



HAL
open science

Principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques

Valerie Botta-Genoulaz

► **To cite this version:**

Valerie Botta-Genoulaz. Principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques. Modélisation et simulation. INSA de Lyon, 2005. tel-00287091

HAL Id: tel-00287091

<https://theses.hal.science/tel-00287091>

Submitted on 10 Jun 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.

HABILITATION A DIRIGER LES RECHERCHES

Présentée devant

L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
Et l'Université Claude Bernard LYON I

**PRINCIPES ET METHODES
POUR L'INTEGRATION ET L'OPTIMISATION DU PILOTAGE
DES SYSTEMES DE PRODUCTION ET DES CHAINES LOGISTIQUES**

Tome 1

SPECIALITE : Productique et Informatique

par

Valérie BOTTA-GENOULAZ

Soutenue le 17 novembre 2005 devant la Commission d'examen

(Par ordre alphabétique)

BERNARD Alain, Professeur, Ecole Centrale de Nantes
BOURJAULT Alain, Professeur, Université de Franche-Comté
BOURRIERES Jean-Paul, Professeur, Université Bordeaux 1 (rapporteur)
CAMPAGNE Jean-Pierre, Professeur, INSA de Lyon
DUSSAUCHOY Alain, Professeur, Université Claude Bernard Lyon 1
ERSCHLER Jacques, Professeur, INSA de Toulouse (rapporteur)
GOURGAND Michel, Professeur, ISIMA, Clermont-Ferrand (rapporteur)
GUINET Alain, Professeur, INSA de Lyon

Laboratoire de **Productique** et d'**Informatique** des **Systèmes Manufacturiers** (PRISMa)

Avant propos

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire ont été effectués au Laboratoire inter-établissements de Productique et d'Informatique des Systèmes Manufacturiers, au sein de l'axe organisation, pilotage et intégration des systèmes de production, en étroite collaboration avec Alain GUINET et Jean-Pierre CAMPAGNE, Professeurs à l'INSA de Lyon. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma plus grande gratitude pour leur soutien et leur confiance inaltérable.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Jean-Paul BOURRIERES, Professeur à l'Université Bordeaux 1, Jacques ERSCHLER, Professeur à l'INSA de Toulouse, et Michel GOURGAND, Professeur à l'ISIMA à Clermont-Ferrand, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire et d'en être rapporteurs. Je les remercie tout particulièrement pour l'intérêt qu'ils ont témoigné à mes travaux et pour leurs encouragements.

J'adresse mes remerciements à Alain BERNARD, Professeur à l'École Centrale de Nantes, Alain BOURJAULT, Professeur à l'Université de Franche-Comté et Alain DUSSAUCHOY, Professeur à l'Université Claude Bernard Lyon 1 pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire et de participer au jury.

Ce travail ne serait pas sans les doctorants et étudiants stagiaires avec qui j'ai eu le plaisir de travailler. Je les remercie pour leur bonne humeur et leur investissement. Je remercie également l'ensemble de mes collègues lyonnais de l'INSA, de Lyon 1 et de Lyon 2 pour leur dynamisme et en particulier Joël FAVREL, Professeur et Directeur du laboratoire PRISMa pour m'avoir permis de mener à bien mes recherches.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes et amis, académiques et industriels, avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer dans le cadre de projets de recherche, de projets d'enseignement, de groupes de travail, ou de discussions informelles. La richesse de nos échanges et leur contribution me permettent aujourd'hui de présenter ces travaux.

*À ma famille,
pour son soutien intemporel.*

*Et plus particulièrement à Philippe, Caroline et Juliette,
pour leur confiance, leur patience, leur présence et leurs encouragements.*

Organisation du document

<i>Avant propos</i>	3
<i>Sommaire</i>	6
<i>Introduction Générale</i>	9
<i>Partie 1 : Synthèse d'activités</i>	15
1 Curriculum Vitae	19
2 Activités de recherche	23
3 Activités d'enseignement	43
4 Responsabilités administratives.....	49
<i>Partie 2 : Synthèse des travaux de recherche</i>	51
5 Introduction	55
6 Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage	59
7 Evaluation des projets d'intégration.....	81
8 Impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques	107
9 Conclusions et perspectives.....	123
10 Bibliographie.....	131
<i>Conclusion Générale</i>	149
<i>Annexes</i>	153
11 Compléments.....	155
12 Liste des publications.....	167
13 Sélection d'articles	175

Une sélection de cinq publications significatives de mes activités de recherche est présentée dans le tome 2 de ce mémoire.

Sommaire

<i>Avant propos</i>	3
<i>Sommaire</i>	6
<i>Introduction Générale</i>	9
Partie 1 : Synthèse d'activités	15
1 Curriculum Vitae	19
1.1 Etat Civil	19
1.2 Situation Actuelle.....	19
1.3 Diplômes, Certificats, Qualifications	19
1.4 Expérience professionnelle	20
1.5 Activités industrielles.....	21
1.6 Points marquants de mes activités scientifiques.....	22
2 Activités de recherche	23
2.1 Parcours scientifique	23
2.2 Projets et Contrats	30
2.3 Responsabilités d'encadrement (2 ^{ème} et 3 ^{ème} cycle).....	32
2.4 Administration et Animation de la recherche.....	34
2.5 Visibilité et Rayonnement.....	37
3 Activités d'enseignement	43
3.1 Projet pédagogique en gestion industrielle	44
3.2 Année en cours (2005-06).....	44
3.3 Années antérieures	46
3.4 Supports pédagogiques	48
4 Responsabilités administratives	49
4.1 Internes à l'INSA	49
4.2 A l'extérieur de l'établissement	49
Partie 2 : Synthèse des travaux de recherche	51
5 Introduction	55
5.1 Contexte	55
5.2 Optique et thèmes de recherche	56
6 Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage	59
6.1 Introduction.....	59
6.2 Méthodes d'aide à la décision en ordonnancement et planification.....	63
6.3 Modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques.....	68
6.4 Modélisation et optimisation du processus de pilotage de la chaîne logistique	76

7	Evaluation des projets d'intégration	81
7.1	Introduction.....	81
7.2	Etat des lieux.....	81
7.3	Modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP.....	90
7.4	Impact des typologies d'entreprise sur les projets d'intégration.....	95
7.5	Mesure de performance de projets d'intégration.....	99
7.6	Evaluation de l'intégration.....	102
8	Impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques	107
8.1	Introduction.....	107
8.2	Etat des lieux.....	107
8.3	Contribution des progiciels intégrés à la planification des chaînes logistiques.....	113
8.4	Mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques.....	118
9	Conclusions et perspectives	123
9.1	Bilan.....	123
9.2	Perspectives et projets pédagogiques.....	125
9.3	Perspectives de recherche.....	126
10	Bibliographie.....	131
	<i>Conclusion Générale.....</i>	<i>149</i>
	<i>Annexes.....</i>	<i>153</i>
11	Compléments	155
11.1	Résumé des projets de recherche.....	155
11.2	Résumé des thèses co-encadrées.....	160
11.3	Liste des acronymes.....	164
12	Liste des publications	167
12.1	Thèse.....	168
12.2	Revue internationale avec comité de lecture.....	168
12.3	Congrès internationaux avec comité de sélection et actes.....	168
12.4	Contribution à des ouvrages collectifs.....	170
12.5	Congrès francophones avec comité de sélection et actes.....	170
12.6	Autres congrès internationaux ou nationaux avec comité de sélection.....	171
12.7	Autres communications.....	171
12.8	Rapports internes, Rapports de Projet, Rapports de fin de contrat.....	172
13	Sélection d'articles.....	175

Introduction Générale

Ce mémoire présente une synthèse de mes activités en enseignement, en recherche et en administration, accomplies ces douze dernières années.

Après une première expérience en 1988, mes travaux de recherche ont débuté en 1993 et ont été réalisés au laboratoire de **P**roductique et **I**nformatique des **S**ystèmes **M**anufacturiers (PRISMa), d'abord en tant que doctorante à l'Université Claude Bernard LYON 1, puis en tant qu'ATER et depuis 1997 en tant que Maître de Conférences au département Génie Industriel de l'INSA de Lyon.

Le laboratoire PRISMa fédère plusieurs équipes de recherche de l'agglomération Lyonnaise. Son activité principale est la conception, l'organisation et la gestion des systèmes de production de biens ou de services, relevant à la fois des disciplines de l'informatique, du génie informatique, et du génie industriel. Depuis 2003, il est structurée en 4 thèmes répondant à des problématiques cruciales pour les entreprises d'aujourd'hui et de demain : (1) Entreprise virtuelle et communicante, (2) Organisation, pilotage et intégration des systèmes de production, dont je suis co-responsable avec Alain GUINET, (3) Systèmes autonomes : architecture et comportement, et (4) Gestion des données techniques pour l'ingénierie collaborative (thème émergent).

La **première partie** de ce mémoire est consacrée à la présentation d'une synthèse de mes activités. Après avoir précisé un ensemble d'informations générales y compris les cinq années d'activité industrielles réalisées avant mon doctorat dans le chapitre 1, je détaille mes activités de recherche, d'enseignement et administratives, illustrées sur la frise chronologique de la Figure 1, respectivement dans les chapitres 2, 3 et 4.

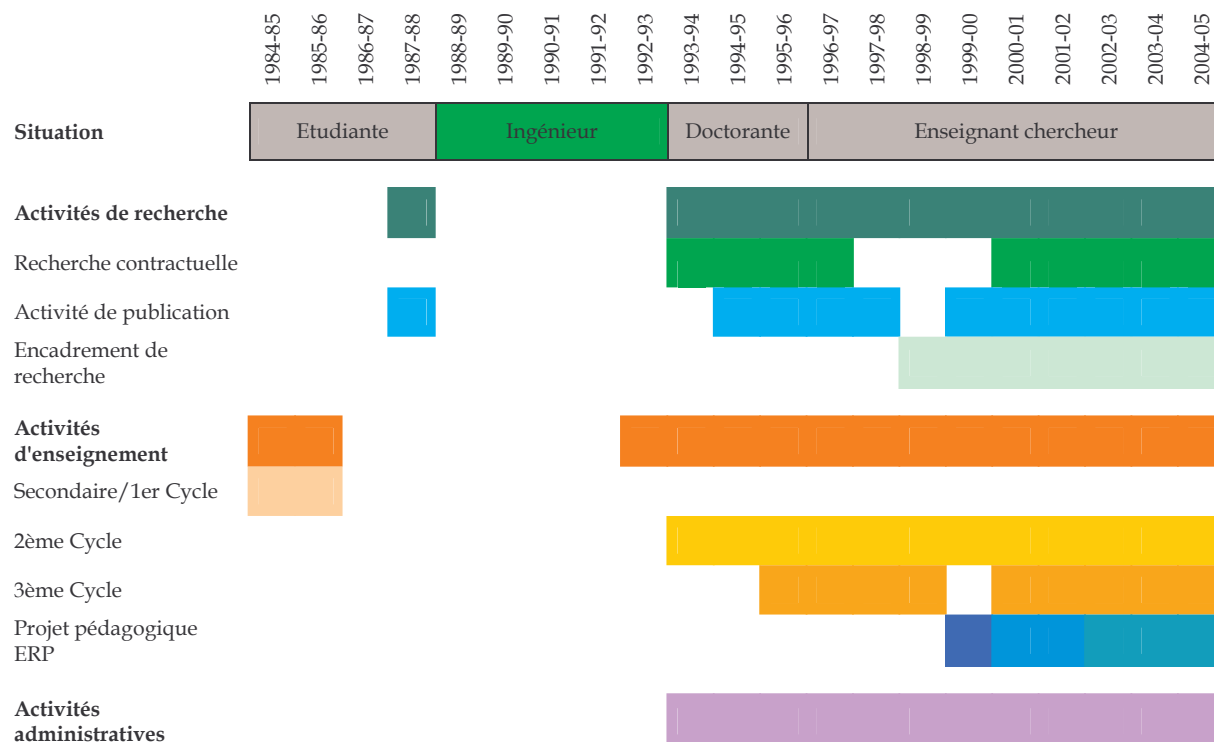


Figure 1 : Chronologie de mes activités

Je reprends dans le chapitre 2, le parcours scientifique que j'ai suivi depuis mon doctorat. Les projets de recherche et contrats industriels auxquels j'ai participé y sont présentés, ainsi que mes activités d'encadrement de la recherche dans le cadre de thèse de doctorat, de DEA, de master ou de projet d'ingénieurs contribuant à la recherche. Mon implication dans l'administration et l'animation de la recherche sur le plan local, national et international est également indiquée, notamment au niveau d'un des axes du laboratoire PRISMa, du groupe de travail ERP, du GdR CNRS MACS (Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques) et de la conférence internationale ILS (Information Systems, Logistics and Supply chain). Je développe ma participation à différents jurys de thèse ou de recrutement extérieurs à mon établissement, ainsi qu'à divers comités scientifiques et éditoriaux.

Le chapitre 3 est consacré à mes activités d'enseignement, au niveau de l'année en cours ainsi que des précédentes, que ce soit à l'INSA de Lyon ou à l'extérieur. Je présente également le projet pédagogique sur l'évolution des enseignements en gestion industrielle liée à l'utilisation des ERP, dont j'ai été responsable.

J'expose au chapitre 4, les différentes responsabilités administratives que j'occupe au niveau du laboratoire PRISMa, de l'INSA de Lyon ainsi qu'à l'extérieur de l'établissement, en particulier dans le cadre de la Commission de Spécialistes 61^{ème} section de l'INSA de Lyon, de la Direction du Pôle AIP-Priméca Rhône-Alpes Ouest, du Comité de Direction du GdR MACS et du partenariat avec l'éditeur SAP.

La **deuxième partie** de ce mémoire est dédiée à la synthèse de mes travaux de recherche conduits depuis mon doctorat, dans le domaine de l'aide à la décision et du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques.

La mondialisation, un paysage international mouvant, l'accélération des échanges, l'apparition de nouveaux marchés, un nouvel environnement sociétal, ... toutes ces tendances induisent une forte interdépendance entre les fonctions (internes et externes à l'entreprise) et conduisent à une approche globale de l'entreprise et de sa chaîne logistique en générant un besoin croissant de réactivité, de flexibilité, d'interconnexion, de communication et de partage d'information. Il s'agit d'intégration fonctionnelle intra et interentreprises, de ré-ingénierie et de pilotage des processus de gestion, de management de la performance globale, etc.

Ce besoin d'intégration se fait sentir au niveau de l'entreprise, d'un groupe ou d'une chaîne logistique globale, au travers de projets ERP (*Enterprise Resource Planning*, Progiciel de Gestion Intégrée) et de projets SCM (*Supply Chain Management*, Gestion de la Chaîne Logistique Globale, Intégrée ou Étendue). Il se décline en plusieurs problématiques de recherche ou « verrous » tant du point de vue de l'intégration, des systèmes intégrés, des méthodes de modélisation et d'optimisation des systèmes de production que de leurs conditions de pertinence et d'efficacité, de leur mise en œuvre et de leurs usages.

Dans ce contexte, je me suis particulièrement intéressée à rechercher et concevoir des méthodes et outils pour aider et accompagner les entreprises dans leurs démarches d'intégration et d'optimisation de leur pilotage. D'où le titre de ce mémoire :

Principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques

Je développe mes contributions dans les domaines de la gestion et du pilotage des chaînes logistiques et de la conduite de projets d'intégration intra ou interentreprises selon une articulation en trois chapitres :

- **Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage** (chapitre 6) : approche intégrée d'aide à la décision en ordonnancement et planification, modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques, modélisation et optimisation des processus de pilotage des chaînes logistiques.
- **Évaluation des projets d'intégration** (chapitre 7) : méthodologies ou référentiels de gestion de projet d'intégration, modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP, impact des typologies d'entreprise (production de biens – production de services) sur les projets d'intégration, mesure de performance de projets d'intégration, évaluation de l'intégration (mesures, indicateurs...).

- **Impact de l'intégration et (ou) des systèmes intégrés de gestion sur** (ou en interaction avec) **le pilotage des chaînes logistiques** (chapitre 8) : contribution des progiciels intégrés (ERP, APS...) à la planification des chaînes logistiques, contribution du partage d'information à la performance des chaînes logistiques et mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques.

Ces contributions sont positionnées vis-à-vis de l'état d'avancement des travaux dans ces domaines, et des perspectives de recherche sont proposées au chapitre 9.

Se trouvent en **annexe**, des compléments sur les projets de recherche et les thèses que j'ai co-encadrées (chapitre 11), la liste de mes publications et communications (chapitre 12), ainsi que la présentation d'une sélection de cinq articles significatifs de mes activités de recherche (chapitre 13), ces articles étant regroupés dans le tome 2 de ce mémoire.

Partie 2 : Synthèse des travaux de recherche

5	<i>Introduction</i>	55
5.1	Contexte	55
5.2	Optique et thèmes de recherche	56
6	<i>Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage</i>	59
6.1	Introduction	59
6.1.1	Concept de gestion des chaînes logistiques	59
6.1.2	Problématiques associées à la gestion des chaînes logistiques	61
6.1.3	Cibles de nos contributions	62
6.2	Méthodes d'aide à la décision en ordonnancement et planification	63
6.2.1	Problématique	63
6.2.2	Travaux et résultats	64
6.2.3	Perspectives	66
6.2.4	Publications associées	67
6.3	Modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques	68
6.3.1	Problématique	68
6.3.2	Etat de l'art	69
6.3.3	Travaux et résultats	71
6.3.4	Perspectives	75
6.3.5	Publications associées	75
6.4	Modélisation et optimisation du processus de pilotage de la chaîne logistique	76
6.4.1	Problématique	76
6.4.2	Etat de l'art	76
6.4.3	Travaux et résultats	77
6.4.4	Perspectives	79
6.4.5	Publications associées	80
7	<i>Evaluation des projets d'intégration</i>	81
7.1	Introduction	81
7.2	Etat des lieux	81
7.2.1	Introduction aux progiciels de gestion intégrée	81
7.2.2	Problématique d'intégration	84
7.2.3	Enjeux socio-économiques des projets ERP	84
7.2.4	Revue de la littérature	87
7.3	Modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP	90
7.3.1	Problématique	90
7.3.2	Travaux et résultats	91
7.3.3	Perspectives	94
7.3.4	Publications associées	94
7.4	Impact des typologies d'entreprise sur les projets d'intégration	95
7.4.1	Problématique	95
7.4.2	Travaux et résultats	96
7.4.3	Perspectives	98
7.4.4	Publications associées	98

7.5	Mesure de performance de projets d'intégration	99
7.5.1	Problématique	99
7.5.2	Travaux et résultats	100
7.5.3	Perspectives	101
7.5.4	Publications associées	101
7.6	Evaluation de l'intégration	102
7.6.1	Problématique	102
7.6.2	Travaux et résultats	102
7.6.3	Perspectives	104
7.6.4	Publications associées	105
8	Impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques	107
8.1	Introduction	107
8.2	Etat des lieux	107
8.2.1	Point de vue des processus de gestion de la chaîne logistique	108
8.2.2	Point de vue de la collaboration	110
8.2.3	Point de vue des systèmes d'information	111
8.3	Contribution des progiciels intégrés à la planification des chaînes logistiques	113
8.3.1	Problématique	113
8.3.2	Travaux et résultats	114
8.3.3	Perspectives	117
8.3.4	Publications associées	117
8.4	Mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques	118
8.4.1	Problématique	118
8.4.2	Travaux et résultats	118
8.4.3	Perspectives	121
8.4.4	Publications associées	121
9	Conclusions et perspectives	123
9.1	Bilan	123
9.2	Perspectives et projets pédagogiques	125
9.3	Perspectives de recherche	126
9.3.1	Perspectives à court et moyen terme	126
9.3.2	A moyen et long terme	128
10	Bibliographie	131

5 Introduction

5.1 Contexte

Les entreprises aujourd'hui doivent savoir rester compétitives dans un contexte international mouvant, doivent gagner en réactivité et flexibilité, et être en mesure de répondre plus rapidement à de nouveaux types de clients, à de nouveaux marchés ainsi qu'à un nouvel environnement sociétal. Elles ont besoin de rationaliser et maîtriser les différents flux d'informations, d'harmoniser leurs systèmes d'information et d'améliorer leur rentabilité et leur compétitivité. L'intégration est une réponse à ces enjeux.

