant, certaines autres pistes peuvent être envisagées, notamment en collaboration avec d'autres thématiques du groupe productique GRAI ou d'autres laboratoires français, européens ou internationaux.

Comme je l'ai expliqué dans les parties précédentes, l'évaluation de la performance est indissociable du pilotage des systèmes où elle trouve sa raison d'être.

La recherche dans le groupe productique GRAI s'articule autour du pilotage des systèmes.

Comme je j'ai mentionné dans la partie 4.1 de ce mémoire, mes travaux de recherche ont été effectués dans la thématique « Modélisation d'Entreprise et Performance ».

Dans cette thématique certaines pistes peuvent être envisagées à moyen terme. La première concerne l'évaluation de la performance des systèmes d'information. Elle est plus générale que celle proposée dans la partie 12.3 précédente.

L'idée principale est de partir des modèles des systèmes d'information tels que ceux proposés dans UML pour en dériver des principes et une démarche de mise en place d'indicateurs focalisés sur ce système en particulier. La plupart des indicateurs existant pour mesurer la performance du système d'information sont reliés à la performance de chacune des ressources (vitesse de traitement d'un processeur, nombre d'arrêts du serveur...) mais très peu d'indicateurs sont implantés pour mesurer une performance globale du système en termes par exemple de Coût, Délai, Qualité. Par exemple, il existe actuellement des indicateurs qui, bien que peu implantés et diffusés permettent de mesurer le SLA (Service Level Agreement) (Caseau 2007). Les techniques inspirées de celles d'analyse de la valeur pourraient ainsi être utilisées pour comprendre les composants du système ayant un impact sur les performances du systèmes en termes de C, Q, D. Le deuxième intérêt serait de démontrer le retour sur investissement de l'implantation d'un système d'information. En effet, la plupart des projets d'évolution des systèmes d'information sont pilotés par la performance technique et un souci d'interopérabilité mais les performances financières ne sont considérées qu'en termes d'investissement et peu en termes d'exploitation et de retour sur investissement. Ces travaux pourraient être menés en collaboration avec d'autres laboratoires de productique français plus spécialisés dans le domaine de la modélisation des systèmes d'information et pourraient même faire l'objet d'une collaboration industrielle soit avec des intégrateurs de systèmes d'information, soit avec un utilisateur final.

La seconde piste de recherche concerne la performance des systèmes de décision. La plupart des méthodes de définition d'indicateurs de performance, et ECOGRAI en particulier, se focalisent sur des indicateurs mesurant la performance du système physique. Il m'apparaît intéressant aussi de mesurer la performance du système de décision. A titre d'exemple, l'étude de benchmarking qui avait été menée dans le cadre du projet TIME GUIDE [E2], avait démontré que les retards pris par la plupart des commandes étaient dus à des retards de décisions dans l'acceptation de ces commandes par l'entreprise.

Ces travaux pourraient être menés en collaboration avec l'Indian Institute of Technology de Delhi avec qui j'ai commencé à travailler et qui ont développé les concepts de DIS (Decision and Information Synchronisation) pour analyser les retards décisionnels dus à des retards dans la transmission des informations [C38].

La troisième piste de recherche concerne le domaine des services. Ce domaine de recherche en développement récent dans le groupe GRAI à travers les travaux de Thècle Alix (Alix 2006) et fait suite aux travaux qui avaient été menés pour définir le système d'indicateurs de performance d'une entreprise d'ingénierie financière [C30], [C34] ou dans le cadre d'une école d'ingénieur [C48], [D8].

L'idée principale de ces travaux est commencer par caractériser et mesurer la performance en termes de qualité et de généraliser ensuite aux autres domaines de performance, en particulier grâce à la définition de modèles de référence appropriés dédiés au domaine des services et répondant à des typologies qui ont commencé à être étudiées.