D'autre part, l'accélération des échanges entre acteurs économiques dans la chaîne logistique globale conduit à une réduction du cycle de vie et du délai de mise à disposition sur le marché des produits. Pour rester performantes dans ce contexte, les entreprises se sont tournées vers de nouvelles formes d'organisation : recentrage métier, externalisation, co-conception, gestion partagée des approvisionnements, collaboration... En même temps, elles ont cherché à accélérer les processus internes de gestion, de reporting, de diffusion d'information afin d'orienter progressivement les efforts des acteurs internes vers la flexibilité et la vitesse de réponse ou le service aux clients.

Ces tendances induisent une forte interdépendance entre les fonctions (internes et externes à l'entreprise) et conduisent à une approche globale de l'entreprise et de sa chaîne logistique en générant un besoin croissant d'interconnexion, de communication et de partage d'information. Il s'agit d'intégration fonctionnelle intra et interentreprises, de ré-ingénierie et de pilotage des processus de gestion, de management de la performance globale, etc.

Ce besoin d'intégration se fait sentir au niveau de l'entreprise, d'un groupe ou d'une chaîne logistique globale, au travers de projets ERP (*Enterprise Resource Planning*, Progiciel de Gestion Intégrée) et de projets SCM (*Supply Chain Management*, Gestion de la Chaîne Logistique Globale, Intégrée ou Étendue).

L'intégration se fait à **l'intérieur d'une organisation**, grâce aux progiciels de gestion intégrés comme les ERP et aux systèmes d'aide à la décision comme les APS (*Advanced Planning System*), dont le développement s'est accéléré depuis le début des années 1990. Elle est rendue possible par les nouvelles bases de données partagées, et les technologies de type EAI (*Enterprise Application Integration*). La chaîne logistique considérée est alors ce que nous appellerons une chaîne logistique interne : approvisionnement, production, distribution et gestion des retours. Conçus à l'origine dans le cadre strict de l'organisation, ces systèmes se développent aujourd'hui dans un cadre inter-organisationnel, autour de la gestion et de l'optimisation des flux physiques, et des activités principales de la chaîne de la valeur.

L'intégration se fait donc aussi **vers l'entreprise étendue** : nous assistons à l'émergence de systèmes d'information inter-organisationnels permettant à un réseau d'organisations de partager leurs « logistiques » amont ou aval, en s'appuyant sur les nouvelles technologies de communication. Cela induit des modifications dans la façon de concevoir les systèmes d'information pour la gestion commerciale, la gestion de production et la gestion des approvisionnements des entreprises, ainsi qu'une évolution du périmètre fonctionnel des ERP. Le pilotage de la chaîne logistique apparaît ainsi comme un élément clé de la performance et impose de passer d'une logique fonctionnelle à une logique de processus ou transversale, de créer un 'interfaçage' suffisamment fort entre les acteurs pour permettre une globalisation. Frohlich et Westbrook [2001] attirent l'attention sur le fait que l'intégration dans la chaîne logistique influence la performance.

En parallèle, de nouveaux défis apparaissent en termes de management, de planification et d'organisation au sein des entreprises mais également entre entités de la chaîne logistique. La réactivité nécessaire dans le contexte actuel est-elle possible avec les modèles hiérarchiques à trois niveaux (stratégique, tactique, opérationnel) ? Comment articuler processus de décision et processus de gestion ? Comment instrumenter la coordination indispensable au sein de l'entreprise, ou entre les maillons d'une chaîne logistique ?

Ces problématiques interpellent plusieurs disciplines dans le domaine des sciences pour l'ingénieur (SPI) et des sciences de l'homme et de la société (SHS) :

- l'informatique : normalisation des échanges avec les tentatives de glossaires métiers XML, sécurité et intégrité d'espaces applicatifs partagés, architectures de composants métiers interopérables, génie logiciel (ou génie progiciel ?), ...
- le génie industriel ou plus précisément la gestion industrielle : modélisation d'entreprise, gestion et planification de la production et des chaînes logistiques (prise en compte de la capacité finie dans la planification, synchronisation des flux entre systèmes périodisés de type MRPII...), évaluation et mesure de performance, ...
- les sciences de gestion et du marketing : centralisation des systèmes de contrôle et décentralisation du management opérationnel, normalisation et standardisation des systèmes de pilotage et recherche de différenciation concurrentielle, ...
- les sciences humaines et sociales : conduite du changement, gestion des connaissances et des compétences, ...

Le rapport de l'AS PRODLOG [Erschler, 2003] a fait ressortir la nécessaire complémentarité des SPI et SHS dans les thématiques de recherche en production et logistique : « L'approche SPI privilégie l'utilisation de modèles formels et de méthodes associées, pour analyser, améliorer et instrumenter les différents processus intervenant dans la maîtrise de ces activités : évaluation, conception, planification, décision, coopération, pilotage,... Or ces processus s'appuient essentiellement sur l'homme qui y joue le plus souvent un rôle central et multiforme : ressource pour la perception, le raisonnement et l'action, expert, stratège, décideur, responsable, médiateur, organisateur, initiateur, animateur... Les recherches sur les modèles, méthodes et outils ne peuvent donc pas faire l'économie d'une prise en compte approfondie de *l'impact sur les usages* des artefacts proposés ou envisagés et des *conditions de leur insertion dans les organisations*. Cette prise en compte peut s'effectuer *a posteriori*, en constatant les effets produits et les difficultés rencontrées, en les analysant et en essayant de les corriger, et *a priori*, en prenant en compte les besoins réels, dès la conception de ces artefacts, et en intégrant les contraintes liées à leur appropriation et à leur usage par l'homme, ce qui peut éviter bien des déconvenues et réduire considérablement les coûts. »

5.2 Optique et thèmes de recherche

Ce besoin d'intégration – au niveau de l'entreprise ou de la chaîne logistique globale – se décline en plusieurs problématiques de recherche ou « verrous » tant du point de vue de l'intégration, des systèmes intégrés, des méthodes de modélisation et d'optimisation des systèmes de production que de leurs conditions de pertinence et d'efficacité, de leur mise en œuvre et de leurs usages.

Dans ce champ thématique très interdisciplinaire, nous proposons de **rechercher et de concevoir des méthodes et outils pour aider et accompagner les entreprises dans leurs démarches d'intégration et d'optimisation de leur pilotage**.

Nous présentons dans cette deuxième partie nos contributions réalisées depuis le doctorat dans les domaines de la gestion et du pilotage des chaînes logistiques et de la conduite de projets d'intégration intra ou interentreprises, selon une articulation en trois chapitres.

- **Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage** (chapitre 6) : approche intégrée d'aide à la décision en ordonnancement et planification, modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques, modélisation et optimisation des processus de pilotage des chaînes logistiques.
- **Evaluation des projets d'intégration** (chapitre 7) : méthodologies ou référentiels de gestion de projet d'intégration, modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP, impact des typologies d'entreprise (production de biens – production de services) sur les projets d'intégration, mesure de performance de projets d'intégration, évaluation de l'intégration (mesures, indicateurs...).

- **Impact de l'intégration et (ou) des systèmes intégrés de gestion sur (ou en interaction avec) le pilotage des chaînes logistiques** (chapitre 8) : contribution des progiciels intégrés (ERP, APS...) à la planification des chaînes logistiques, contribution du partage d'information à la performance des chaînes logistiques et mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques.

Dans chaque chapitre, et pour chaque sujet étudié, nous présentons la problématique, l'état de l'art, nos contributions en termes de travaux et résultats, les perspectives de recherche, ainsi que les principales publications et travaux encadrés associés¹. Les nombreux acronymes cités dans cette partie sont définis en annexe, section 11.3 (page 164).

Une conclusion sur nos contributions ainsi que des prospectives de recherche à court, moyen et long terme sont proposées au chapitre 9.

Au cours de nos travaux de recherche, nous avons mis en œuvre ou développé des méthodes d'analyse des systèmes de production, des techniques de modélisation d'entreprise et de modélisation de processus, des démarches de conduite de projet, de déploiement et d'amélioration de systèmes d'information ou de décision (ERP, APS), des outils et méthodes de pilotage, de planification et d'évaluation de performance d'entreprises ou de chaînes logistiques (recherche opérationnelle et simulation). Ancrés en génie industriel, nous prenons en compte les aspects techniques mais considérons aussi les aspects sociaux, humains et organisationnels.

Nos recherches se sont appuyées sur de nombreuses coopérations avec les acteurs du monde socio-économique, et en particulier les sociétés SEC SNC (groupe Aoste), VALRHONA, ROSET, SAP France, les Hospices Civils de Lyon et le Pôle Productique Rhône-Alpes. Dans ce contexte, nos travaux se déroulent dans une démarche de recherche finalisée : la recherche est motivée par un besoin industriel identifié et des manques de l'état de l'art. De problématiques industrielles, nous dégagons des problématiques scientifiques et travaillons à développer des méthodes et modèles génériques.

Loin d'être le résultat d'un travail individuel, les travaux présentés dans ce mémoire sont issus de nombreuses collaborations avec des doctorants, des stagiaires, des chercheurs, des enseignants-chercheurs et des industriels. Ils sont le fruit d'un travail collectif de recherche et d'encadrement de recherche, pour lequel Pierre-Alain MILLET, Clément DUPUY, Anthony VALLA et France-Anne GRUAT-LA-FORME ont grandement contribué ou contribuent encore.

¹ La liste complète de nos publications et communications est présentée au chapitre 12.

6 Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage

6.1 Introduction

Les problématiques de recherche qui nous intéressent dans le domaine de l'analyse et du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques et pour lesquels nous développons dans ce chapitre nos résultats concernent :

- la prise de décision en ordonnancement et planification d'ateliers de production ; conflits entre les décisions tactiques et opérationnelles en planification de production multi-sites (section 6.2),
- la maîtrise et optimisation de la traçabilité dans les systèmes de production et les chaînes logistiques, plus particulièrement dans l'industrie agroalimentaire (section 6.3),
- la maîtrise et optimisation du fonctionnement des chaînes logistiques dans un contexte de PMI-PME (section 6.4).

Avant d'exposer nos travaux, nous introduisons dans cette section les concepts de chaîne logistique et de gestion des chaînes logistiques – extension des systèmes de production – objets de nos études. Nous présentons les problématiques de recherche associées, en précisant celles qui nous ont intéressés, ainsi que leur champ d'application.

6.1.1 Concept de gestion des chaînes logistiques

Le concept de chaîne logistique (ou *supply chain*) n'est pas nouveau, mais le contexte socio-économique et la mondialisation des échanges l'ont placé depuis ces dernières années au centre des intérêts sur la performance des entreprises. Les bouleversements économiques combinés aux progrès technologiques ont poussé l'entreprise à sortir de ses murs : coordination avec les fournisseurs, écoute des clients, vision globale et partage d'informations.

Les scientifiques s'accordent sur la profusion et la confusion sur les notions de supply chain traduit en français par « chaîne logistique » et de supply chain management traduit par « gestion de la chaîne logistique » [Copilotes, 2004].

Nous représentons classiquement une chaîne logistique comme un ensemble d'installations ou d'entités échangeant des flux de produits, d'information et financiers, comme l'illustre la Figure 4. Ces installations représentent des unités de stockage (magasin central,...), des unités de production, des ensembles formés d'unités de stockage et de production (un atelier, une usine, une entreprise), des fournisseurs, des revendeurs, des distributeurs, des clients, etc... Nous retiendrons la définition suivante.

Une chaîne logistique pour un produit fini donné (ou une famille de produits finis) se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus d'approvisionnement des composants, de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime [Rota-Franz et al., 2001].

Certaines définitions de « supply chain » mettent l'accent sur le terme *chain* en identifiant les acteurs du fournisseur du fournisseur au client du client : le fil conducteur est donc le flux d'un produit [Eymery, 1997 ; Russel et Taylor, 2000]. Le terme *process* ou processus est aussi mentionné pour identifier ce flux en lui associant une dimension plus large [Christopher, 1998 ; Eksioglu, 2001 ; Rota-Franz et al., 2001]. D'autres auteurs définissent ce concept avec le terme *network* qui reflète le caractère multidimensionnel de l'objet d'étude [Lee et Ng, 1997 ; Christopher, 1998 ; Simchi-Levi et al., 2000].

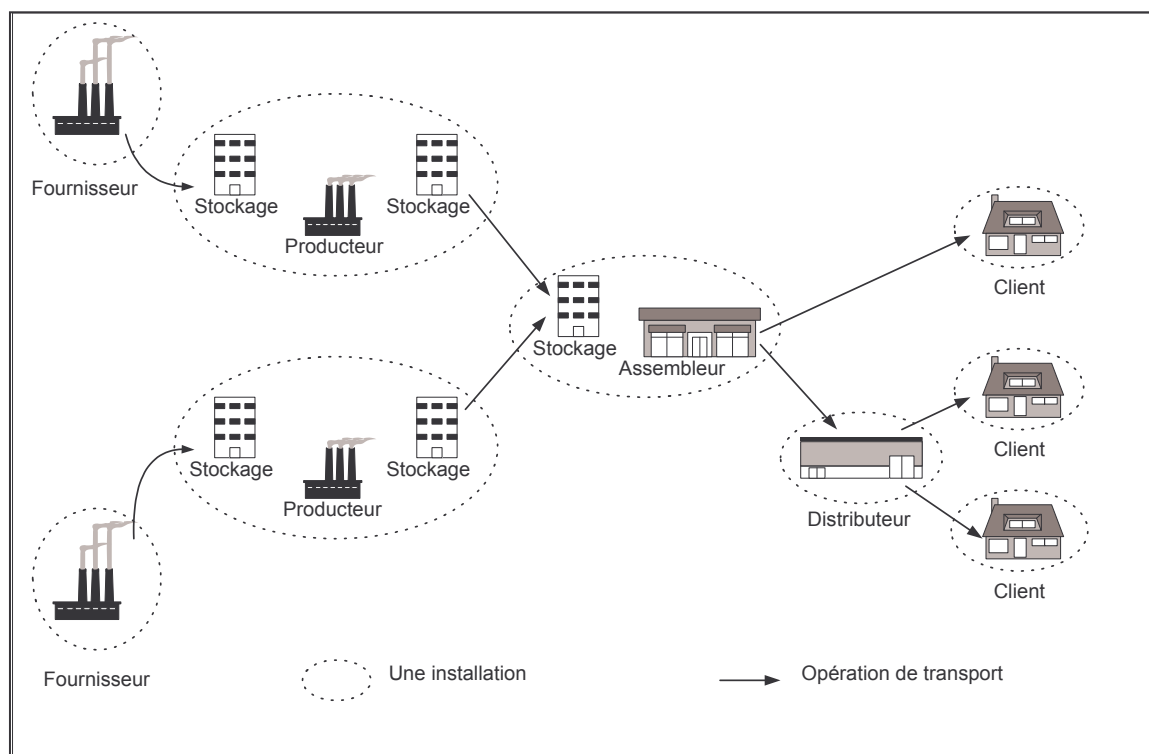


Figure 4 : Représentation d'une chaîne logistique [Hammami, 2003]

Nous pouvons aussi noter que certaines définitions se focalisent plus sur les organisations que sur le produit comme :

A supply chain consists of two or more legally separated organizations, being linked by materials, information and financial flows. These organizations may be firms producing parts, components and end products, logistic service providers and even the (ultimate) customer himself [Stadtler et Kilger, 2000].

Le périmètre ou l'étendue du système considéré est aussi une importante caractéristique : lorsque les entités échangeant les flux ne font pas partie d'une même société ou d'un même pays, on parle alors de *global supply chain* que nous traduisons par « chaîne logistique globale » [Eksioglu, 2001 ; Harvey et Richey, 2001]. Certains auteurs différencient le cas où les entités appartiennent à la même entreprise en utilisant le terme *intra-organizational supply chain* à l'opposé de *inter-organizational supply chain* [Stadtler et Kilger, 2000].

Depuis ces dernières années, ce concept de gestion de chaîne logistique a fait l'objet d'un intérêt croissant tant de la part de chercheurs que de consultants ou de managers et de nombreux états des lieux de la littérature ont été réalisés sur ce domaine [Ganeshan et al., 1998 ; Croom et al., 2000 ; Tan, 2001 ; Chen et Paulraj, 2004].

Dans la littérature anglo-saxonne, on le trouve abordé sous différents termes : *network supply chain*, *network sourcing*, *supply pipeline management*, *supply network*, *integrated purchasing strategy*, *supplier integration*, *supplier partnership*, *supply base management*, *strategic supplier alliances*, *supply chain synchronisation*, *value chain management*, *value-added chain*, *value stream management*, *lean chain approach*... Quel que soit l'auteur, l'idée d'intégration prédomine dans la définition du « supply chain management » du point de vue des fonctions, de l'organisation, des activités ou même des processus dans un objectif de création de valeur.

Nous retiendrons pour ce concept les deux définitions suivantes.

Supply chain management is the coordination and integration of the activities of a supply chain with the goal of achieving a sustainable competitive advantage. The supply chain management therefore encompasses a wide range of strategic, financial, and operational issues [Geunes et Chang, 2001].

Faire du « **Supply Chain Management** » signifie que l'on cherche à intégrer l'ensemble des moyens internes et externes pour répondre à la demande des clients. L'objectif est d'optimiser de manière simultanée et non plus séquentielle l'ensemble des processus logistiques [Rota-Franz et al., 2001].

6.1.2 Problématiques associées à la gestion des chaînes logistiques

Les problématiques relatives à la maîtrise des flux dans une chaîne logistique sont nombreuses et couvrent les différents horizons de la prise de décision à savoir : stratégique, tactique et opérationnelle [Ganeshan et al., 1998].

Cette typologie a été reprise pour tenter de classer les récents travaux réalisés dans ce domaine selon la décomposition présentée sur le Tableau 3 [Vincent et al., 2004].

Perspective stratégique	<p>(S1) les travaux portant principalement sur les « objectifs stratégiques » de la SCM : il s'agit de comprendre la dynamique de la chaîne logistique en termes de développement de ses objectifs pour l'ensemble des parties prenantes.</p> <p>(S2) les travaux portant principalement sur le « design » de la chaîne logistique : il s'agit de déterminer l'étendue de la chaîne, au niveau spatial mais également de la sélection des parties prenantes (partenaires).</p> <p>(S3) les travaux portant principalement sur le développement « d'avantages compétitifs » : il s'agit d'analyser comment la gestion de la chaîne logistique peut développer la compétitivité des entreprises partenaires.</p> <p>(S4) les travaux avec une perspective historique qui se focalise sur l'évolution des stratégies des entreprises en matière de chaîne logistique.</p>
Perspective tactique	<p>(T1) le développement des relations interentreprises, qu'elles soient bilatérales ou multilatérales, horizontales ou verticales.</p> <p>(T2) la gestion des opérations intégrées, c'est-à-dire gérer les opérations des entreprises comme une unité intégrée afin améliorer l'efficacité des opérations.</p> <p>(T3) la gestion des systèmes collectifs de transport et de distribution.</p> <p>(T4) le développement de systèmes d'information afin d'améliorer l'échange d'information dans le cadre des objectifs stratégiques.</p>
Efficacité opérationnelle	<p>(O1) le contrôle et la gestion des stocks et des flux physiques.</p> <p>(O2) la coordination de la planification de la production au niveau de la chaîne.</p> <p>(O3) la spécification du partage des informations opérationnelles.</p> <p>(O4) le développement d'outils de pilotage opérationnel.</p>

Tableau 3 : Classement des problématiques et travaux relatifs à la gestion des chaînes logistiques

D'après les auteurs les items les plus étudiés portent sur la conception ou configuration des chaînes logistiques (S2), le contrôle et la gestion des stocks et des flux physiques (O1) et la coordination et planification de la production (O2). Viennent ensuite les problématiques liées au niveau tactique de manière équilibrée.

Enfin certains items au niveau opérationnel – spécification du partage des informations (O3) et développement d'outils de pilotage opérationnel (O4) – sont moins étudiés.

L'optimisation de la chaîne logistique a d'abord été abordée sous l'angle de la maîtrise des coûts et de l'efficacité interne. Dans le même temps, les technologies de l'information, les modèles mathématiques et autres outils d'optimisation ont contribué au développement de méthodes de gestion des chaînes logistiques. La notion de *logistics management* a évolué vers le *supply chain management*, grâce à un certain nombre de facteurs comme : nouveaux besoins clients en termes de service, pression concurrentielle, évolution des coûts, nécessité d'amélioration des performances financières, meilleures communications...

Les premières publications sur ces thématiques datent des années 70 ; depuis, la littérature scientifique n'a cessé d'augmenter avec une accélération du rythme des publications depuis 2000. La Figure 5 illustre l'évolution du nombre de publications ayant le terme « supply chain » dans le titre, le résumé ou les mots-clés des articles publiés et disponibles dans la base de données Compendex. Nous pouvons remarquer qu'après avoir doublé entre 1999 et 2000, la littérature scientifique sur ce sujet augmente de l'ordre de 30% par an pour atteindre en 2004 plus de 1200 communications ou publications.

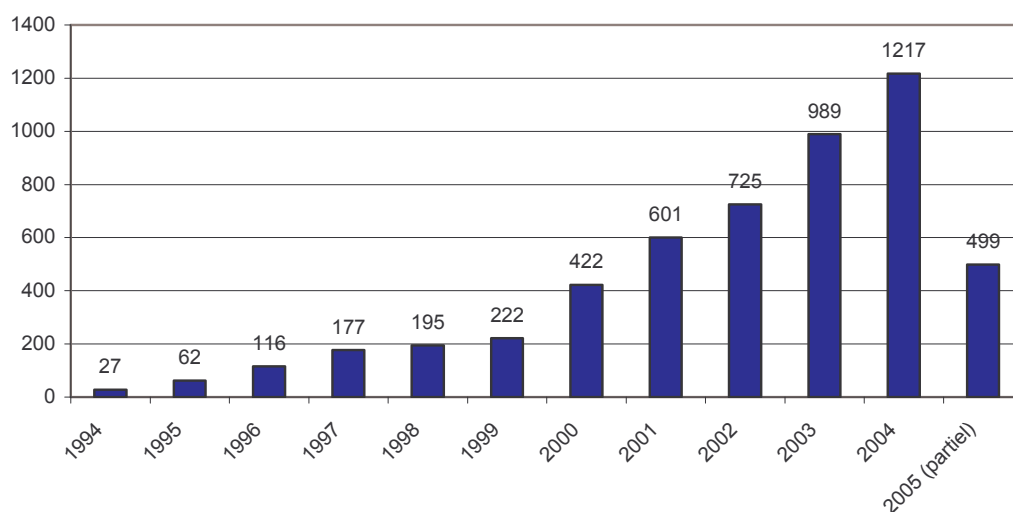


Figure 5 : Evolution du nombre d'articles publiés en conférences et revue (source Compendex) portant sur les chaînes logistiques

6.1.3 Cibles de nos contributions

Les problématiques de recherche qui nous intéressent dans le domaine des systèmes de production et plus particulièrement chaînes logistiques, et pour lesquels nous développons dans ce chapitre nos contributions concernent plutôt les niveaux tactique et opérationnel sur un périmètre de chaîne logistique interne :

- ordonnancement et planification intégrés de la production (section 6.2),
- modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques (section 6.3),
- modélisation et optimisation des processus de gestion des chaînes logistiques (section 6.4).

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de contrats industriels avec des sociétés des secteurs textile (INOSETA) et ameublement (ROSET) pour le premier sujet, et agroalimentaire (SEC SNC, groupe Aoste et VALRHONA) pour les deux autres sujets.

Avec un chiffre d'affaire de 138 milliards d'euros en 2004¹, l'industrie alimentaire française est le premier secteur industriel, loin devant l'industrie automobile ou l'industrie électrique-électronique. Elle se situe au premier rang européen devant l'Allemagne (128 milliards d'euros) et occupe la deuxième place dans le monde derrière les Etats-Unis. Elle reste le premier exportateur mondial de produits transformés malgré

¹ Source ANIA (Association Nationale des Industries Alimentaires) 2004, www.ania.net

une détérioration (-7,4%) de la balance commerciale (7,5 milliards d'euros en 2004). Troisième employeur, après les industries de la mécanique et de la transformation des métaux, ce secteur reste constituée de nombreuses PME : sur les 10 841 entreprises françaises, 70% ont moins de 20 salariés et 10% plus de 250 salariés. Au niveau industriel et logistique, l'industrie alimentaire est confrontée à la fragilité de ses produits (traçabilité, notion de date limite de consommation). De plus, la grande distribution influence le fonctionnement de cette industrie tant sur le processus de distribution que sur les produits (marques de distributeurs).

Depuis les années 80, l'industrie textile très ancienne et représentative de la renommée de la France dans le monde subit un déclin constant. Dernièrement, la concurrence mondiale et en particulier chinoise a conduit cette industrie sur une pente de baisse des prix et des marges. En 2004¹, la balance commerciale est de -3,4 milliards d'euros pour un chiffre d'affaires de 14,49 milliards d'euros en baisse de 5%. Après une perte de plus de 300 000 emplois en 20 ans, ce secteur comptait en 2003, 1 690 entreprises, dont 34% de moins de 20 salariés et 10% de plus de 250 salariés.

Le secteur de l'ameublement français, tout en étant en croissance de 3,1% avec 8,57 milliards d'euros de chiffre d'affaire en 2004², devient moins compétitif face à la concurrence des pays à faible coût de main d'œuvre (balance commerciale de -2,5 milliards d'euros en 2003). Là aussi les PME sont largement majoritaires : sur les 18 081 entreprises françaises, 96% ont moins de 20 salariés et 0,2% plus de 250 salariés. Dans ce secteur, la distribution passe à 83% par des circuits spécialisés.

Un point commun à ces trois secteurs est la taille des entreprises : majoritairement des PME, voire des TPE ; cette caractéristique induit des difficultés quant à la mise en œuvre de méthodes avancées de gestion industrielle ou d'optimisation des chaînes logistiques. Une différence notable est « la santé » de ces secteurs sur le plan économique national ou mondial ; l'optimisation de l'utilisation des ressources des entreprises (humaines, matérielles et financières) est un enjeu pour tous les secteurs, mais devient vitale pour les secteurs textile et ameublement pour faire face à la concurrence. Pour les secteurs en croissance, comme l'agroalimentaire, la gestion et l'optimisation des relations avec les partenaires, et donc des chaînes logistiques, deviennent au cœur des préoccupations des entreprises.

6.2 Méthodes d'aide à la décision en ordonnancement et planification

Problématique :

- Prise de décision en ordonnancement et planification d'ateliers de production ; conflits entre les décisions tactiques et opérationnelles en planification de production multi-sites.

Contributions :

- Etude de faisabilité d'un atelier de génie décisionnel pour le pilotage des systèmes de production ;
- Approche de gestion de production à deux niveaux - planification long terme et ordonnancement multi-ateliers moyen et court terme - basée sur des contraintes de précédence entre travaux.

6.2.1 Problématique

Les problématiques d'ordonnancement et de planification de la production ne sont pas récentes et les travaux de recherche associés sont très nombreux. A partir des premiers résultats portant sur des organisations mono-atelier/mono-opération (machine unique, machines parallèles) ou mono-atelier/multi-opérations (flowshop, jobshop), les chercheurs ont considéré à partir des années 90, des organisations plus complexes de type flowshop hybride ou jobshop avec machines dupliquées. Les simplifications nécessaires à la proposition de méthodes de résolution qu'elles soient exactes ou heuristiques engendraient des limites quant à leur utilisation opérationnelle. Ce phénomène s'apparente à une prise de recul des problèmes considérés, dans l'objectif d'une optimisation plus globale des systèmes de production, en passant de l'atelier à l'usine, puis de l'usine à la chaîne logistique.

¹ Source UIT (Union des Industries Textiles) 2004-2005, www.textile.fr

² Source IPEA (Institut de Promotion et d'Etudes de l'Ameublement) 2004, www.ipea.fr

Aujourd'hui, compte tenu de l'importance que joue l'élément humain en tant que pignon moteur dans l'engrenage complexe qu'est la prise de décision en planification ainsi que dans le processus de réalisation de la production, de la flexibilité nécessaire à tout système de production, et de l'ensemble des contraintes à considérer, la proposition de méthodes et outils d'aide à la décision concernant le pilotage synchronisé d'unités est devenu un enjeu important dans la quête de la performance industrielle.

6.2.2 Travaux et résultats

Une première contribution à la résolution de ces problématiques a été réalisée dans le cadre d'extensions de mes travaux de doctorat [Botta-Genoulaz, 1996], en coopération avec la société INOSETA. Nous avons réalisé une étude de faisabilité d'un atelier de génie décisionnel pour le pilotage des systèmes de production. Ces travaux ont été menés dans le cadre du projet européen bilatéral France - Belgique GEPETO (GENie Productique Emulant des Techniques d'Ordonnancement), présenté en annexe section 11.1.1 [Artiba et al., 1997b].

Des classes d'objets ont été définies en fonction des caractéristiques organisationnelles des ressources des systèmes de production à étudier (flowshops hybrides) [Artiba et al., 1997a]. A chaque classe d'objets prédéfinie, a été associé un ensemble d'outils d'ordonnancement pour résoudre ses problèmes de pilotage ainsi qu'un sous-modèle de simulation. S'appuyant sur l'approche méthodologique orientée objet OASISS¹ [Botta-Genoulaz et al., 1997], l'atelier de génie décisionnel se composait de quatre principales étapes.

1. A partir de la spécification des caractéristiques du système, il procède à une *analyse descendante des ressources*. Cette phase est réalisée selon une approche orientée objets, basée sur l'identification des ressources et permettant de déterminer la nature et la complexité des composants du système de production. Cette méthode identifie les moyens de production comme des objets et l'organisation de la production est traduite par l'agencement des ressources.
2. L'atelier permet ensuite une *reconnaissance ascendante des ressources*. Chaque ressource élémentaire identifiée lors de la phase d'analyse étant reconnue comme appartenant à une des classes d'objets prédéfinies, la procédure hiérarchique ascendante de reconnaissance des ressources, permet d'identifier le ou les problèmes d'ordonnancement à résoudre.
3. Le système procède alors à une *génération automatique d'outils de pilotage* associés aux problèmes identifiés *et de modèles de simulation* correspondant au système de production étudié. Le modèle dynamique est construit à partir des sous-modèles associés aux classes d'objets, par intégration ascendante selon la hiérarchie des diagrammes de flux de données résultant de l'analyse descendante des ressources. Les outils de pilotage sont sélectionnés parmi les algorithmes d'ordonnancement associés à la classe d'objets du problème identifié dans la phase 2, et ceci en fonction du mode de gestion de l'entreprise et des indicateurs de performance économiques sélectionnés.
4. La dernière phase est l'*implémentation des objets* qui consiste en l'intégration des heuristiques sélectionnées dans le modèle dynamique. Elle permet grâce à la simulation, de valider les décisions d'ordonnancement et d'affectation issues des heuristiques et d'évaluer les performances, la cohérence, l'efficacité et la robustesse des divers outils de pilotage d'une part face aux caractéristiques du système de production non prises en considération par les outils d'ordonnancement, et d'autre part face aux aléas (pannes, ruptures d'approvisionnement ...).

Pour constituer la bibliothèque de méthodes d'ordonnancement, nous avons recensé les travaux de la littérature scientifique et nous avons développé de nouvelles heuristiques pour l'ordonnancement d'organisations de type flowshop hybride soumises à de nombreuses contraintes en considérant de multiples critères de performance [Botta-Genoulaz, 1997b ; Botta-Genoulaz, 2000].

Nous avons proposé une approche de conception de modèles génériques de simulation basée sur des blocks « process » et « synchronisation », ainsi que des règles d'unification de ces modèles et avons développés la bibliothèque de modèles dynamiques avec ARENA [Levecq et al., 1997] ; des exemples sont proposés Figure 6 pour les blocks « process » et Figure 7 pour les blocks « synchronisation ».

¹ Object-oriented Analysis with Structured and Integrated Specifications and Solutions

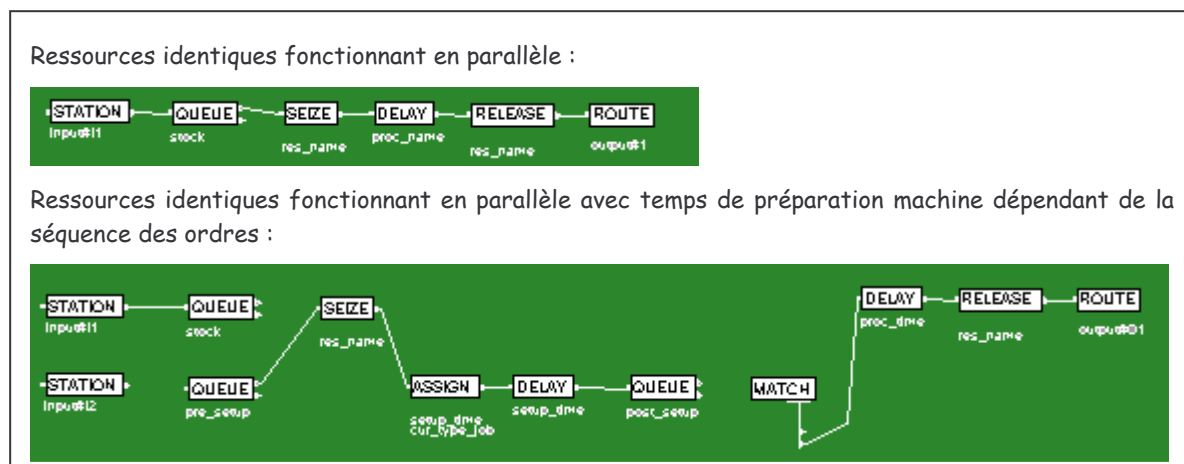


Figure 6 : Exemples de blocks « process »

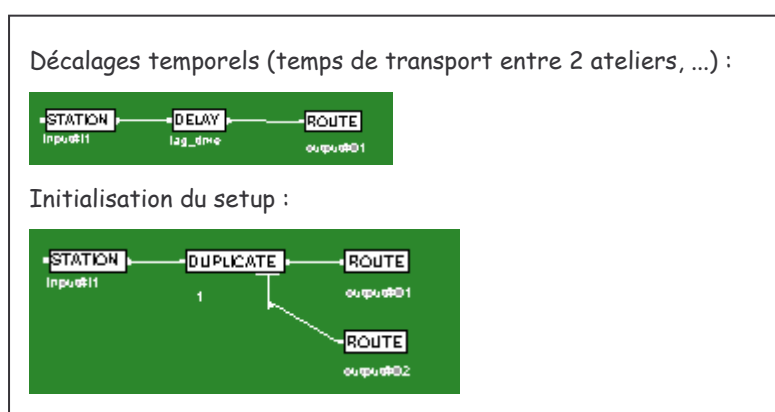


Figure 7 : Exemples de blocks « synchronisation »

Nous avons étudié et défini des règles d'instanciation et d'intégration des objets, que nous avons validées à partir de données extraites de cas industriels [Gomez, 1997]. L'articulation entre les méthodes d'ordonnancement et les modèles de simulation a été réalisée grâce à l'appel de programmes exécutables externes (correspondant aux méthodes d'ordonnancement) au sein des modèles de simulation développés sous ARENA.

D'abord limités aux systèmes de production de type flowshop hybrides, organisations les plus fréquentes dans les entreprises industrielles, nous avons étendu ces travaux en considérant les organisations jobshop avec machines dupliquées.

Au niveau de la première étape de l'atelier, après avoir modélisé le système de production, il convient de reconnaître les composantes du système afin d'identifier les problèmes de pilotage à résoudre. Cette reconnaissance se fera essentiellement sous forme d'identification d'objets traduisant des organisations de production de type machines parallèles, flowshop, jobshop, flowshop hybride, ..., pour lesquelles des outils de pilotage sont connus. Nous avons proposé une méthode d'analyse permettant de reconnaître le type d'organisation de production [Baboli et al., 2000a ; Baboli et al., 2000b].

L'étude de complexité consiste en la recherche dans la matrice de précedence entre activités (ressources), de composantes fortement connexes. Chaque composante fortement connexe de la matrice correspond à une organisation de type jobshop (ou machine simple si unitaire). Plusieurs algorithmes permettent d'obtenir les composantes fortement connexes d'une matrice. Nous procéderons en trois étapes successives : recherche des composantes fortement connexes unitaires en tête, recherche des composantes fortement connexes unitaires en queue et calcul d'un ET booléen entre la matrice de précedence restante après fermeture transitive et sa transposée. A l'issue de la définition des composantes fortement connexes, un réarrangement de la matrice permet de mettre celle-ci en escalier. Une organisation flowshop se traduira

par un chemin entre des composantes fortement connexes unitaires. Une organisation de type machines parallèles se traduira par des composantes fortement connexes isolées.

Une autre problématique liée au processus de planification de la production concerne la difficulté de concilier les décisions opérationnelles avec les décisions prises au niveau tactique.

Nous avons analysé l'opportunité d'une approche de gestion de production à 2 niveaux : planification (long terme) et ordonnancement multi-ateliers (moyen et court terme) par l'étude entre autres :

- de l'introduction de contraintes de précédence entre travaux dans les problèmes d'ordonnancement afin de modéliser les liens entre articles issus des nomenclatures,
- de la modélisation des contraintes de temps de transfert.

Cette approche permet alors de considérer la problématique de planification et ordonnancement d'organisations hybrides tant au sein d'un même site de production (flowshop hybride, jobshop avec machines dupliquées) que d'une entité multi-sites.

Nous avons proposé l'utilisation des contraintes de précédence entre travaux pour modéliser les contraintes du processus d'ennoblissement textile pour lequel un produit passait plusieurs fois sur les mêmes ressources à différents stades de sa fabrication [Botta-Genoulaz, 1997a]. Cette idée a été appliquée pour modéliser des organisations jobshop avec machines dupliquées comme des organisations flowshop hybride avec contraintes de précédence, afin de modéliser les cycles d'utilisation des ressources. Le problème d'ordonnancement de jobshop avec machines dupliquées avec comme objectif la minimisation du makespan a été étudié et nous avons proposé des heuristiques d'ordonnancement « génériques » pour des organisations d'atelier considérées comme les plus complexes [Botta-Genoulaz et Guinet, 1999 ; Hammami, 1999 ; Guinet et Botta-Genoulaz, 2000].

6.2.3 Perspectives

Ces travaux ont démontré la faisabilité et la pertinence de ce type d'approche dans le domaine de l'aide à la décision pour le pilotage des systèmes de production. Une extension du périmètre du système de production pourrait être considérée : de l'interne à l'entreprise vers l'interentreprises. En 1998, nous avons proposé en ce sens le projet CaPUCInE (Case for distant Production Units Control Integration and Evaluation) : atelier de génie décisionnel pour piloter les systèmes de production multi-sites, dans le cadre de l'appel d'offre 1998 « programme scientifique système de production » (PROSPER) du CNRS. L'objectif de ce projet était la conception d'un atelier de génie logiciel générant, à partir de la spécification de systèmes physiques de production ainsi que de la définition des indicateurs de performance associés, un système d'aide à la décision pour le pilotage des différents sites de production. Le système de pilotage généré devait aider le décideur aussi bien au niveau tactique, pour l'ensemble des sites de production, qu'au niveau opérationnel, pour chacun d'entre eux. Nous retrouvons aujourd'hui ce modèle de système de pilotage ou d'aide à la décision dans les progiciels APS (*Advanced Planning and Scheduling System*). Néanmoins, cette problématique nous semble toujours d'actualité, compte tenu des problèmes rencontrés par les entreprises dans la mise en œuvre et l'utilisation de ces systèmes (voir section 8.3).