Concernant la seconde thématique du groupe GRAI, à savoir « Aide à la Décision et Conduite », l'idée est de travailler sur des indicateurs de performance plus dynamiques, par exemple en reprenant le modèle de performance dédié aux chaînes logistiques et défini dans la thèse de Julien François (François 2007) et en l'adaptant pour caractériser une évolution temporelle de l'interopérabilité. D'autre part les travaux amorcés dans le domaine de la simulation des processus

pourraient être utiles pour améliorer la typologie et donc l'agrégation des performances dans les réseaux d'entreprise et ainsi la compatibilité des indicateurs.

Enfin, concernant la troisième thématique « Ingénierie de la COncception », des premiers travaux ont commencé dans la thèse de Vincent Robin (Robin 2005) concernant l'évaluation de la performance des activités de conception et définissant en particulier un modèle dédié à la collaboration en conception. Des premiers travaux ont été initiés pour adapter ce modèle à la gestion de l'évolution pour atteindre l'interopérabilité dans un contexte de conception collaborative [C40]. Cependant, de nombreux travaux restent à faire pour caractériser précisément ce qu'est la performance en conception de produit, définir des liens entre la performance souhaitée et les éléments de pilotage de la conception et contribuer à la traduction d'une performance souhaitée pour le produit souvent qualitative, reliée à la forme par exemple, en performance quantitative pouvant être piloter plus précisément.

# Bibliographie

- (AFIS 2006) Association Française d'Ingénierie Système – Découvrir et comprendre l'ingénierie système – version 2.0 – 20 novembre 2006
- (AFNOR 2002) FD X 50-604 - Logistique – Processus logistique – AFNOR - 2002.
- (AICOSCOP 1990) AICOSCOP. – Rapport Final. – contrat de Recherche MRT FRT N°88.00661.
- (Akao 1992) J. AKAO - Prendre en compte les besoins du client dans la conception du produit - AFNOR - 349 p - 1992
- (Alix 2006) T. ALIX, B. VALLESPER – Gathering production processes of services and goods: towards the mixed entreprise - APMS 2006 - Lean Business Systems and Beyond - Wroclaw – Pologne - 18-20 septembre 2006 –
- (Amice 1993) CIMOSA: Open Architecture for CIM. – Berlin – Springer – 1993
- (ATHENA 2004) Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications, FP6-2002-IST-1, Integrated Project Description of work, février 2004.
- (ATHENA, 2005a) ATHENA Integrated Project, « Framework for the establishment and management methodology », ATHENA deliverable A1.4, 2005.
- (Bachman, 2005) Bachman, J., « Service-Oriented Architecture Maturity Model », <http://www.sonicsoftware.com>, 2005.
- (Berrah 1997) L. BERRAH - Une approche d'évaluation de la performance industrielle - Modèle d'indicateur et technique floues pour un pilotage réactif - Thèse de doctorat en Génie Industriel - Institut National Polytechnique de Grenoble - Septembre 1997
- (Bititci, 1997), U.S. BITITCI, A.S. CARRIE., Mcdevitt L. – Integrated Performance Measurement System: a development guide – International Journal of Operations & Production Management, vol 17, n° 5-6, 1997, pp 522-534
- (Bittici 2001), U.S. BITITCI, P. SUWIGNJO, A.S. CARRIE –“Strategy management through quantitative modeling of performance measurement system” - International Journal of Production Economics – vol 69 - 2001- pp 15-22.
- (Bitton 1990) M. BITTON - ECOGRAI : Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performance pour organisations industrielles - Thèse de doctorat en Automatique - Université Bordeaux I - Septembre 1990
- (Bolstorff 2001) Peter BOLSTORFF - How Do I Use SCOR? - Supply Chain World, PRAGMATEK Consulting Group, Ltd., Supply-Chain Council, avril 2001,
- (Bonnetfous 2001) C. Bonnetfous, A. Courtois editeurs, Indicateurs de performance, Traité IC2, 2001, Hermès
- (Bourne, 2005) M. Bourne – “Researching performance measurement system implementation: the dynamics of success and failure” - in International Journal of Production Planning and Control – Volume 16, number 2 – March 2005 – pp 101-113
- (BPMI (2005), Business Process Management Initiative, <http://www.bpmi.org/>
- (Braesch et al. 1995) Ch. BRAESCH, A. HAURAT et J.-M. BEVING, 1995. – L'entreprise-système. – in *La modélisation systémique en entreprise*, Paris, Hermès.
- (Braesch, 2002) Ch. BRAESCH, 2002. – Le modèle OLYMPIOS – supports de cours de l'école de printemps « Modélisation d'entreprise », Groupe de travail n°5 du Groupement pour la recherche en productique, Albi-Carmaux, France, 28-30 mai.