Plus globalement, la problématique industrielle d'ordonnancement et de planification a évolué ces dernières années vers une optimisation de l'ensemble des ressources de l'entreprise, qu'elles soient matérielles mais aussi humaines. Comme nous l'avons introduit en section 6.1.3, cela devient un enjeu vital pour les entreprises de pays industrialisés pour lutter contre la concurrence des pays à bas salaire. En France, le phénomène des 35 heures a amplifié ce problème entraînant une moindre disponibilité et un coût supérieur des ressources humaines qualifiées.

Déjà des travaux ont été entrepris sur l'ordonnancement des ressources humaines [Kane, 2001 ; Chaabane et al., 2004]. Nous retrouvons cette problématique dans le cadre de la thèse de France-Anne GRUAT-LA-FORME, traitant de l'amélioration de la performance industrielle sous l'angle de la planification des activités de l'entreprise et/ou de la chaîne logistique. Directement issu d'un besoin formulé par l'entreprise ROSET, mais pouvant plus généralement se retrouver chez tout industriel ayant une main d'œuvre à forte valeur ajoutée, le problème est de proposer une méthode d'ordonnancement et d'affectation des ordres de fabrication au personnel, tout en tenant compte des compétences propres de chaque individu (rendement, qualité d'exécution, coût horaire...). L'évaluation de la pertinence de la planification, basée sur le taux de

service client (ROSET travaillant à 90% à la commande) constitue une problématique connexe : nous proposons d'identifier et d'analyser les facteurs ayant un impact significatif sur cet indicateur pour arriver à un pilotage proactif de la chaîne logistique interne de l'entreprise, selon une approche SCEM (*Supply Chain Event Management*).

6.2.4 Publications associées

[Artiba et al., 1997a] A. ARTIBA, V. BOTTA, A. GUINET, H. HENTOUS, P. LEVECQ and F. RIANE, A unified framework and a classification scheme to model production systems. International Conference on Operations and Quantitative Management (ICOQM), January 5-8, Jaipur (India), Proceedings p.467-474 (1997).

[Artiba et al., 1997b] A. ARTIBA, V. BOTTA, H. HENTOUS, A. GUINET, P. LEVECQ, et F. RIANE, Conception d'un Atelier de Génie Décisionnel pour le Pilotage des Systèmes de Production. Projet TOURNESOL N°96087, Rapport d'étape, 8 pages (1997).

[Botta-Genoulaz, 1997a] V. BOTTA-GENOULAZ, Considering bills of material in hybrid flow shop scheduling problems. IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning (ISATP'97), August 7-9, California (USA), Proceedings p.194-199 (1997).

[Botta-Genoulaz, 1997b] V. BOTTA-GENOULAZ, Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'97), October 20-24, Lyon (France), Proceedings Book 1 p.12-22 (1997).

[Levecq et al., 1997] P. LEVECQ, V. BOTTA, A. GUINET and A. ARTIBA, Object oriented design of generic simulation models in hybrid flow-shop organisations. International Conference on Operations and Quantitative Management (ICOQM), January 5-8, Jaipur (India), Proceedings p.564-571 (1997).

[Botta-Genoulaz et Guinet, 1999] V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET, On the interpretation of jobshops with duplicated machines as hybrid flowshops. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'99), July 12-15, Glasgow (Scotland), Proceedings Book 2 p.146-157 (1999).

[Baboli et al., 2000b] H. BABOLI, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ, Manufacturing System Analysis Support for Reconfiguration and Control. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science JORBEL*, Vol.40, N°1-2, p. 47-54 (2000).

[Baboli et al., 2000a] H. BABOLI, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ, Manufacturing System Analysis Support for Reconfiguration and Control, 14th Conference on Quantitative Methods for Decision Making (ORBEL 14), January 20-21, Mons (Belgium), 6 pages (2000).

[Botta-Genoulaz, 2000] V. BOTTA-GENOULAZ, Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. *International Journal of Production Economics*, Vol.64, Issues 1-3, p. 101-111 (2000).

[Guinet et Botta-Genoulaz, 2000] A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ, Universality of Johnson's rule for multi-stage scheduling problems. Workshop on Production Planning and Control (WPPC), October 2-4, Mons (Belgium), Proceedings p.156-164 (2000).

Travaux encadrés

[Gomez, 1997] F. J. GOMEZ Simulation of a textile production system from OASISS methodology. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (1997).

[Hammami, 1999] A. HAMMAMI, Pilotage multi-ateliers : ordonnancement Job shop hybride. DEA ISCE, INSA de Lyon (1999).

6.3 Modélisation et optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques

Problématique :

- Maîtrise et optimisation de la traçabilité dans les systèmes de production et les chaînes logistiques (cas de l'industrie alimentaire)

Contributions :

- Méthode d'analyse et d'optimisation de la traçabilité interne ;
- Modèle mathématique d'optimisation de la dispersion des lots dans le cas d'un processus de désassemblage - assemblage ;
- Méthode de modélisation du processus d'enregistrement de la traçabilité dans les chaînes logistiques multi-sites.

6.3.1 Problématique

La traçabilité peut se définir comme la possibilité de suivre un produit aux différents stades de sa production, de sa transformation et de sa commercialisation, notamment dans les filières alimentaires.

La traçabilité, des animaux vivants et des produits d'origine animale, est apparue depuis l'antiquité. Le marquage à visée sanitaire ne s'est développé que plus tard, à l'occasion des grandes épizooties (peste bovine, péripneumonie contagieuse bovine, morve, rage...). Aujourd'hui présentée comme la solution miracle aux crises de sécurité alimentaire de plus en plus nombreuses (crise de la « vache folle » à partir de 1996, du poulet à la dioxine en mai 1999, l'épizootie de fièvre aphteuse en mars 2001 ou de la grippe du poulet en Asie en février 2004), la traçabilité est un sujet qui n'a jamais été autant d'actualité.

Avec environ 17% des emplois et de la valeur ajoutée de l'industrie française, le secteur agroalimentaire est la première industrie nationale française [Minegishi et Thiel, 2000]. Même si la traçabilité est un sujet sensible dans d'autres secteurs de production, comme l'industrie automobile, l'industrie pharmaceutique ou même le secteur hospitalier, le secteur agroalimentaire présente ses propres spécificités, et nous avons concentré nos travaux dans ce secteur. Van Wezel et Van Donk [1996], et Van Donk [2001] énumèrent les caractéristiques principales de l'industrie agroalimentaire.

- Nature et origine des composants qui induisent souvent des approvisionnements avec une grande variabilité de la qualité et des prix.
- Nombre important d'unités de volumes et de poids.
- Produits (composants, semi-finis ou finis) périssables (notion de DLC – Date Limite de Consommation – ou de DLUO – Date Limite d'Utilisation Optimale).
- Durée variable des processus suivant la nature et l'origine des composants.
- Structure divergente de produit, particulièrement dans la phase de conditionnement.
- Aléas de prix, de qualité et d'approvisionnement qui induisent plusieurs recettes pour un même produit.

L'industrie agroalimentaire, face à cette problématique de maîtrise et d'optimisation de la traçabilité devenue vitale, cherche à se doter d'outils performants. En effet, une crise mal gérée peut avoir des conséquences catastrophiques pour une entreprise. Nous sommes aujourd'hui passés dans l'âge de la précaution où il n'est plus nécessaire d'attendre qu'un risque soit avéré pour agir [Ewald, 1997].

Comment caractériser le besoin en traçabilité ? Quelle traçabilité considérer ? Comment suivre l'évolution des réglementations en la matière ? Quelles méthodes ou outils pour mettre en œuvre et optimiser la traçabilité dans ce contexte ?

Pour répondre au marché, à la demande de certains clients (marques de distributeurs) et aux nouvelles réglementations, de nombreuses entreprises ont déjà mis en place une traçabilité basée sur un enregistrement et un archivage (éventuellement informatisés) des informations. Mais les enjeux et

impératifs actuels imposent de nouveaux objectifs en termes de fiabilité des informations, de rapidité à retrouver la traçabilité et de précision des systèmes de traçabilité et ce tout au long de la chaîne logistique, illustrée en Figure 8.

Le sujet de la traçabilité a aujourd'hui surtout été étudié dans la littérature scientifique d'un point de vue qualité ou commercial. L'optimisation de la traçabilité dans l'objectif de répondre aux demandes des clients en termes d'informations liées aux produits constitue une des facettes de l'optimisation de la chaîne logistique.

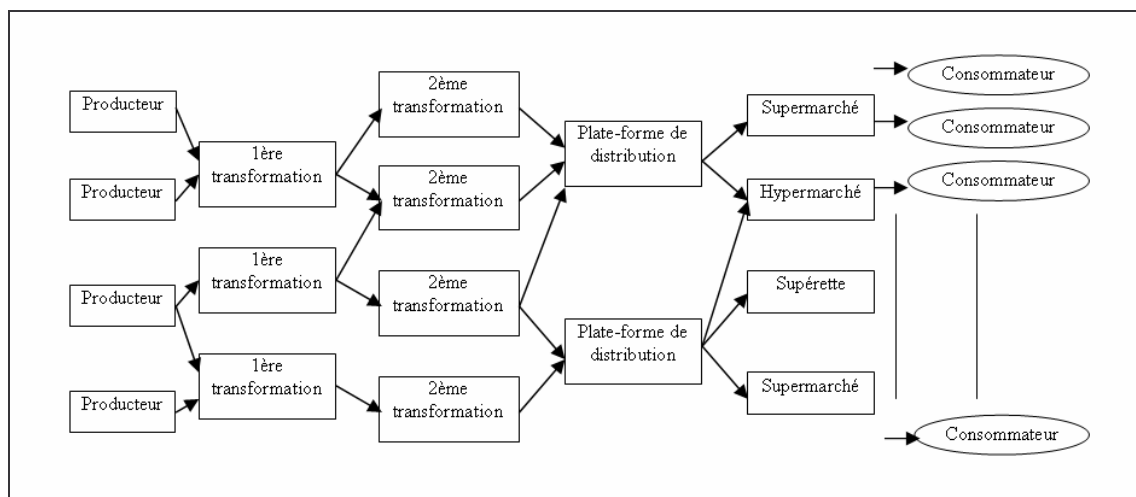


Figure 8 : Chaîne logistique générique dans l'agroalimentaire [Dupuy, 2004] d'après [Van der Vorst et al., 2000]

6.3.2 Etat de l'art

Nous avons pu constater que la traçabilité a aujourd'hui surtout été étudiée dans la littérature scientifique d'un point de vue qualité ou commercial et peu d'un point de vue « optimisation de la chaîne logistique ». Réciproquement, l'optimisation de la chaîne logistique a rarement été traitée sous l'angle de l'optimisation de l'échange d'informations et notamment les informations de traçabilité.

D'après la norme ISO 9000-2000, la traçabilité est l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné. Dans le cas d'un produit, elle peut être liée à l'origine des matériaux et des composants, l'historique de réalisation, la distribution et l'emplacement du produit après livraison. Moe [1998] propose une définition intéressante de la traçabilité de produits : il introduit dans cette définition la traçabilité de chaîne et la traçabilité interne. « La traçabilité est l'aptitude à rechercher un lot de produits et son historique au long de la totalité ou d'une partie de la chaîne de production de l'extraction au transport, au stockage, à la transformation, à la distribution et à la vente (c'est la traçabilité de chaîne) ou en interne dans une des étapes de la chaîne, par exemple l'étape de production (c'est la traçabilité interne). »

Selon l'usage désiré [Viruega et Vernet, 1999 ; Ramesh et al., 1995 ; GENCOD, 2001] – plan de rappel, garantie à l'origine, recueil de données, étalonnage... – différents types de traçabilité seront considérées comme l'illustre la Figure 9. Opara [2003] distingue cinq éléments essentiels pour la traçabilité qui, pris ensemble, forment un système de traçabilité intégré pour la chaîne logistique agroalimentaire : la traçabilité des produits, la traçabilité des processus, la traçabilité génétique, la traçabilité des produits entrants et la traçabilité des maladies.

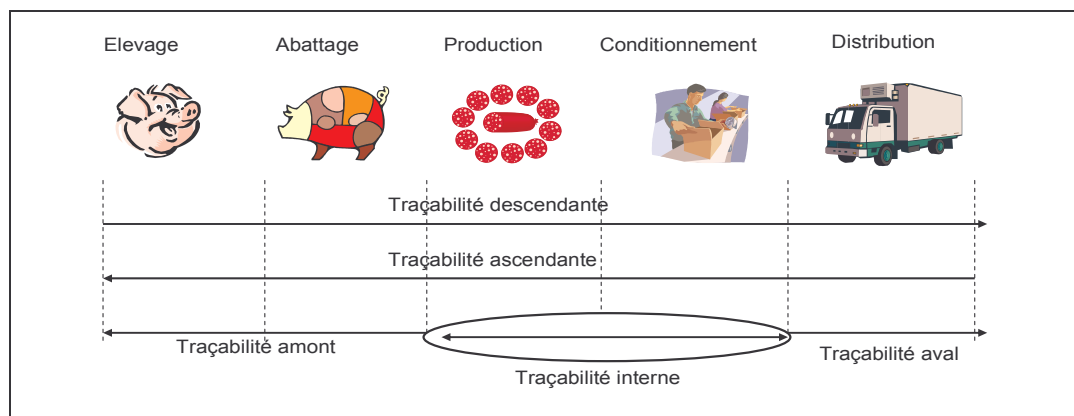


Figure 9 : Différents types de traçabilité [Dupuy, 2004]

Kim et *al.* [1995] proposent une ontologie de la traçabilité qui fait partie du projet TOVE¹ (TOronto Virtual Enterprise). TOVE Quality Ontology est une représentation formelle, utilisant la logique du premier ordre pour définir les termes, les relations et les axiomes qui sont communs à tous les domaines de la qualité. Cette ontologie introduit notamment deux concepts fondamentaux : celui d'activité élémentaire (*primitive activity*) et celui de TRU (*Traceable Resource Unit* ou unité de ressource traçable). Dans le cas de processus discrets, l'identification de lots est en général aisée. Par contre, dans le cas de processus continus (par exemple dans l'industrie du lait), l'identification est plus difficile. Pour les auteurs, un système de traçabilité idéal doit être capable de tracer l'historique à la fois des produits et des activités, c'est à dire des TRU et des activités élémentaires. Moe [1998] propose une description de ces deux entités avec leurs descripteurs dans le cas de l'industrie agroalimentaire. Grâce au modèle sémantique de leur ontologie et à la logique du premier ordre, Kim et *al.* définissent des règles fondamentales pour la traçabilité :

- si un TRU est dissocié, les parties dissociées gardent l'identification du TRU père ;
- si des TRU sont rassemblés, l'identification du nouveau TRU est différente des identifications des TRU pères.

Les différentes filières de l'agroalimentaire (filière bovine, filière lait, produits de la mer, céréales biologiques...) n'ont pas la même maturité quant à la mise en place de systèmes de traçabilité répondant aux enjeux et contraintes actuels [CNA, 2001].

De plus, très peu de travaux portent sur les systèmes de gestion de la traçabilité, leur implantation et surtout leur optimisation. Un tel système repose sur deux points fondamentaux que sont l'identification des lots et le système d'enregistrement et de gestion de l'information.

L'identification des lots de production, qu'elle soit manuscrite, par code à barre au autre, a pour objet d'identifier de façon univoque le lot de façon physique (identifier le lot dans l'atelier) et logique (l'identifiant est une clef unique). Il ressort d'une revue de la littérature sur les nouvelles technologies d'identification adaptées au secteur agroalimentaire [Mejdoub, 2005] que même si le marquage ADN et l'image rétinienne commencent à offrir des perspectives intéressantes, c'est la technologie RFID (Radio Frequency IDentification) qui inaugure une nouvelle ère : celle de la promesse d'une transformation radicale de la gestion de la chaîne logistique, en offrant une capacité réelle de suivi et de traçabilité (voir Figure 10).

¹ Le projet TOVE a pour but de proposer un modèle générique et réutilisable de données. www.eil.utoronto.ca/tove/comsen/TOVEIntro.html

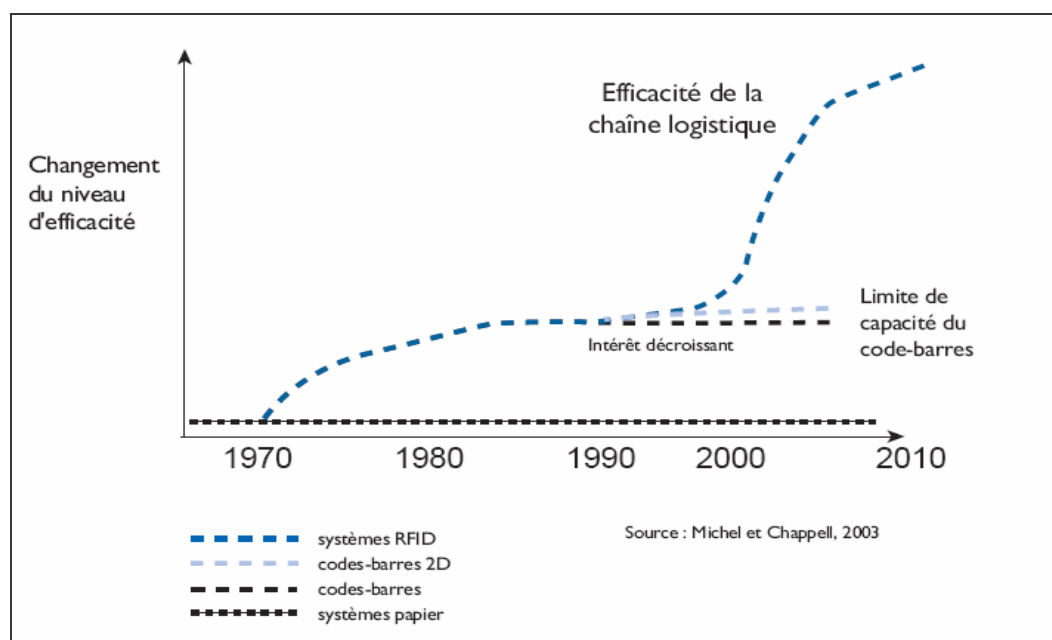


Figure 10 : Evolution du niveau d'efficacité de la chaîne logistique [Macmillan-Davis et *al.*, 2004]

L'enregistrement et la gestion de l'information peuvent se faire sur 3 niveaux complémentaires, pouvant cohabiter ou se substituer. D'abord la couche « atelier » (systèmes MES, *Manufacturing Execution System*, ou WMS, *Warehouse Management System*) a pour objet de recueillir les informations sur les lots de production. Ensuite la couche « usine » (systèmes GPAO, ERP) fait le lien entre les ordres de fabrication, les consommations et les fabrications grâce à une modélisation basée sur des nomenclatures des lots [Heij, 1996 ; Van Dorp, 2002]. Enfin, le niveau « filière ou chaîne logistique », généralement géré par des outils Internet partagés, permet, par l'enregistrement des entrées/sorties, de garantir la traçabilité de filières entières [Lecomte et Saidi-Kabeche, 2003].

Cet état de l'art [Dupuy et *al.*, 2003a] nous a permis de déterminer les contraintes et caractéristiques des filières de l'agroalimentaire ainsi que les problématiques de traçabilité associées.

6.3.3 Travaux et résultats

A partir d'une problématique industrielle « définition et mise en œuvre d'un système informatique de traçabilité dans une entreprise agroalimentaire » dans le cadre du contrat avec le groupe Aoste, et en nous appuyant sur les travaux d'état de l'art, nous avons défini une problématique de recherche : développer des outils d'aide à la conception, à la mise en œuvre et à l'optimisation de systèmes de traçabilité. Nous avons proposé des modèles adaptés à plusieurs niveaux de traçabilité, que nous avons expérimentés et appliqués sur notre cas industriel [Dupuy, 2004] :

1. pour la traçabilité interne et l'optimisation de la dispersion en production,
2. pour la traçabilité de la chaîne logistique et la définition du processus d'enregistrement de la traçabilité.

• Optimisation de la traçabilité interne

La méthode proposée [Dupuy, 2001 ; Dupuy et *al.*, 2002a] est adaptée aux industries agroalimentaires caractérisées par la production en lots selon un processus de fabrication par désassemblage et/ou assemblage. Elle vise, à partir d'une modélisation du flux des lots de production, à réduire la dispersion des lots, dans l'objectif de limiter les mélanges des lots de production qui pénalisent les rappels en cas de crise alimentaire. Cette méthode consiste en 4 phases décrites sur la Figure 11.

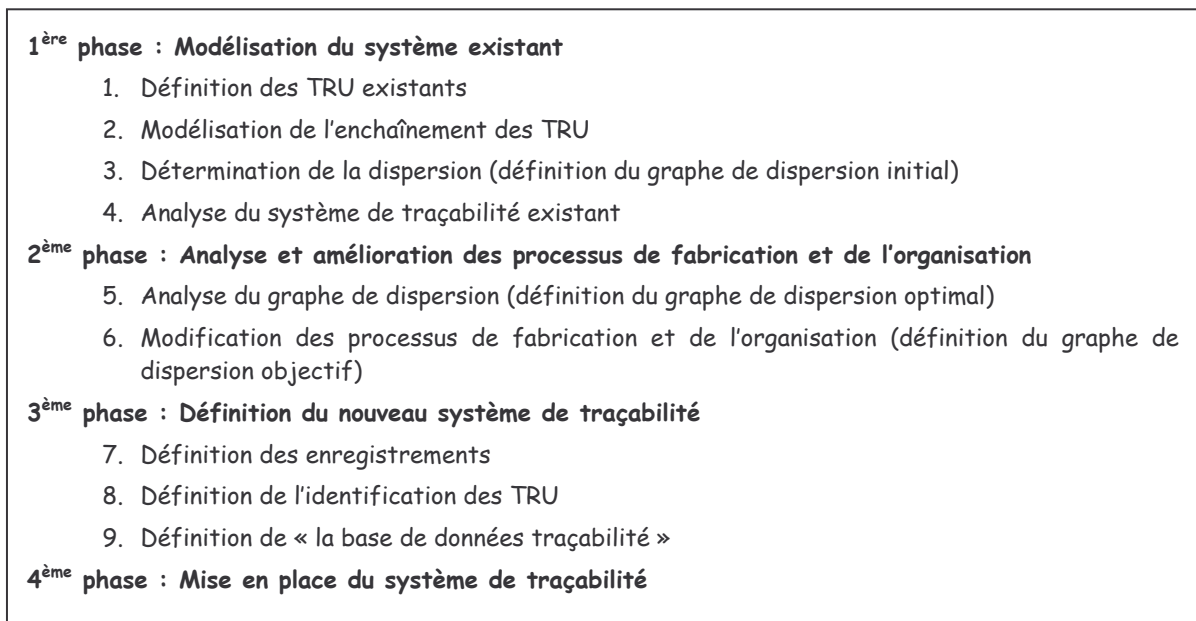


Figure 11 : Phasage de la méthode d'analyse et d'optimisation de la traçabilité

Pour mesurer la dispersion des lots au cours du processus de fabrication, nous avons proposé trois nouveaux indicateurs : dispersion descendante, dispersion ascendante et dispersion globale.

- La *dispersion descendante* d'un lot de matière première est le nombre de lots de produits finis qui contiennent une partie de ce lot de matière première.
- La *dispersion ascendante* d'un lot de produits finis est le nombre de différents lots de matières premières utilisées dans ce lot.
- La *dispersion totale* d'un système est égale à la somme des dispersions descendantes de tous les lots de matières premières et des dispersions ascendantes de tous les produits finis.

Sur le graphe de dispersion initial, construit par analogie avec les nomenclatures de lots au sens de Van Dorp [2002], les places représentant les TRU sont définies dans l'étape 1, leur enchaînement (les arcs joignant chaque TRU père à son ou ses TRU fils) dans l'étape 2 et la valeur des arcs (la dispersion) dans l'étape 3.

Compte tenu de la non constance des procédés de fabrication dans l'agroalimentaire, et en fonction de l'objectif de l'analyse, nous proposons de distinguer la dispersion minimale, maximale et moyenne. Sur le graphe de dispersion optimal (étape 5), pouvant être considéré comme le graphe de dispersion d'un système de « traçabilité totale », les valeurs de dispersion correspondent au minimum acceptable par l'entreprise¹.

L'analyse comparative de ce graphe avec le précédent met en évidence les « zones d'amélioration » du processus de fabrication, qui ne sont pas optimales en termes de traçabilité. L'entreprise définit alors le graphe de dispersion objectif (étape 6) correspondant à un compromis entre la situation idéale en termes de traçabilité et le coût des solutions envisagées (Figure 12).

Lors de la 3^{ème} phase, une fois le système de production optimisé pour la traçabilité, il s'agit de mettre en place un système d'information permettant de tracer les TRU du nouveau système, et dont les enregistrements sont les plus fidèles possibles aux processus de fabrication redéfinis. De plus, les identifications de TRU doivent permettre d'accéder aux informations qui lui correspondent. A partir du graphe de dispersion, de la liste des informations « traçabilité » liées aux TRU et des codes d'identification des TRU, on obtient le modèle entité/relation correspondant à la chaîne de production modélisée.

¹ Il n'est pas réaliste (pratiquement ou économiquement) d'aboutir à chaque opération à une dispersion de 1 – 1.

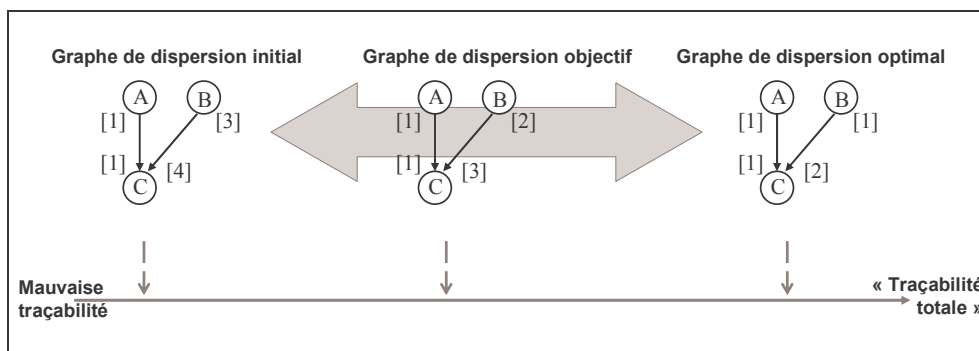


Figure 12 : Les différents graphes de dispersion

Cette méthodologie d'analyse et d'optimisation de la traçabilité a été appliquée au processus de découpe de viande et de fabrication de saucissons (« pôle sec » du groupe Aoste) dans le cadre du projet SPRING 3000. Cette démarche a été préalable à l'installation du nouveau système de gestion de la traçabilité. Elle a permis de « remettre à plat » les processus de fabrication et leur impact sur la dispersion des lots.

Dans le cas d'un usage « plan de rappel », l'objectif consiste à minimiser le nombre de produits finis à rappeler ; pour les déterminer, il s'agit à partir du lot de produit fini incriminé, de remonter par la traçabilité ascendante aux lots de matière première concernés puis de redescendre aux autres lots de produits finis par la traçabilité descendante. La définition du graphe optimal, lors de l'étape 5, permettant l'optimisation de la dispersion des lots de production constitue un problème d'optimisation complexe : minimisation de la dispersion ascendante et descendante.

Nous avons proposé un modèle mathématique [Dupuy et *al.*, 2002b ; Dupuy et *al.*, 2005] pour ce problème dans le cas particulier de la fabrication du saucisson : un processus de désassemblage (découpe) puis assemblage (mélange) illustré Figure 13.

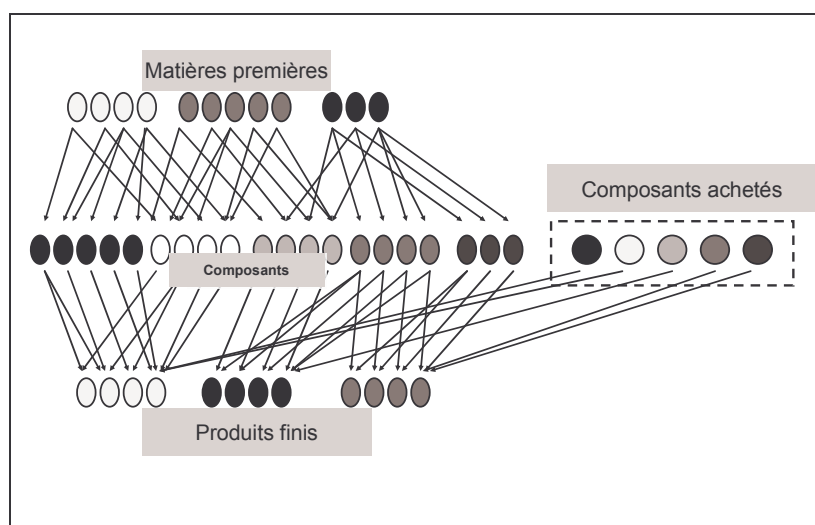


Figure 13 : Illustration des lots de fabrication et de leur dispersion

La fonction objectif permet de calculer la dispersion totale minimum comme la somme des liens entre les lots de matières premières et de produits finis et de la dispersion due aux composants achetés. Les contraintes modélisent les nomenclatures de désassemblage et d'assemblage, la conservation de quantités, et le fait que chaque composant est entièrement assemblé dans les lots de produits finis.

Etant donné la complexité du problème et le nombre de variables et de contraintes, le modèle mathématique linéaire mixte obtenu peut être résolu à l'aide du solveur LINGO sur des problèmes de taille réduite : cela constitue un outil d'aide à la décision d'un niveau tactique ou stratégique pour évaluer l'impact de nouvelles recettes ou de nouvelles nomenclatures de désassemblage par exemple.

- **Méthode de modélisation du processus d'enregistrement de la traçabilité de la chaîne logistique**

Que ce soit en interne au niveau de l'atelier de production ou au niveau de la chaîne logistique incluant clients et fournisseurs, un système de traçabilité passe forcément par l'enregistrement du flux matière. Nous avons proposé une méthode de modélisation du processus d'enregistrement de la traçabilité de la chaîne logistique [Dupuy et *al.*, 2003b]. Les objectifs visés sont d'augmenter la fiabilité de l'information, de diminuer la dispersion de l'information sur la chaîne et d'augmenter le périmètre des informations partagées, en vue d'augmenter la rapidité de réponse du système.

La méthode proposée, construite à partir de modèles génériques de processus est adaptée à la plupart des processus d'enregistrement du flux matière rencontrés dans l'industrie. Nous nous sommes appuyés sur l'outil de modélisation de processus ARIS [Scheer, 1994 ; Scheer, 2002] et plus précisément sur les chaînes de processus événementielles (CPE). Des ressources humaines ou matérielles et des unités organisationnelles (rôles et responsabilités) peuvent compléter le modèle de base (c'est la chaîne de processus événementielle étendue, CPEE), pour visualiser le modèle selon plusieurs points de vues (données, fonction, organisation, prestations ou ressources).

Par analogie avec le modèle SCOR (*Supply Chain Operation Reference model*) du Supply Chain Council [SCC, 2003], nous avons identifié 3 processus élémentaires : recevoir, fabriquer et expédier. Au niveau de chaque processus, l'enregistrement de la traçabilité comporte plusieurs étapes distinctes : ouverture du lot (création du TRU), création de l'identifiant, enregistrement des consommations et des liens père/fils (création de la nomenclature de lot), enregistrement des informations de traçabilité du lot (informations correspondant à l'activité primaire) et clôture du lot. A titre d'illustration, la CPE du processus recevoir est présentée de manière synthétique Figure 14.

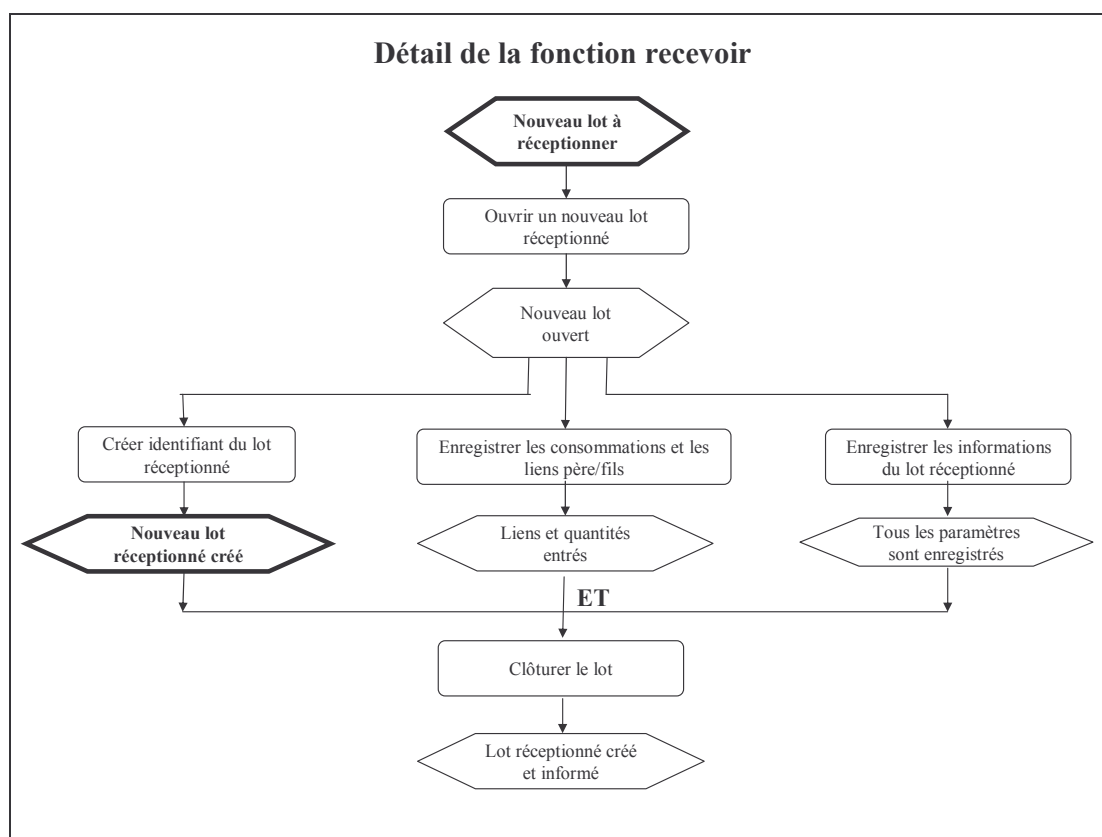


Figure 14 : Modèle CPE de la fonction « recevoir »

Ces modèles de processus génériques sont combinés pour modéliser tout ou partie d'une chaîne logistique. Cette méthode constitue un outil d'aide à l'analyse, l'optimisation ou la conception des systèmes de gestion de la traçabilité. De plus les possibilités de comparaisons de modèles offertes par ARIS permettent de

comparer un modèle cible développé avec cette méthode à un modèle des processus existants pour identifier des carences ou incohérences. Quelques indicateurs de performance viennent compléter cette méthode pour évaluer, comparer et améliorer le système de gestion de la traçabilité.

Dans le cadre du projet SPRING 3000 du groupe Aoste, cette méthode a été appliquée sur la totalité des sites de production de sa chaîne logistique interne, d'abord en tant qu'outil d'aide à la conception des postes d'acquisition de données, puis en tant qu'outil d'aide à la mise en œuvre par l'utilisation des CPEE [Dupuy, 2004].

6.3.4 Perspectives

Nous avons proposé quelques outils de modélisation et d'optimisation de la traçabilité dans l'agroalimentaire. Ces travaux pourraient être « outillés » et étendus en vue de proposer un guide de modélisation et d'optimisation de la traçabilité. De plus l'apparition de nouvelles réglementations européennes ou internationales risquent de faire apparaître de nouvelles problématiques de maîtrise de la traçabilité.

Des extensions pourraient être développées à partir du modèle mathématique d'optimisation de la dispersion au niveau opérationnel :

- le développement d'heuristiques d'optimisation en permettrait une utilisation industrielle ;
- une extension du modèle de 3 à 4 niveaux de nomenclature (phase conditionnement dans notre cas) permettrait d'avoir une vue plus globale de la chaîne logistique ;
- l'étude de variantes du modèle au niveau de la fonction objectif permettrait de considérer d'autres enjeux que la minimisation de la taille de rappel (taille et nombre de lots à rappeler en cas de crise alimentaire) ...

Une autre perspective est liée à la problématique de la taille et de la définition des lots qui a un impact direct sur les problèmes d'acquisition de données de traçabilité et d'optimisation de la dispersion présentés dans cette section. De nombreuses entreprises ne travaillent pas en « lots », mais en continu ou mixte continu/discret (par exemple dans l'agroalimentaire : les laiteries, fromagerie, l'industrie du chocolat...). Comment identifier les « lots » dans ce type d'industrie, comment associer les caractéristiques de production transformation aux produits, quels modèle et méthode proposer à ces entreprises qui souhaitent se lancer dans une démarche de maîtrise de la traçabilité sur leur chaîne logistique ?

6.3.5 Publications associées

[Dupuy et *al.*, 2002a] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET, Traceability analysis and optimization method in food industry. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE SMC'02), October 6-9, Hammamet (Tunisia), IEEE catalog number: 02CH37349C, ISBN: 0-7803-7438-X, Proceeding Vol. 1, p.494-499 (2002).

[Dupuy et *al.*, 2002b] C. DUPUY, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ, Batch dispersion model to optimize traceability in food industry, XV Conference of the European Chapter on Combinatorial Optimisation (ECCO XV), May 30-June 1st, Lugano (Switzerland), Abstract-book pp 51 (2002).

[Dupuy et *al.*, 2003a] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ, A. GUINET, Etat des lieux de la traçabilité dans l'industrie agroalimentaire. 5ème Congrès International de Génie Industriel, 26-29 octobre, Québec (Canada), Actes cdrom ISBN 2-9808240-0-3, 11p. (2003).

[Dupuy et *al.*, 2003b] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET, Optimisation de la chaîne logistique par la maîtrise de la traçabilité. Journées industrielles de la ROADEF, Avril, Montluçon, Actes 79-94 (2003).

[Dupuy et *al.*, 2005] C. DUPUY, V. BOTTA GENOULAZ, A. GUINET, Batch dispersion model to optimize traceability in food industry. *Journal of Food Engineering*, 70, 3 (2005) 333-339.

Travaux encadrés

[Dupuy, 2001] C. DUPUY, Analyse d'une chaîne de production agroalimentaire pour la caractérisation et l'amélioration de la traçabilité. DEA ISCE, INSA de Lyon (2001).

[Dupuy, 2004] C. DUPUY, Analyse et conception d'outils pour la traçabilité de produits agroalimentaires afin d'optimiser la dispersion des lots de fabrication. Thèse de Doctorat en Informatique et Systèmes Coopératifs pour l'Entreprise, INSA de Lyon (2004)

[Mejdoub, 2005] M. A. MEJDOUB, Outils d'identification pour la traçabilité en agroalimentaire. Master Recherche en Informatique, INSA de Lyon (2005).

6.4 Modélisation et optimisation du processus de pilotage de la chaîne logistique

Problématique :

- Maîtrise et optimisation du fonctionnement des chaînes logistiques dans un contexte de PMI-PME.

Contributions :

- Méthode d'analyse, de diagnostic et d'optimisation d'une chaîne logistique (approche processus, simulation).

6.4.1 Problématique

Comme nous l'avons présenté en introduction de ce chapitre, les bouleversements économiques combinés aux progrès technologiques ont poussé l'entreprise à sortir de ses murs, et les chercheurs à s'intéresser de manière plus globale au concept de management de la chaîne logistique. Dans le même temps, l'approche processus et le management par les processus se développent dans le monde industriel et apparaissent comme un levier potentiel d'amélioration de l'efficacité du pilotage de l'entreprise.