- (C4ISR, 1998) C4ISR Architecture Working Group, « Levels of Information Systems Interoperability (LISI) », United States of America Department of Defense, 1998.
- (CAM-I 1979) CAM-I Functional Specifications for an advanced factory management system, CAM.I Inc. R-79-JSIG-01, 1979.
- (Caseau 2007) Y. CASEAU – Performance du système d'information – Editions DUNOD – Février 2007-254p
- (CEAF 2005) Commission Enterprise Architecture Framework – Version 1.0 Explained – European Commission, DG DIGIT, Mai 2005
- (Chapurlat 2007) V. CHAPURLAT - Vérification et validation de modèles de systèmes complexes: application à la Modélisation d'Entreprise - Habilitation à Diriger des Recherches – L'Université Montpellier II – 1<sup>er</sup> mars 2007
- (Chen 2005) D. CHEN - Modélisation d'entreprise pour l'intégration et l'interopérabilité des systèmes industriels - Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches - Université Bordeaux 1 - 4 décembre 2005
- (Clark, 1999) Clark, T., Jones, R., « Organisational Interoperability Maturity Model for C2 », Australian Department of Defence, 1999.
- (Clark, 2001) Clark, T., Moon, T., « Interoperability for joint Coalition Operations », Australian Defence Force Journal, volume 51, 2001.
- (CEP 2007) Comité d'Experts Productique – Prospectives de recherche – 15 janvier 2007
- (Daniel 2001) G. J. DANIEL - Inside Intel, Chipmaker Puts the SCOR Model to Its Best Advantage - Midrange Enterprise, Penton Publication, juin 2001.
- (DoDAF 2003) DoD Architecture Framework Working Group – DoD Architecture Framework – Version 1.0, Volume I: Definition and guidelines – US department of Defense – Washington DC – 30 août 2003 – [http://www.dod.mil/cio-nii/docs/Dodaf\\_v1\\_Volume\\_1.pdf](http://www.dod.mil/cio-nii/docs/Dodaf_v1_Volume_1.pdf)
- (Doumeingts 1984) G. DOUMEINGTS - Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en Productique. - Thèse d'état en Automatique - Université Bordeaux I - Novembre 1984
- (Ducq 1999) Y. DUCQ - Contribution à une méthode d'analyse de la cohérence des systèmes de Production dans le cadre du modèle GRAI - Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux I - 1999
- (EFQM 2003) Le modèle d'excellence EFQM – édition AFNOR - 2003
- (El Mhamedi et al., 1997) A. EL MHAMEDI, C. LEERCH, S. MARIER, M. SONNTAG et F. VERNADAT – Intégration des ACTivités NON Structurées dans la Modélisation des Systèmes de Production. – Rapport Final, Action Incitative du DSPT8 en Productique - février 1997
- (El Mhamedi 2002) A. EL MHAMEDI – La méthode ACNOS. – supports de cours de l'école de printemps « Modélisation d'entreprise », Groupe de travail n°5 du Groupement pour la recherche en productique, GRP, Albi-Carmaux, France, 28-30 mai 2002.
- (ENAPS 1997) European Network for Advanced Performance Studies - Delivrable n°3 of WP3 - 1997 -
- (Folan 2005) Paul Folan, Harinder Jagdev and Jimmie Browne : "Providing for Inter-Organisational Performance Measurement: Challenges and Concepts" - 4th international IFIP workshop on performance measurement : "implementation of performance measurement systems for supply chains" - Bordeaux, June 27 – 28, 2005
- (Franco 2004) M. FRANCO, B. MAAR, V. MARTINEZ, D. GRAY, C. ADAMS, P. MICHELI, M. BOURNE, M. KENNERLEY, S. MASON, A. NEELY – Towards a definition of a business performance measurement system – PMA Conference, Edinburgh, July 2004.
- (François 2007) J. FRANÇOIS - Planification des chaînes logistiques : modélisation du système décisionnel et performance - Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux I – décembre 2007
- (Frein 1998) Y. FREIN, Evaluation de performances pour la conception de flux, Université d'été du Pôle Productique Rhône Alpes, 1998.