Les PME sont moins armées que les grands groupes quant à la définition et au déploiement de méthodes d'optimisation de la gestion des chaînes logistiques, que ce soit pour des raisons d'organisation ou de maturité sur ces concepts. Pour rester compétitives sur le marché et pour faire face à la croissance, elles ont besoin de méthodes structurées et adaptées à leurs caractéristiques. Le déploiement de stratégies industrielle ou commerciale, de même que la conception et la planification des chaînes logistiques ont fait l'objet de nombreux travaux et résultats, principalement dédiés aux grandes entreprises. Mais peu d'études ont été entreprises sur la gestion et l'optimisation des chaînes logistiques ciblées sur les PMI-PME.

La problématique que nous abordons ici concerne la définition de méthodologies d'analyse et d'optimisation de la gestion des chaînes logistiques dans un contexte de petites et moyennes entreprises. L'objectif est de pouvoir caractériser et diagnostiquer le fonctionnement d'une chaîne logistique, en vue de proposer des actions ou méthodes d'optimisation. Souvent étudiée selon un seul point de vue, que ce soit l'évaluation de performance, la simulation, les techniques d'optimisation, ... nous développons une démarche mixte combinant l'approche processus aux points de vue précédents.

6.4.2 Etat de l'art

Il ne s'agit pas de référencer tous les travaux réalisés dans le domaine de la gestion des chaînes logistiques mais d'identifier ceux qui contribuent à la construction de méthodes d'analyse et d'optimisation.

A la base, nous pouvons citer les deux référentiels principaux utilisés en gestion industrielle dans le domaine des chaînes logistiques : les modèles MRP et DRP pour la gestion et la planification de la production et de la distribution et le modèle SCOR¹ (*Supply Chain Operation Reference Model*) [Stephens, 2001 ; SCC, 2003] pour le pilotage des processus des chaînes logistiques. Considérés comme des références au niveau scientifique ils sont largement mis en pratique dans le milieu industriel. Ces modèles

¹ Ce modèle de référence est détaillé au chapitre 8, section « Point de vue des processus de gestion de la chaîne logistique », page 108.

proposent les meilleures pratiques associées à des modes de fonctionnement identifiés, mais ne disposent pas de méthode d'analyse instrumentée ou de méthodes de déploiement des meilleures pratiques.

De nombreux travaux ont été réalisés sur l'optimisation de la gestion des chaînes logistiques [Minegishi et Thiel, 2000 ; Harrison, 2001 ; Pirard et *al.*, 2004]. La grande majorité d'entre eux traitent des problèmes de la conception et du dimensionnement de chaînes logistiques étendues, d'optimisation de la collaboration et de la circulation de l'information entre les entreprises, de la planification des activités dans les chaînes logistiques, et de l'évaluation de performance des chaînes logistiques. Ces travaux se focalisent sur un point de vue ciblé mais ne proposent pas de méthodes de mise en œuvre complète d'une démarche de diagnostic de performance.

La modélisation des chaînes logistiques a fait l'objet de nombreux travaux [Min et Zhou, 2002 ; Aguilar-Saven, 2004]. Certains auteurs [Lambert et *al.*, 1998 ; Scheer, 1994 ; Scheer, 2002] considèrent l'approche processus comme base de la gestion de la chaîne logistique. Elle est souvent la première étape vers une simulation visant à l'évaluation ou l'amélioration de la performance de la chaîne logistique.

De plus, l'apport de la simulation à la résolution de ces problématiques a été aussi bien étudié [Ingalls, 1998 ; Minegishi et Thiel, 2000 ; Chang et Makatsoris, 2001 ; Persson et Olhager, 2002 ; Reiner et Trcka, 2004 ; Truong et Azadivar, 2003 ; Terzi et Cavaleri, 2004 ; Manzini et *al.*, 2005]. Les problématiques traitées portent principalement sur la conception ou l'optimisation des réseaux logistiques.

Enfin dans le cadre de la réingénierie des processus (ou *Business Process Reengineering*, BPR) des méthodes d'analyse assez pragmatiques sont proposées pour améliorer les processus d'entreprise [Gunasekaran et Nash, 1997 ; Cattan et *al.*, 1998 ; Balle, 2000 ; Billan et Pathy, 2001 ; Changchien et Shen, 2002]. Ces méthodes, basées sur le bon sens, sont souvent déconnectées du concept de « supply chain management » et sont peu instrumentées.

6.4.3 Travaux et résultats

Nous étudions cette problématique dans le cadre de la thèse d'Anthony VALLA, à partir d'un cas industriel dans le secteur agroalimentaire : l'entreprise VALRHONA, spécialisé dans la fabrication du chocolat.

Cette PME compte plusieurs sites de production pour servir quelques quinze mille clients répartis sur les cinq continents. Dans un contexte de demande croissante, l'entreprise connaît des difficultés de mise à disposition de ses produits se traduisant par la dégradation de son service client. Certains dysfonctionnements ont été recensés, mais la Direction peine à identifier clairement les leviers d'action et leurs relations de précédence afin d'améliorer la performance de la chaîne sans fragiliser son fonctionnement. En relation directe avec, en amont les producteurs de matière première alimentaire des pays producteurs, et en aval les artisans confiseurs (avant dernière étape avant le client final), la chaîne logistique interne de l'entreprise est large et couvre ainsi presque la totalité de la filière du cacao. De plus, les principaux acteurs de la chaîne logistique étendue de cette entreprise (fournisseurs, clients) sont des PME, assez peu sensibilisées aux problématiques industrielles et au concept de « supply chain ».

Le principe général de la méthodologie que nous proposons pour analyser et optimiser le fonctionnement d'une chaîne logistique est présenté Figure 15. En plus du cadre méthodologique, notre objectif est de développer des méthodes, modèles et outils pour supporter les différentes étapes, en combinant des techniques de modélisation, d'analyse, de simulation, et d'optimisation.

Dans le cadre d'un travail de DEA [Valla, 2003 ; Valla et *al.*, 2003], nous avons étudié l'apport de l'approche processus pour l'analyse du fonctionnement de la chaîne logistique d'une PME. Permettant une démarche très structurée, et participative, cette approche a été retenue pour définir une méthode d'analyse de chaînes logistiques internes correspondant aux étapes 1 à 7 de la Figure 15 [Valla et *al.*, 2004a ; 2004b].

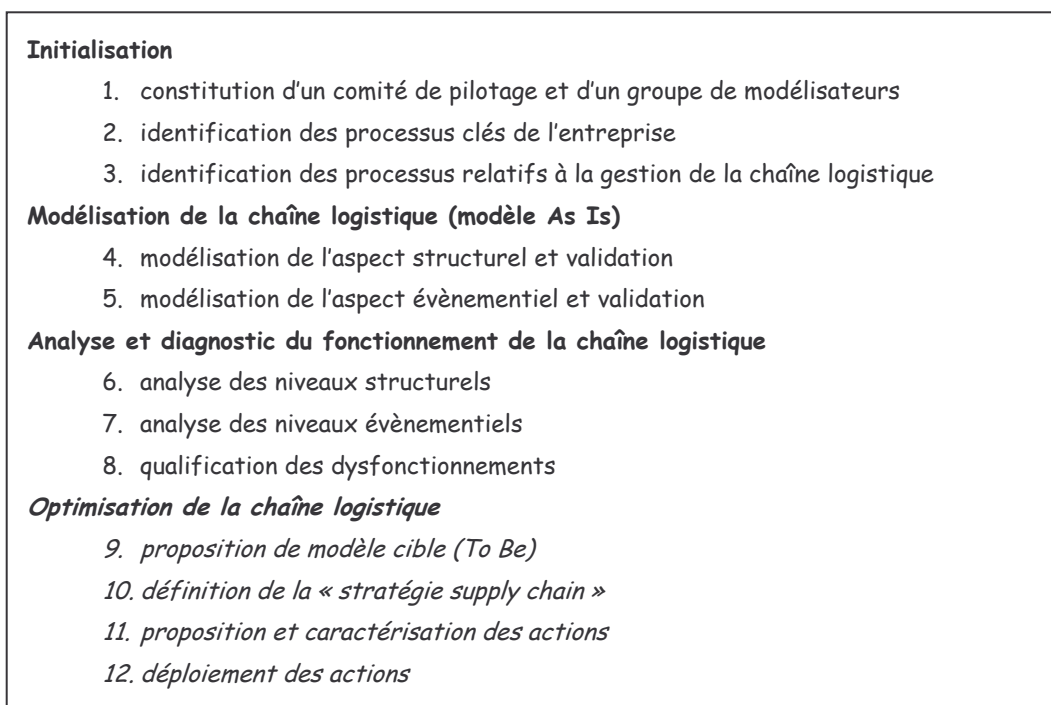


Figure 15 : Phasage de la méthode d'analyse et d'optimisation de la gestion de la chaîne logistique

Les aspects structurels (métier, activité, sous-activité) et évènementiels (processus opérationnel, sous-processus et tâche) sont identifiés et modélisés en utilisant les diagrammes de chaînes de plus-value et les chaînes de processus évènementielles (CPE) de la méthode de modélisation de processus ARIS [Scheer, 2002]. De plus, nous considérons au niveau de la modélisation les trois points de vue complémentaires : fonction, information et organisation. Les diagrammes de rattachement de fonction (DRF) permettent la modélisation de l'aspect organisationnel.

Pour les étapes 6 et 7 d'analyse, nous proposons une comparaison entre les modèles obtenus (*As Is*) et les meilleures pratiques (référentiels MRP, DRP, SCOR), dans une approche top/down, sur les 3 points de vue. De plus les interactions entre activités ou sous-activités de même que les interfaces intra et interprocessus sont analysées de manière à valider la cohérence des flux physiques, informationnels et décisionnels. Cette méthode, inspirée des techniques de BPR permet de faire apparaître les dysfonctionnements potentiels.

Au niveau de la phase de diagnostic, le premier objectif de l'étape 8 est de reconnaître les « vrais » dysfonctionnements parmi les dysfonctionnements potentiels, de les classer parmi trois niveaux de criticité, et d'identifier les relations de « cause à effet » qui les relient.

Niveaux de criticité :

1. Les dysfonctionnements empêchant d'avoir un flux d'information correspondant aux flux physique et coordonné avec lui temporellement.
2. Les dysfonctionnements relatifs à la structure fonctionnelle et organisationnelle de la gestion de la chaîne logistique ainsi que la stratégie de fonctionnement.
3. Les dysfonctionnements empêchant le fonctionnement optimal de la chaîne dont la résolution ne remettra pas en cause la structure de la chaîne logistique.

Cela permet de qualifier les dysfonctionnements, de mesurer leurs impacts, ainsi que de tester et évaluer des solutions potentielles. Pour ce faire, nous proposons un modèle qui associe modélisation des processus (modèle statique) et simulation (modèle dynamique) dont le principe est présenté en Figure 16.

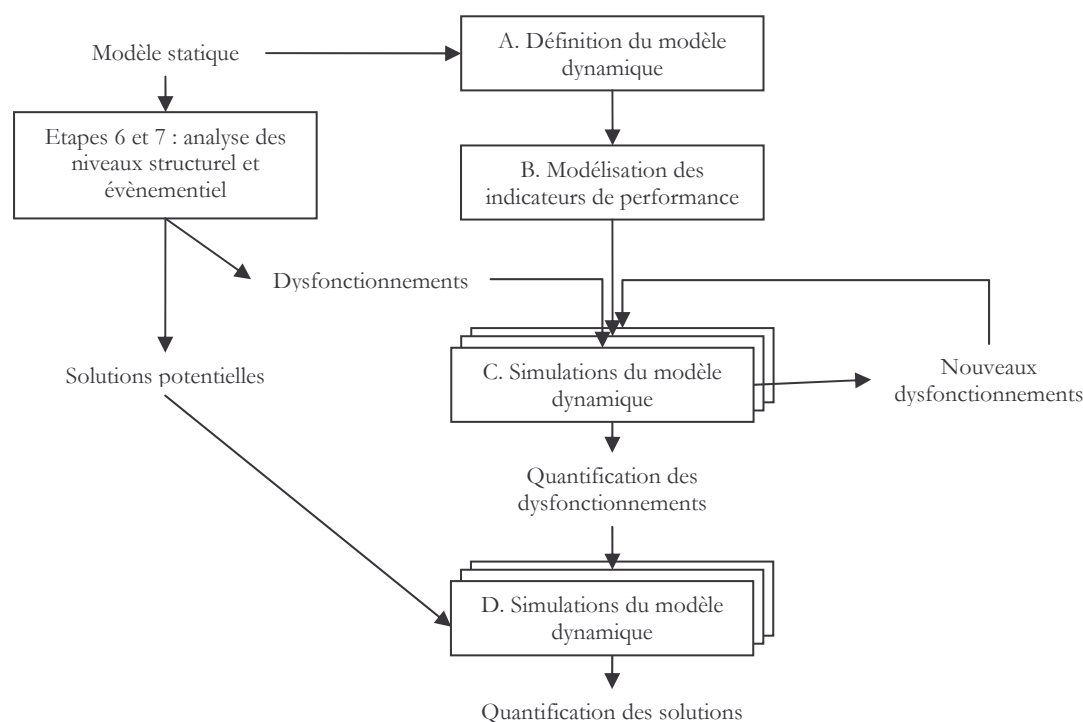


Figure 16 : Articulation des modèles statiques et dynamiques

L'utilisation de ce modèle permet d'évaluer différents scénarios quant aux flux physiques, informationnels et décisionnels dans la chaîne logistique, à l'aide d'indicateurs quantitatifs globaux et locaux (temps de traitement des ordres, taux d'utilisation des ressources, coûts liés aux différentes solutions...). Ce modèle a été développé en s'appuyant sur ARIS Toolset pour la modélisation de processus (modèle statique) et ARENA pour la modélisation à événements discrets (modèle dynamique) [Valla et *al.*, 2005].

Cette méthodologie est en cours de déploiement sur le cas de la chaîne logistique interne de l'entreprise VALRHONA. Le comité de pilotage, composé de 4 membres du comité de Direction de l'entreprise a identifié 1 des 4 processus clés de l'entreprise comme supportant la gestion de la chaîne logistique. Ce processus clé, composé de 4 métiers, a été modélisé et détaillé. Au total, la modélisation de la chaîne a permis d'identifier 80 processus ou sous-processus opérationnels (CPE) pour environ 100 tâches (DRF). L'analyse a permis d'identifier quelques 105 dysfonctionnements et le modèle de diagnostic, appliqué au processus « traitement de la commande », a permis d'évaluer deux scénarios de solutions en termes financier et organisationnel.

6.4.4 Perspectives

Ce travail se poursuit et les prochaines étapes, dans le cadre de la thèse d'Anthony VALLA concernent :

- l'instrumentation des étapes de modélisation (extrapolation à partir du travail réalisé avec ARIS pour définir un guide de modélisation générique),
- l'instrumentation des étapes d'analyse (questionnement),
- l'approfondissement des modèles de diagnostic : quantification des plans d'actions, étude de modèles alternatifs (utilisation d'outils de modélisation et de simulation de processus comme ARIS simulation...).

Une perspective à moyen terme sera la proposition de méthodes et outils pour la dernière phase de la méthodologie proposée Figure 15, phase d'optimisation de la chaîne logistique. De plus, nous envisageons de tester la robustesse et généricité de la méthodologie sur d'autres cas industriels.

D'autres part, à l'occasion de ces travaux et de la coopération avec l'entreprise VALRHONA, nous avons identifié une problématique de recherche connexe : comment évaluer la pertinence de la position des points de découplage dans une chaîne logistique ? Autrement dit, quelles influences ont les typologies de

production (MTS, MTO, ETO...) sur les modèles de planification des chaînes logistiques ? Cette problématique se rapproche du problème stratégique auquel sont confrontées de nombreuses entreprises : « faire ou faire faire » ou « make or buy ».

Un premier travail a été réalisé sur l'usage des différentes stratégies de production dans le secteur agroalimentaire [Champagnat, 2004]. Il a été complété par une étude des critères de choix et des indicateurs de performance associés à ces stratégies [Mouelhi, 2005]. Une perspective de recherche serait de développer un système d'aide à la décision multicritères pour le choix des stratégies de production dans les chaînes logistiques.

6.4.5 Publications associées

[Valla et al., 2004b] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET, Supply chain Business process oriented analysis. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE SMC'04), October 10-13, The Hague (The Netherlands), IEEE Catalogue Number 04CH37583C, Proceedings ISBN 0-7803-8567-5, p.4527-4534 (2004).

[Valla et al., 2004a] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET, Diagnostic d'une chaîne logistique interne orientée processus : application à un cas industriel. 5^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et Simulation (MOSIM'04), 1-3 Septembre, Nantes (France), Actes ISBN 2-7430-0731-1, p. 737-744 (2004).

[Valla et al., 2005] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ, A. GUINET and F. RIANE, Business Process Improvement using Simulation: An industrial application. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'05), May 16-19, Marrakech (Morocco), Proceedings ISBN 2-9600532-1-4, p. 884-893 (2005).

Travaux encadrés

[Valla, 2003] A. VALLA, Analyse d'une chaîne logistique interne à l'aide d'un outil de modélisation orienté processus, DEA ISCE, INSA de Lyon (2003).

[Champagnat, 2004] F. CHAMPAGNAT, MTO – MTS strategies in the food industry. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).

[Mouelhi, 2005] W. MOUELHI, Une étude sur les différentes stratégies de production guidée par les critères de choix et les indicateurs de performance associés. Master Recherche en Informatique, INSA de Lyon (2005).

7 Evaluation des projets d'intégration

7.1 Introduction

Depuis plus de 10 ans, nous assistons à la généralisation des progiciels de gestion intégrés (ERP, *Enterprise Resource Planning*) au cœur des systèmes d'information des entreprises industrielles et de plus en plus souvent de services. Avec plusieurs milliers d'objets et des dizaines de milliers de transactions, un progiciel ERP est un outil compliqué ; mais lorsqu'il est implanté dans une entreprise au service de la gestion des processus opérationnels et utilisé par des acteurs humains, il devient un système « sociotechnique » complexe [Simon, 1969 ; Gilbert, 2001].

Dans la suite de ce mémoire, nous appellerons « projet d'intégration » les projets de mise en œuvre et d'implantation dans une organisation d'un progiciel de gestion intégré de type ERP.

Les problématiques de recherche qui nous intéressent autour de ces objets (les ERP) et pour lesquels nous développons dans ce chapitre nos résultats concernent :

- les méthodes ou référentiels de gestion de projet et les méthodes de cartographie des processus (business process mapping) associées (section 7.3),
- l'impact des typologies d'entreprise (production de biens – production de services) sur les projets d'intégration (section 7.4),
- la mesure de la performance de ces projets, entendue l'évaluation de la contribution de l'ERP à la performance de l'organisation (section 7.5),
- l'analyse et l'évaluation de l'intégration pour la mesure de la complexité d'un système d'information (section 7.6).

Auparavant, nous introduisons dans la section suivante ce qu'est un ERP, sa place dans le système d'information d'une organisation (section 7.2.1) et la problématique d'intégration associée (section 7.2.2). Nous présentons quelques statistiques sur les projets d'intégration de type ERP, permettant d'apprécier les enjeux de recherche qui y sont liés (section 7.2.3), et proposons un état de l'art de la littérature scientifique sur les recherches menées autour de ces sujets (section 7.2.4).

7.2 Etat des lieux

7.2.1 Introduction aux progiciels de gestion intégrée

Le partage des tâches à l'intérieur d'une organisation crée des besoins de coordination pour répondre aux impératifs de cohérence. Négociée ou organisée, la recherche de cohérence implique le traitement et la communication d'informations. La plupart des enquêtes montrent que les problèmes de communication sont un des principaux obstacles à une bonne performance de l'organisation. L'absence de communication ou la mauvaise communication ont pour effet des lacunes de coordination et des manques de pertinence des représentations utilisées dans l'organisation. L'information apparaît donc comme le lien indispensable, l'instrument majeur de la cohérence organisationnelle [Reix, 2002].

C'est aussi un élément de l'ouverture et de l'apprentissage d'une organisation. Pour agir de manière efficace, l'organisation doit disposer de représentations pertinentes de son environnement, doit être capable d'interpréter les signaux reçus pour comprendre le monde qui l'entoure. Bien que l'environnement soit évolutif, l'organisation va chercher à apprendre, donc à sélectionner des réponses efficaces aux stimuli qu'elle reçoit. Ces processus d'apprentissage supposent l'existence de dispositifs de mémorisation de

l'information au sein de l'organisation, la difficulté consistant à enregistrer et analyser les signaux qui, faibles à l'instant t , deviendront forts le moment voulu.

En s'inspirant des définitions de Alter [1996] et Reix [2002], nous proposons de définir un système d'information comme un ensemble organisé de ressources (matériel, logiciel, personnel, données, procédures...) qui utilise les technologies de l'information pour saisir, transmettre, stocker, retrouver, manipuler ou afficher de l'information utilisée dans un ou plusieurs processus de gestion. Vu à l'origine comme un simple problème d'automatisation des tâches administratives répétitives, la question de l'utilisation efficace et efficiente des technologies de l'information et de la communication est devenue aujourd'hui stratégique, et concerne toute organisation quelle que soit sa taille et son domaine d'activité. L'évolution de ces technologies a contribué au développement des systèmes d'information et de gestion des entreprises, avec une extension constante du périmètre fonctionnel et décisionnel, depuis les premières applications fonctionnelles jusqu'aux ERP d'aujourd'hui.

Dans les années 1980, le concept d'intégration s'étendait de la production au domaine du développement produit avec le CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Mêlant pour certains conception et dessin assisté par ordinateur, GPAO, ateliers flexibles, stockage automatisé et contrôle des opérations, présenté par d'autres comme un réseau unifié de systèmes informatiques assurant et/ou contrôlant la totalité des fonctions intégrées de l'entreprise, le CIM était en réalité une technologie facilitant l'intégration de la production. Déjà en 1988, Ingersoll Engineers [1988] annonçait sa généralisation pour 1995. L'origine des ERP peut s'expliquer du point de vue intégration de systèmes informatiques (des systèmes hétérogènes appelés « *legacy systems* » aux systèmes intégrés), ou du point de vue intégration des processus de gestion, autrement dit « métier » [Botta-Genoulaz, 2005]. En effet il est communément admis que le terme ERP est une extension du terme MRP (Manufacturing Resource Planning) [Forest, 1999 ; Lequeux, 1999 ; Tomas, 1999].

La littérature a beaucoup tergiversé sur la définition de ce qu'est un ERP [CIGREF, 1999 ; Koch et al., 1999 ; Lequeux, 1999 ; Klaus et al., 2000 ; Boutin, 2001 ; Brown 2001 ; APICS, 2002]. Nous retiendrons principalement de ces définitions le caractère transversal de l'ERP et l'unicité de la base de données pour l'ensemble des fonctions couvertes : il permet de fédérer l'ensemble des processus de l'entreprise dans chacun des domaines qui la constituent, et ce, dans une approche transversale qui optimise sa productivité. Il fournit à l'ensemble des acteurs de l'entreprise une image unique, intègre, cohérente et homogène de l'ensemble des informations dont ils ont besoin pour jouer pleinement leur rôle. Nous en proposons la définition suivante :

Un ERP est une application informatique paramétrable, modulaire, intégrée et ouverte, qui vise à fédérer et à optimiser les processus de gestion de l'entreprise en proposant un référentiel unique et en s'appuyant sur des règles de gestion standards.

La définition précédente décrit l'ERP en tant que progiciel, commercialisé par un éditeur, qui doit être paramétré, configuré et adapté à une entreprise donnée. Le terme ERP lorsqu'il s'agit d'une partie du système d'information d'une entreprise – c'est-à-dire lorsqu'il a été « instancié » pour une organisation – est devenu un support aux processus de gestion de l'organisation ; il ne dispose plus alors de l'ensemble des possibilités proposées dans la version générique et la pertinence ou l'efficacité de ce support dépendent des choix de configuration et de paramétrage.

Nous pouvons résumer les avantages de l'intégration, au sens de l'utilisation d'un progiciel de gestion intégré de type ERP, au niveau du système d'information :

- élimination des doubles saisies (les données circulent entre les applications de gestion d'entreprise, ce qui permet de réduire tout effort inutile et d'éviter l'existence de données manquantes ou erronées) ; réduction des interfaces systèmes et des exigences de gestion tout en assurant la portabilité ;
- accès en temps réel aux informations communes : les données sont théoriquement disponibles (en fonction des droits d'accès) pour tout utilisateur, à partir de tout endroit et à tout moment ; cela permet une meilleure réactivité et une prise de décisions en connaissance de cause ;

- possibilité d'exécuter les processus de manière simultanée et non consécutive, ce qui permet d'en réduire la durée ;
- traçabilité de l'information, résultats de gestion visibles à travers des frontières fonctionnelles, répercussion immédiate des impacts financiers.

L'ERP répond à un besoin de gestion : c'est un outil transactionnel qui permet d'effectuer des opérations courantes, de mettre à jour un certain nombre de mouvements physiques et financiers. Le résultat attendu de son utilisation est principalement la maîtrise des dépenses. Depuis quelques années, le besoin s'est fait sentir de compléter ce système transactionnel par des systèmes décisionnels répondant à un besoin d'optimisation que ce soit en interne ou au-delà des frontières d'une organisation.

Dans le domaine de la planification des activités de production, des fonctionnalités de planification avancée ont été ajoutées aux grands ERP avec l'apparition des APS (*Advanced Planning Systems*). Palliant les lacunes des systèmes de gestion transactionnels que sont les ERP, ils offrent la possibilité de prendre en compte la capacité finie en amont dans le processus de planification et de permettre de simuler et évaluer plusieurs scénarios de planification (voir section 8.2). L'usage de ces APS correspond alors à un objectif de création de valeur. Etendus à plusieurs entités dans le cas d'entreprises multinationales, multi-sites ou de réseaux d'entreprises, ils permettent de gérer et optimiser le réseau logistique. D'autres fonctionnalités ont été développées pour couvrir toutes les activités de la gestion de la chaîne logistique ou *Supply Chain Management (SCM)* au niveau opérationnel : *Supply Chain Event Management (SCEM)*, *Supply Chain Execution (SCE)*, *Warehouse Management System (WMS)*, *Advanced Order Management (AOM)*, *Transport Management System (TMS)*, etc.

Les fonctions liées à la gestion des données techniques et plus généralement à la gestion du cycle de vie des produits se sont développées avec les progiciels de *Product Lifecycle Management (PLM)*, supportant le processus de conception produit.

La gestion de la relation client, au cœur des préoccupations des entreprises, a aussi fait l'objet de développement de la part des éditeurs, avec l'apparition de progiciels de *Customer Relationship Management (CRM)*, dont la philosophie est d'anticiper la demande par une meilleure connaissance des attentes des clients.

La gestion des relations entre partenaires a profité des nouvelles technologies de la communication pour déployer des fonctions d'*e-business* (e-commerce, Business-to-Business, Business-to-Customer, e-procurement, market-place, ...) ayant pour objectif de créer des vitrines ouvertes sur le monde et implanter une technologie capable de lier les différents protagonistes de l'activité de l'entreprise ainsi que leurs systèmes d'information.

Dans le domaine du management, la multiplication des informations disponibles dans les bases de données a rendu très difficile l'identification de l'information porteuse de valeur ajoutée ; les systèmes décisionnels ou *business intelligence (BI)* sont alors venus compléter les ERP dans le domaine de l'analyse de données et du reporting.

Si l'ERP constitue le cœur du système d'information de l'entreprise, nous assistons aujourd'hui à une extension du domaine de ses compétences fonctionnelles par l'ajout en amont des fonctions de supply chain management qui permettent une meilleure visibilité et traçabilité de l'ensemble de la chaîne logistique et en aval par l'apparition de solutions de gestion de la relation client ayant pour but de proposer un produit toujours plus proche des attentes du client final par une connaissance approfondie de celui-ci. Des analystes internationaux comme le Gardner Group ou META Group parlent d'ERP II, ou ERP III et proposent une nouvelle définition :

Un ERP est une suite d'application de gestion incluant la gestion financière, la gestion des ressources humaines et soit au moins l'une des deux suivantes : SCM ou CRM [Paulus, 2002 ; Hanscome, 2003].

7.2.2 Problématique d'intégration

Des travaux sur l'intégration sont menés dans les sciences humaines et sociales, et interrogent les stratégies de management autour des concepts d'externalisation, de recentrage, d'internalisation, de coopération. Les travaux sur l'intégration des organisations portent principalement sur la notion de coordination [Thompson, 1967 ; Lawrence et Lorsch, 1969 ; Daihini, 1994 ; Everaere, 1994 ; Geffroy-Maronnat, 2002]. L'intégration technique autour des normes de données dans les échanges, des protocoles et de la maîtrise des processus de collaboration génère de nombreuses publications, autant dans le domaine de l'intégration d'applications (EAI, *Enterprise Application Integration*) que dans la perspective de système d'information construit par composants [Gold-Bernstein, 1999 ; Sarkis, 2003 ; Werner et Vetter, 2003].

L'histoire de l'intégration des systèmes d'information [Kosanke, 1999] permet d'identifier quatre niveaux d'intégration : systèmes, applications, affaires, et enfin entreprises. Il définit l'intégration comme un effort d'amélioration de l'efficacité d'un système global en reliant ses éléments par des réseaux de communication dans l'objectif d'obtenir une meilleure efficacité et un meilleur dynamisme (responsiveness) du système par rapport à un fonctionnement isolé de ses composants. L'auteur souligne le caractère pluridisciplinaire des réponses possibles, devant prendre en compte des ressources hétérogènes, dont le rôle et l'engagement des personnes. L'intégration est le plus souvent présentée ainsi comme un facteur de performance, notamment l'intégration de la chaîne logistique au service du client.

A l'opposé, des études identifient l'intégration imposée par un ERP comme une contrainte face aux besoins de flexibilité des entreprises. Ainsi la classification de l'intégration sur deux axes (visibilité, flexibilité) de Evegeniou [2002], permet d'identifier dans un quadrant visibilité faible/flexibilité forte intitulé « entreprise décentralisée » une infrastructure non intégrée de système d'information, et dans le quadrant visibilité forte/flexibilité faible, l'intégration autour d'un ERP.

Suivant la nature des organisations et les modes de pilotage retenus, l'intégration pourra prendre différentes formes conduisant toutes à la multiplication des objets gérés et des dépendances entre ces objets, qui pourront rendre difficile l'évolution et la conduite du changement. La cohérence entre les aspects organisationnels et informationnels de l'intégration en est donc un des facteurs de succès.

Le cas de l'ERP est de ce point de vue particulier et révélateur, car il masque cette complexité de son intégration interne dans le packaging produit et sa standardisation. C'est justement ce qui est « enfermé » dans l'ERP qui est pertinent pour comprendre comment assurer la cohérence entre l'intégration organisationnelle et informationnelle, quelle que soit la solution technique utilisée pour permettre cette intégration informationnelle. Or si l'ERP peut proposer des « connecteurs » assurant l'ouverture aux différentes approches de l'intégration informatique, s'il doit proposer des modèles externes des objets à échanger, il ne peut ouvrir sa logique d'intégration interne sans mettre en cause l'actif immatériel qu'il représente et donc les droits de l'éditeur.

7.2.3 Enjeux socio-économiques des projets ERP

Pour permettre de prendre la mesure des enjeux liés à l'étude de ces projets d'intégration, nous présentons ici une synthèse d'enquêtes conduites ces dernières années sur les projets ERP dans les entreprises [Mabert et al., 2000 ; Canonne et Damret, 2002 ; Labruyere et al., 2002 ; Moulin, 2002 ; Olhager et Selldin, 2003] publiée dans Botta-Genoulaz [2005].

7.2.3.1 Motivations des entreprises

Le Tableau 4 présente une synthèse des motivations technologiques et opérationnelles exprimées par les entreprises.

Si le passage à l'an 2000 ou un besoin d'évolution technique ont été et sont encore les principales raisons du lancement des projets ERP, nous retrouvons maintenant des arguments liés à l'optimisation globale du système d'information ou à la volonté des entreprises de disposer d'un système leur permettant de mieux se positionner face à la concurrence ou à leur environnement.

Motivations technologiques	Motivations opérationnelles
Incompatibilité du système avec l'an 2000	Mauvaise performance
Systèmes hétérogènes	Structure de coûts trop élevés
Mauvaise qualité ou visibilité de l'information	Manque de dynamisme ou de répondant avec les clients ou fournisseurs
Processus opérationnels ou systèmes non intégrés	Processus trop complexes ou inefficaces
Difficultés d'intégrer les acquisitions	Inaptitude de l'entreprise à supporter de nouvelles stratégies métiers
Systèmes obsolètes	Globalisation d'activité
Impossibilité de supporter la croissance	Processus opérationnels incohérents

Tableau 4 : Motivations pour les projets ERP

Jusqu'en 2001, l'industrie est restée le principal client des éditeurs de logiciels ERP, comme le montre la Figure 17. Cependant, dès 1999 les analystes notaient une certaine dynamique des entreprises du secteur des services avec des tendances différenciées : les entreprises du secteur des services aux entreprises, ainsi que celles du commerce de gros et détail ont été les premières à investir en achat de solution ERP, tandis que les Télécommunications, le Secteur Public et la Santé, et la Banque/Assurance/Finance restaient en retrait sur ce marché [IDC France, 2000 ; 2002].

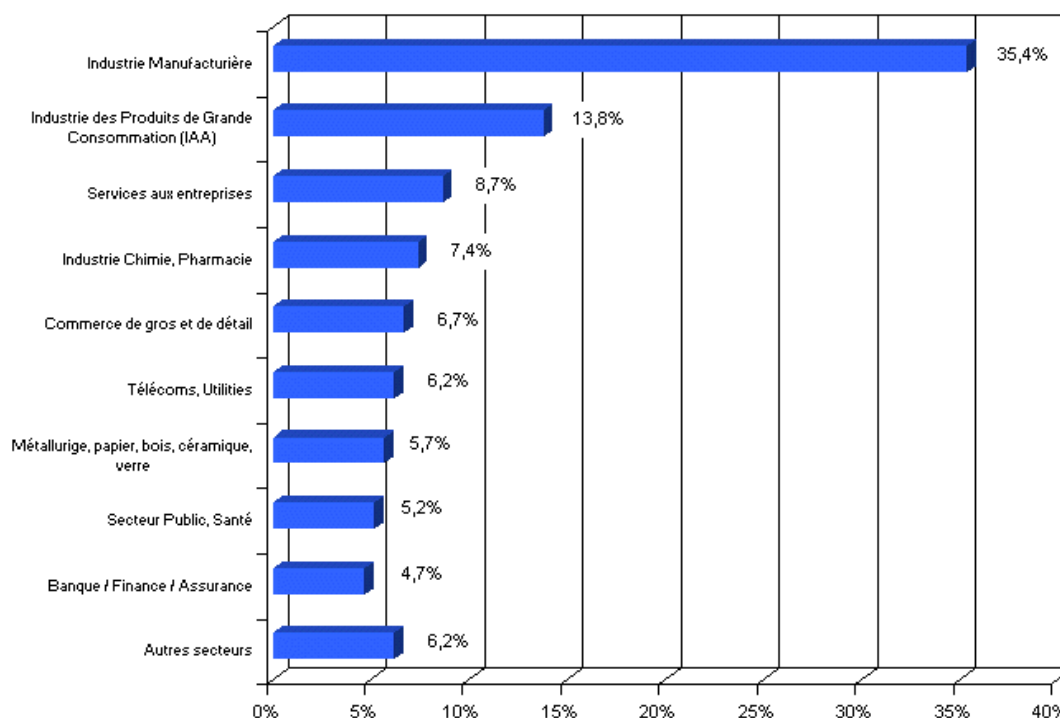


Figure 17 : Répartition des ventes de logiciels ERP par secteurs d'activités, revenus licences (%), 1999 [IDC France, 2000]

7.2.3.2 Coûts et délais de mise en œuvre

Les indicateurs sont très variables : nous retrouvons des durées d'implantation allant de 6 à 36 mois en fonction de la définition du projet, la taille de l'organisation et l'implantation des sites, l'organisation de l'entreprise, le nombre d'utilisateurs, le nombre de modules à implanter, l'implication du personnel et l'importance de l'aide extérieure. Les budgets et coûts de mise en œuvre sont des données souvent confidentielles. Sur le marché français, le coût d'un projet peut s'estimer avec des solutions éditeur international de 6 à 9 000 € par utilisateur aux solutions éditeur franco-français de 3 à 6000 € par utilisateur. Il est à noter l'importance de la part de choix et mise en œuvre (50 à 65%) dans le coût total, par rapport à la part licence (20 à 35%) et à la part matériel (environ 15%).

Lors des projets, de nombreux risques sont à évaluer : organisationnel, de mise en œuvre, fonctionnel, contractuel, économique, technique et bien sûr humain. Ces risques, mal estimés ou anticipés, peuvent avoir des répercussions sur les délais, les coûts ou même sur la motivation des acteurs ; ils ont parfois aussi conduit à des échecs.

Si les enquêtes menées dans les années 1990 faisaient ressortir que seuls 30% des projets étaient réalisés dans les délais et le budget, l'enquête de Deloitte & Touche réalisée en France en 2002 [Labruyere et *al.*, 2002] indique que 56% des projets ont respecté le budget initial, et que la moitié des projets ont démarré dans les temps impartis. Tous les analystes sont d'accord pour dire qu'un projet ERP ne se termine pas au démarrage (mise en production) : passée la première année de stabilisation (minimum), il faut également penser à la maintenance, aux ajustements, et aux optimisations qui engendrent des efforts d'adaptation toujours importants. Le taux récurrent annuel de maintenance est estimé à 16 % des coûts de licence négociés.

7.2.3.3 Résultats

Les modules les plus fréquemment implantés sont les modules de comptabilité/finance, d'achats et stocks, d'administration des ventes, de planification et gestion de la production, et de logistique (transport et expédition). Suivent la gestion des ressources humaines, la gestion de la qualité, la gestion de la maintenance et les études et méthodes. Si la majorité des entreprises ont opté pour un progiciel unique, près de 50% d'entre elles conserve des outils spécifiques pour couvrir des besoins fonctionnels particuliers.

Généralement les PME-PMI optent pour un basculement de type « big bang » (tous les modules en même temps sur l'ensemble du périmètre), alors que les grands groupes préfèrent un déploiement progressif, par étapes successives.

Les taux de satisfaction sont différents selon les modules : les utilisateurs sont plutôt satisfaits (taux supérieur à 75%) des modules comptabilité/finance, achats, gestion des matières et gestion des commandes clients. Bien qu'ils fassent souvent l'objet de développements spécifiques, les modules planification et logistique/distribution présentent un taux de satisfaction plus faible. Quant à l'appropriation du système par l'utilisateur, seul un quart des entreprises la qualifie de forte, et plus d'un tiers de faible [Labruyere et *al.*, 2002]. Nous pouvons paradoxalement noter que, même si l'ERP permet par essence la mise en commun et le partage des données, la gestion des droits d'accès pratiquée par les entreprises limite l'accès à l'information.

Les améliorations perçues portent sur la disponibilité et la réactivité dans la transmission de l'information, l'intégration des processus industriels et de gestion, l'amélioration des délais, une meilleure gestion des achats et des stocks, l'amélioration des relations clients ou fournisseurs, et enfin une diminution des coûts directs.

Nous constatons que la plupart de ces améliorations correspondent aux attentes qu'avaient les entreprises, mais pas forcément dans la même mesure : l'amélioration des indicateurs métiers (nombre de reliquats, rupture produit, taux service client, ...) est loin d'être atteinte, et les enquêtes ne permettent pas d'en expliquer les raisons. De plus, la réduction des coûts directs et des coûts informatiques, un des principaux objectifs des projets, n'arrive qu'en dernier dans les résultats obtenus. En synthèse, l'ERP a amélioré la vision globale de l'entreprise et le travail collaboratif (harmonisation des données techniques, forte diminution des redondances d'informations, travail en temps réel).