- (Gallois 1989) P.M. GALLOIS - De la tenue des stocks au pilotage synchronisé de l'ensemble des flux ou l'évolution du principe de management industriel - Revue Française de Gestion Industrielle - n°3 - 1989 - pp 32-39
- (Garvin 1993) D.A. GARVIN - "Manufacturing Strategic Planning" - California Management Review - Summer 1993 - pp 85-106
- (Geram 1999) GERAM : Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. – Version 1.6.1 - IFIP-IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration - mars 1999
- (Ghalayini 1997) A.M. GHALAYINI, J.S. NOBLE, T.J. CROWE – An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness – International Journal of Production Economics - vol. 48, 1997 - pp 207-225
- (Gondran 1995) M. GONDRAN, M. MINOUX – Graphes et algorithmes – Collection de la Direction des Etudes et Recherche d'Electricité de France – Eyrolles – Vol 37 – 588p - 1995
- (Hronec 1995) S.M. HRONEC - "Vital Signs : des indicateurs coûts, qualité, délais pour optimiser la performance de l'entreprise" - Les éditions d'Organisation - Août 1995 - 255p
- (IDEAS 2002): Thematic Network, IDEAS: Interoperability Development for Enterprise Application and Software – Roadmaps, Description of Work, IST– 2001 – 37368, 13-05-2002
- (IEEE 1990) Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE standard computer dictionary: a compilation of IEEE standard computer glossaries, New York, 1990.
- (IFEAD, 2004) Institute for Enterprise Architecture Developments, « Extended Enterprise Architecture Maturity Model (EEA2M) – Support Guide », version 2.0, 2004.
- (INTEROP 2005) Deliverable DI.1: Interoperability knowledge corpus – INTEROP Network of Excellence - Contract no.: IST-508 011, [www.interop-noe.org](http://www.interop-noe.org) - 25 novembre 2005.
- (Iung 2002) B. IUNG – Contribution à l'automatisation des systèmes intelligents de production : Interopérabilité des processus de contrôle, maintenance et gestion technique – Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches – Université Henri Poincaré – Nancy I – 17 décembre 2002
- (Jambon 1988) A.M. JAMBON – Production, Productivité, Productique – Mémoire de DEA Automatique et Productique – Université Bordeaux 1 – Laboratoire GRAI - 1988
- (Kaplan 1996) R.S. KAPLAN, D.P. NORTON (1996) – The Balanced Scorecard – Harvard Business School Press - 1996
- (Kihn 2004) L.A. KIHN – Comparing performance measurement approaches - PMA Conference – Edinburgh – July 2004
- (Laprie et al 1989) J.C., Laprie, B., Courtois, M.C.Gaudel, D.Powell - Sécurité de fonctionnement des systèmes informatiques - Dunod Informatique, Paris, ISBN 2-04-016942-3. -1989.
- (Le Moigne 1974) J.L. LE MOIGNE - Les systèmes de décision dans les organisations - Presses universitaires de France - Paris - 1974
- (Lorino 1991) - P. LORINO - "Le contrôle de gestion stratégique : la gestion par les activités" - Editions Dunod - Mai 1991 - 213p
- (Lorino 2001) - LORINO P., 2001. Méthodes et pratiques de la Performance. Editions d'Organisation
- (Malhene 2000) N. MALHENE. – Gestion du processus d'évolution des systèmes industriels: conduite et méthode. – Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Productique - 7 janvier 2000
- (Marcotte 1995) F. MARCOTTE. – Contribution à la modélisation des systèmes de production : extension du modèle GRAI. – Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Productique - 26 octobre 1995
- (Martinez 2006) V. MARTINEZ – Performance review: a definition analysis - The 5<sup>th</sup> International Conference on Theory and Practice in Performance Measurement and Management – Londres - Royaume-Uni – 25-28 juillet 2006



- (Medori, 1998) D. MEDORI - The development and implementation of an integrated performance measurement framework - Proceedings of Performance Measurement-Theory and Practice: International Conference of European Operations Management Association - June 27-29 1998, pp.313-318
- (NASCIO, 2003) National Association of State Chief Information Officers, « NASCIO Enterprise Architecture Maturity Model », version 1.3, 2003.
- (Neely 1996) A. NEELY, J. MILLS, M. GREGORY, H. RICHARDS, K. PLATTS, M. BOURNE - "Getting the measure of your business" - Department of Trade Industry - Engineering and Physical Sciences Research Council - Published by Work Management - University of Cambridge - 1996
- (Neely 2002) A. NEELY, C. ADAMS, M. KENNERLEY – The performance Prism – The scorecard for measuring and managing Business Success – Edition Prentice Hall – 2002 - 394 p
- (Noirot 1997) S. NOIROT – Contribution à une méthode d'acquisition des applications informatiques de gestion de production - Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Productique - 27 octobre 1998
- Oliver Wight (2005) The Oliver Wight Class A Checklist for Business Excellence. 6th ed. - Oliver Wight. New York: John Wiley and Sons. 2005.
- (OMB 2006) Office of Management and Budget, The US White House – Federal Enterprise Architecture – <http://www.whitehouse.gov/omb/egov/a-1-fea.html>
- (OMG 2003) OMG: MDA Guide Version 1.0.1. Object Management Group. Document number: omg/2003-06-01 edn. (2003)
- (OMG 2007) OMG: Unified Modeling Language: Superstructure, version 2.1.1. Object Management Group. Version 2.1.1 formal/2007-02-03 edn. (2007)
- (Paulk, 1995) Paulk, M.C., Weber, C.V., Curtis, B., Chrissis, M.B., « The capability maturity model : guidelines for improving the software Process », Carnegie Mellon University Software Engineering Institute, Addison Wesley Professional, the SEI series in software Engineering, 1995.
- (Panetto 2006) H. Panetto – Méta-modèles et modèles pour l'intégration et l'interopérabilité des applications d'entreprise de production - Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherche – Université Henri Poincaré – Nancy I – 4 décembre 2006
- (Petit 2002) UEML CONSORTIUM. – Enterprise modelling state of the art. – Deliverable 1.1, WP1, projet IST - 2001 - 34229 UEML, M. Petit ed., Namur, Belgique, 2002
- (Pounds 1969) W. F. POUNDS - The process of problem finding - Industrial Management Review, 11, 1 (1969), 1--19.
- (Pourcel et al., 2002), C. POURCEL et D. GOURC. – Modélisation MECI. –supports de cours de l'école de printemps « Modélisation d'entreprise », Groupe de travail n°5 du Groupement pour la recherche en productique, GRP, Albi-Carmaux, France - 28-30 mai 2002
- PWC (2002) PWC Consulting - Les cartes mondiales de maturité ECR - Version intégrale - Janvier 2002 - 28 pages
- (Robin 2005) V. ROBIN – Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs - Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Productique - 2005
- (Roboam 1993) M. ROBOAM – La Méthode GRAI : Principes, Outils, Démarche et Pratique. – Toulouse – Editions Teknéa.
- (Sagace 1999) Méthode SAGACE: le systémographe, CEA, Version 1.0, 1999
- (SCC 2006) *Supply-Chain Operations Reference-model, Overview of SCOR Version 8.0*, Supply-Chain Council, Inc., 2006, <http://www.supply-chain.org>



- (Senechal 1998) O. SENECHAL, D. RAVIART, C. TAHON, - Simulation de la production pour l'évaluation des performances en conception ; une étude de cas. - Session invitée de l'Université d'été du pôle Productique Rhône Alpes, "De l'usage des indicateurs pour la conception", Annecy, Septembre 1998.
- (Senechal 1999) O. SENECHAL, C. TAHON, - Pertinence et applications du concept d'activité pour le pilotage de la performance industrielle - Journées du Groupement de Recherche en Productique (GRP), session commune des groupes « Modélisation d'entreprises » et « Evaluation de performances », Ecole des Mines d'Alès, 9 Juin 1999.
- (Sénéchal 2004) O. SENECHAL – Pilotage des systèmes de production vers la production globale – Habilitation à Diriger des Recherches – Université de Valenciennes et du Hainaut Cambresis – 2004
- (Sowa 1992) J.F. SOWA, J.A. ZACHMAN – A logic based approach to enterprise integration – in Enterprise Integration Modelling – Ed C. Petrie, The MIT Press, Boston, MA, pp 152-163
- (Tahon 2000) C. TAHON, Y. FREIN, - Document de synthèse du Groupe de Recherches en Productique – Thème 4 : Evaluation de Performances. 2000.
- (Tardieu 1983) H. TARDIEU, A. ROCHFELD et R. COLLETTI, 1983. – La méthode MERISE, Principes et outils. – Paris : Les éditions d'organisation.
- (Theroude, 2002), F. THEROUDE, 2002. – Formalisme et système pour la représentation et la mise en œuvre des processus de pilotage des relations entre donneurs d'ordres et fournisseurs. – Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 17 juillet.
- (Tolk, 2003) Tolk, A., Muguira, J.A., « The Levels of Conceptual Interoperability Model », Fall Simulation Interoperability Workshop, 2003.
- (UEML 2001) UEML: Unified Enterprise Modelling Language - Thematic Network, Annex 1, Description of Works, IST - 2001 – 34229, 2008-02-01.
- (UEML 2003) Examples of application. – Deliverable 3.2, WP3, project IST - 2001 - 34229 UEML, Berio G. ed., Turin, Italy.
- (Vallespir 1992) B. VALLESPIR – Problem statement of reference models in manufacturing systems – TIME Eureka Project EU824 – Technical Annex - Juin 2002
- (Vallespir 2003) B. VALLESPIR - Modélisation d'entreprise et architecture de conduite des systèmes de production. - Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches - Université Bordeaux 1 - 19 décembre 2003.
- (Vernadat 1996) F.Vernadat, Enterprise Modelling and Integration: Principles and Applications, Chapman & Hall, 1996
- (Vernadat 1998) F. VERNADAT – The CIMOSA languages. – in Handbook on architectures of information systems, Bernus P., Mertins K. et Schmidt G. ed., Berlin : Springer.
- (Vernadat 1999) F. VERNADAT, 1999a. – Techniques de Modélisation en Entreprise : Application aux Processus Opérationnels. – Paris : Economica, Collection Gestion.
- (Vernadat 2007) F. VERNADAT – Potential Benefits of Enterprise Architectures: A Practitioner's Experience – Papier Invité - Conference IESM 2007 – Pekin – Chine – 30 mai - 2 juin 2007
- (Wadhwa 1998) S. WADHWA, R. BHAGWAT - Judicious increase in flexibility and decision automation in semi-computerized flexible manufacturing (SCFM) system, *SIC*, 1998, Vol. 7, No 4, pp. 329 -342
- (Williams 1989) T.J. Williams – A reference model for Computer Integrated Manufacturing – Purdue Research Foundation – Published by Instrument Society of America - 1989
- (Williams 1994) T. J. WILLIAMS - The Purdue Enterprise Reference Architecture - Computers in Industries - Volume 24, Elsevier, September 1994.
- (Wortman 1997) Wortmann J-C. (1997). Enterprise Reference Architectures – A Research Portfolio. In: Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus Kosanke K, Nell J.G. (ed). Springer Verlag, Berlin, pp 20-26.ISBN 3-540-63402-9.

(Zanettin 1994) M. ZANETTIN. – Contribution à la conception des Systèmes de production - – Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Productique - 31 mars 1994.