7.2.3.4 Problèmes rencontrés

Toutes les enquêtes abordent les problèmes auxquels sont confrontées les entreprises dans les projets ERP. Ils sont liés :

- à l'adaptation de l'entreprise au « modèle ERP » ou de l'ERP à certaines fonctionnalités demandées,
- à la résistance au changement (adhésion des utilisateurs, conflits et problèmes sociaux),
- aux ressources de l'équipe projet (disponibilité utilisateurs, déficience des équipes d'intégration, sous-estimation des ressources),

- aux problèmes d'échanges de données entre l'ERP et le système d'information existant (reprise des données, redondance d'information, choix des données et messages à échanger,...).

Il semble que la culture « management par objectif » n'ait pas été étendue aux projets ERP. De plus, le facteur humain ressort comme un élément clé de succès dans l'implantation d'un ERP : de la communication avant et durant le projet jusqu'à la formation des utilisateurs finaux et même au-delà, la conduite du changement est primordiale. Les analystes anglo-saxons n'hésitent pas à dire à propos de ces projets : « *it is not a computer subject but a people-related & business subject* ».

Il ressort des enquêtes que la durée réelle d'un projet ERP correspond en moyenne à 150% de la durée prévue avec un ou deux reports de la date de démarrage [Labruyere et al., 2002]. Ces retards sont dus à des problèmes liés au paramétrage (17%), à la fiabilité des tests (16%), à la reprise de données (12%), à des développements spécifiques non terminés (13%), à des corrections de « bug » (9%), à une formation non terminée (8%), ou à une organisation non prête au moment du lancement du projet (8%).

7.2.4 Revue de la littérature

Dès la fin des années 1990, il ressort des retours d'expériences d'entreprise sur de tels projets que les résultats sont décevants et les échecs nombreux [Holland et Light, 1998 ; Buckhout et al., 1999 ; D'Hondt, 2000 ; Donovan, 2000 ; Steinman, 2000 ; Siegler, 2000 ; Mabert et al., 2001]. Cela amène à s'interroger sur les méthodes de conception de système d'information adaptées (méthodologies de conduite de projets, techniques d'évaluation de performance, modélisation d'entreprise). L'existence de modèles préétablis (globaux ou partiels), considérés comme porteurs des « meilleures pratiques » a conduit à reconsidérer l'expression des besoins dans ces projets. L'importance de la modélisation d'entreprise orientée processus induit de nouvelles interactions avec l'organisation et nécessite une conduite du changement. Le moteur de ces transformations est l'intégration accélérée des fonctions internes à l'entreprise et des processus interentreprises eux-mêmes. Cette intégration pose des problèmes nouveaux, dépassant l'intégration d'applications informatiques pour prendre en compte les objectifs, les processus métiers et l'organisation des entreprises.

En 2000, nous remarquons que les problématiques ou résultats liés aux projets d'implantation d'ERP avaient écho dans la presse spécialisée, mais n'étaient pas encore vraiment relayés par les revues scientifiques. Ceci a été confirmé par Klaus et al. [2000], qui ont réalisé une revue sur l'état de l'art du « phénomène ERP » en analysant l'historique et l'évolution de la littérature scientifique dans le domaine des systèmes d'information, comme l'illustre la Figure 18.

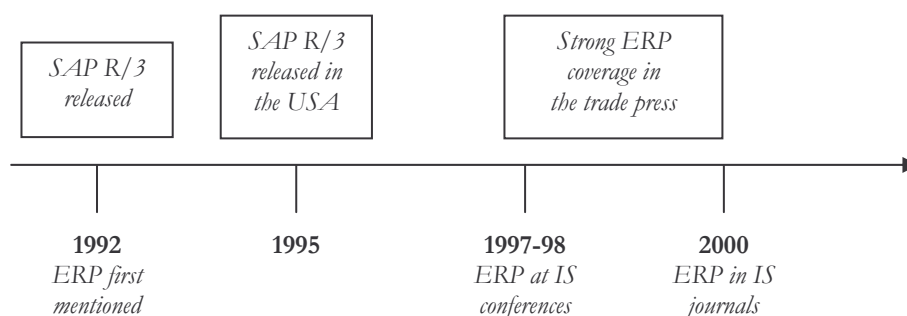


Figure 18 : Considération du concept ERP dans la littérature scientifique des systèmes d'information [Klaus et al., 2000]

Nous avons tenté de préciser les pistes de recherche induites par ces projets d'intégration [Millet et Botta-Genoulaz, 2002]. Nous avons identifié deux types d'enjeux majeurs : organisationnels et méthodologiques.

- Les enjeux organisationnels relevés par Ng et al. [1998], Davenport [1998], Bouillot [1999], O'Donnell et David [2000], Ross et Vitale [2000], Krumbholz et Maiden [2001], Poston et Grabski [2001], Saint Léger et al. [2002] : démarches de type business process reengineering (BPR), aspects culturels et spécificités nationales, stratégies organisationnelles, réorganisation d'entreprises, processus de prise de décisions, ...

- Les enjeux méthodologiques relevés par Besson [1999], Poston et Grabski [2001], Boutin [2001], Kumar et al. [2003] : alignement entre les systèmes d'information et la stratégie d'entreprise, méthodes de conduite de projet (apparition du « génie progiciel » ?), conduite du changement, prise en compte de la conflictualité ou de la diversité des modes d'apprentissages dans les projets, ...

Il en ressortait que la complexité potentielle d'un projet d'intégration ne réside pas uniquement dans l'ERP d'un coté et l'entreprise de l'autre, mais bien dans leur mode de rapprochement. A partir de ces études, nous avons identifié les domaines de recherche suivants.

1. L'évaluation de projets d'intégration : il s'agit de développer des méthodes et outils de maîtrise et d'évaluation du processus d'implantation d'un ERP, pour une capitalisation des connaissances sur la démarche d'intégration.
2. La conduite de projets d'intégration : utilisation plus ou moins poussée de modèles, préexistants ou non, ampleur de l'externalisation des compétences (avantages et limites), implication des acteurs, plans de gestion des ressources humaines (accompagnement du changement, ...), phasage d'un projet d'intégration, démarche de mise en exploitation, ...
3. La modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP : le besoin de méthodes de modélisation non plus centrées sur la conception d'un modèle mais sur la configuration de modèles partiels prédéfinis supportant les solutions les plus standards possibles des progiciels.
4. La définition de modèles « génériques » ou bibliothèque de processus métiers : la définition de modèles « types », construits sur des processus métiers cohérents avec l'architecture fonctionnelle des progiciels est une voie prometteuse de construction de l'adéquation entre l'ERP et l'entreprise, par l'identification de ce qui est (ou non) structurant dans les ERP.
5. L'intégration d'entreprise ou *entreprise integration* : définition de mesures pour maîtriser cette intégration, en considérant simultanément les problèmes technologiques, logistiques et de gestion.

Les résultats de ces travaux ont permis de formaliser les problématiques de recherche que nous avons développées et animées dans le cadre du GT ERP (GdR MACS).

La littérature scientifique traitant des systèmes ERP a augmenté de manière exponentielle sur ces six dernières années. Nous avons comptabilisé l'évolution du nombre de publications ayant le terme « entreprise resource planning » dans le titre, le résumé ou les mots-clés des articles publiés et disponibles dans les bases de données Elsevier (Figure 19) et Compendex (Figure 20).

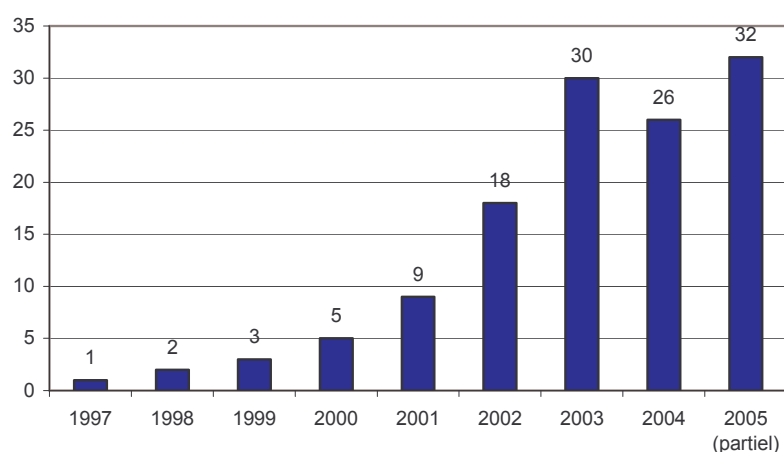


Figure 19 : Evolution du nombre d'articles publiés en revues (source Elsevier) portant sur les ERP

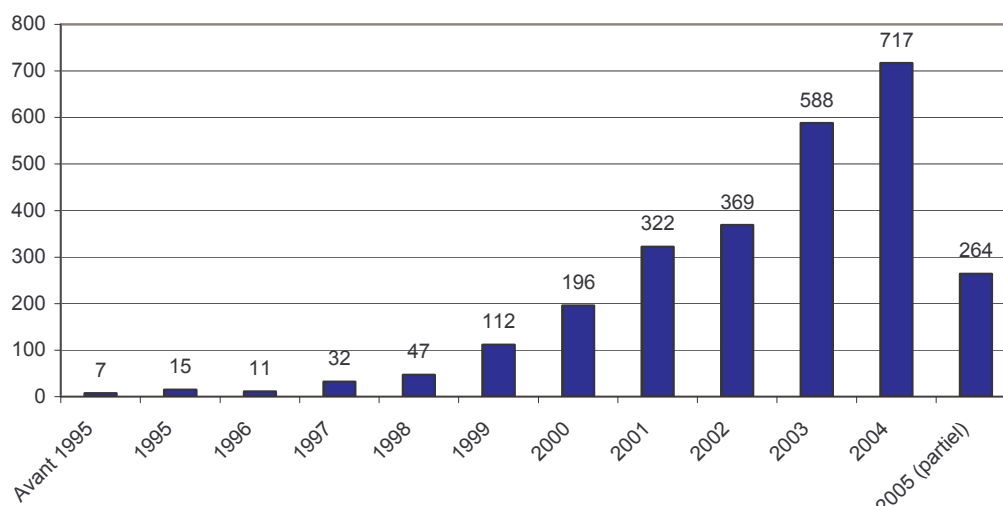


Figure 20 : Evolution du nombre d'articles publiés en conférences et revues (source Compendex) portant sur les ERP

Ces graphiques nous amènent à formuler un certain nombre de remarques, en comparaison de l'évolution de la production scientifique sur la gestion des chaînes logistiques.

- Tout d'abord, les problématiques scientifiques liées aux ERP sont beaucoup plus récentes que celles portant sur la gestion des chaînes logistiques (voir Figure 5, page 62) ; si en 1996, nous dénombrons 116 publications traitant des chaînes logistiques, il faut attendre 1999 pour avoir une production du même ordre sur les ERP (112).
- C'est justement en 1999 que nous voyons ce sujet exploser dans la littérature scientifique avec une augmentation proche de 140%. Depuis, nous assistons à une progression de l'ordre de 47% par an pour atteindre 717 articles en 2004. Ce dernier chiffre correspond à la moitié de la production scientifique sur les chaînes logistiques (d'après la base de données Compendex).

Dans le cadre de l'édition d'un numéro spécial de la revue internationale *Computers in Industry*, nous avons analysé les tendances en matière de problématiques de recherche abordées dans la littérature à partir d'extraction des bases Elsevier et IEEE [Botta-Genoulaz et al., 2005a] jusqu'en 2004. Sur les 250 articles ayant le mot « ERP » dans le titre, le résumé ou les mots-clés, nous en avons analysé 80 (les articles ayant peu de relation avec le sujet ayant été supprimés de cette analyse). Des classes de sujets ont été définies et sur la base des résumés, nous avons identifié les six thèmes suivants : l'implantation des ERP, l'optimisation des ERP, les aspects organisationnels des projets ERP, l'ERP en tant que progiciel, les ERP et la gestion des chaînes logistiques, et enfin les études de cas.

Cette étude confirme que la recherche en liaison avec les ERP est toujours très active et qu'elle a atteint une certaine maturité. Les contributions portant sur les retours d'expérience, initialement réalisées aux USA [Mabert et al., 2000], sont étendues à d'autres pays comme le Canada [Kumar et al., 2002], la France [Canonne et Damret, 2002 ; Labruyere et al., 2002 ; Moulin, 2002], la Suède [Olhager et Selldin, 2003 ; Bergström et Stehn 2005] la Chine [Zhang et al., 2003], Taiwan [Wu et al., 2002 ; Wu et Wang, 2003], ou le Japon [Watanabe et Hobo, 2004].

Nous avons pu noter l'intérêt croissant des chercheurs sur de nouvelles problématiques.

- L'optimisation des ERP et plus précisément à la phase de post-implantation d'ERP [Ng et al., 2002 ; Nicolaou, 2004 ; Somers et Nelson, 2004], en liaison avec la satisfaction des utilisateurs [Orlikowski et Barley, 2001 ; Wu et al., 2002 ; Casilir et Casilir, 2004] et la contribution des ERP à la compétitivité et la performance des entreprises [Hunton et al., 2003 ; Yen et Shen, 2004 ; Beard et Sumner, 2004 ; Lengnick-Hall et al., 2004].
- L'ERP en tant que progiciel et plus précisément les problématiques liées au paramétrage ou customisation [Ghost et al., 2002 ; Luo et Strong, 2004], et à l'architecture et l'interopérabilité des systèmes [Smith et al., 2002 ; Van der Aalst, 2002 ; Maheshwari, 2003 ; Kovács et Paganelli,

2003 ; Klostermeyer et Klemm, 2003 ; Symeonidis et *al.*, 2003 ; Hu et *al.*, 2003 ; Touir et *al.*, 2003 ; Abdmouleh et *al.*, 2004 ; Carey, 2004 ; Kim, 2004 ; Lam et Shankararaman, 2004 ; Verwijmeren, 2004 ; Choi et *al.*, 2004].

- Les aspects organisationnels et plus précisément les aspects sociologiques des projets d'implantation [Abdinnour-Helm et *al.*, 2003 ; Jones et *al.*, 2004 ; Yen et Sheu, 2004 ; Kwasi Amoako-Gyampah et Salam, 2004 ; Lander et *al.*, 2004 ; Yusuf et *al.*, 2004 ; Luo et Strong, 2004].

En 2001 le 12^{ème} congrès de l'Association Francophone de Gestion des Ressources Humaines, consacré aux relations entre la gestion des ressources humaines et la société de l'information présentait de nombreuses communications traitant des problèmes liés aux projets ERP. En France, les communautés SPI et SHS se sont aussi intéressées à ces sujets comme en témoignent les quelques thèses soutenus [Boutin 2001 ; Hermosillo Worley, 2003 ; Darras, 2004 ; Saint-Léger, 2005 ; Rivera Gonzalez, 2005].

Nous retenons de ces revues de littérature que le « phénomène ERP » a profondément changé le paysage de la recherche en organisation d'entreprise, gestion d'entreprise, systèmes d'information et gestion de production et logistique. Nous remarquons aussi que certains grands éditeurs d'ERP financent des recherches académiques. Même si l'ERP n'est pas l'objet central des recherches, il demeure un élément incontournable en fonction duquel la contribution se positionne. Après une période (1995-2000) où les chercheurs se comportaient comme observateurs (études de cas retours d'expérience, facteurs de succès ou d'échec, ...), les récentes contributions témoignent d'une attitude plus active des scientifiques.

7.3 Modélisation d'entreprise pour l'implantation d'ERP

Problématique :

- Gestion du processus d'implantation d'un ERP en entreprise.

Contributions :

- Référentiel de gestion de projet ERP ;
- Analyse de la contribution de la modélisation d'entreprise à la gestion d'un projet ERP.

7.3.1 Problématique

Les méthodologies ou conduites de gestion de projet d'implantation d'ERP se caractérisent par :

- l'utilisation plus ou moins poussée de modèles, préexistant ou non,
- l'ampleur de l'externalisation des compétences, ses avantages et limites, l'implication des différents types d'acteurs de l'entreprise (de la direction aux syndicats...),
- la formation et les plans de gestion des ressources humaines, les modes d'identification des transformations de postes de travail, de l'accompagnement des mutations correspondantes,
- le phasage du projet en plusieurs étapes de mises en oeuvre caractérisées par le niveau de détail des processus automatisés ou la couverture fonctionnelle ou d'activité du projet,
- le type de démarche de mise en exploitation (big bang ou progressive) et les modalités d'optimisation ou de déploiement multi-sites des solutions opérationnelles...

De plus, les difficultés à surmonter pour mener à bien le développement de systèmes d'information d'entreprise basés sur des ERP sont de trois ordres :

- organisationnel (organisation non suffisamment préparée, manque de précision dans l'expression des besoins ou dans le cahier des charges, ré-ingénierie des processus inadéquate...);

- humain (manque d'implication de la direction, défauts de communication, formation inadaptée, sous-estimation de la conduite du changement...);
- technique (intégration des bases de données, problèmes liés à la définition ou à la modification des procédures, paramétrage...).

Il s'agit bien de méthodologies de gestion de projet différentes de celles issues du génie logiciel qui nécessitent une standardisation des concepts, des vocabulaires propres aux projets ERP. La maîtrise du processus d'implantation d'un ERP est maintenant reconnue comme un facteur clé de succès dans les projets : une compréhension claire de l'entreprise et de ses processus est nécessaire et les techniques de modélisation d'entreprise deviennent essentielles. Davenport [1998] notait "*Companies fail to reconcile the technological imperatives of Enterprise System (ES) with the business need of the enterprise itself. ... If a company rushes to install an ES without first having a clear understanding of the business implications, the dream of integration can quickly turn into a nightmare.*"

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. Les premiers travaux en modélisation d'entreprise remontent aux années 1997, mais cette thématique connaît un rajeunissement en liaison avec les projets ERP ou BPR (*Business Process Reengineering*). Il existe un panel important de méthodologies de modélisation, développées dans des contextes et des perspectives différents.

Les techniques de modélisation se sont développées d'abord dans un contexte de systèmes d'information largement spécifiques, le plus souvent sous la responsabilité des informaticiens. Les projets ERP conduisent à associer étroitement les managers et utilisateurs du système d'information dans la phase de conception elle-même, conduisant à trouver des formes de communication permettant un cycle de décision rapide. Cela conduit à des besoins qui ne sont plus centrés sur la conception d'un modèle mais sur la configuration de modèles partiels prédéfinis supportant les solutions les plus standards possibles des progiciels. Des outils de modélisation correspondants apparaissent (ARIS, DEM, Workbench, Livemodel...), mais peu d'articles permettent de les situer par rapport aux techniques de modélisation du génie logiciel (Merise, UML, IDEF0...) ou de la productique (CIM-OSA, GRAI-GIM, PERA...).

7.3.2 Travaux et résultats

Nous avons étudié le processus d'implantation d'ERP et avons analysé la contribution de la modélisation d'entreprise et de ses outils dans ce processus.

Les progiciels ERP sont basés sur des modèles génériques de processus de gestion d'entreprise. Bien que les ERP possèdent une très large étendue fonctionnelle et sectorielle, chaque entreprise possède ses particularités qui la rendent unique. Lors d'un projet d'implantation d'ERP, une entreprise va devoir cartographier sa manière actuelle de fonctionner (modèle *As Is*) et définir ce qu'elle veut devenir (modèle *To Be*) : il se peut que des modifications de processus soient nécessaires, ou que certaines activités soient externalisées.

Il n'existe pas aujourd'hui de méthodes de gestion de projet d'implantation d'ERP universelle, standard et normalisée. Chaque acteur de ce marché (consultant, intégrateur) utilise sa propre approche et son propre vocabulaire concernant la modélisation des processus. Des différentes pratiques, nous avons pu définir l'approche présentée Figure 21, selon 7 principales étapes [Botta-Genoulaz et al., 2001].

L'optimisation des processus (étape 0), condition de succès de tel projet devrait dans l'idéal se situer en parallèle de l'analyse du système et de l'organisation existants (étape 1) ; c'est de cette ré-ingénierie des processus que l'entreprise définit son modèle « *To Be* ». Néanmoins, les retours d'expériences témoignent qu'elle peut se situer après le choix de l'ERP (étape 2) mais au plus tard avant le paramétrage de l'ERP (étape 4).

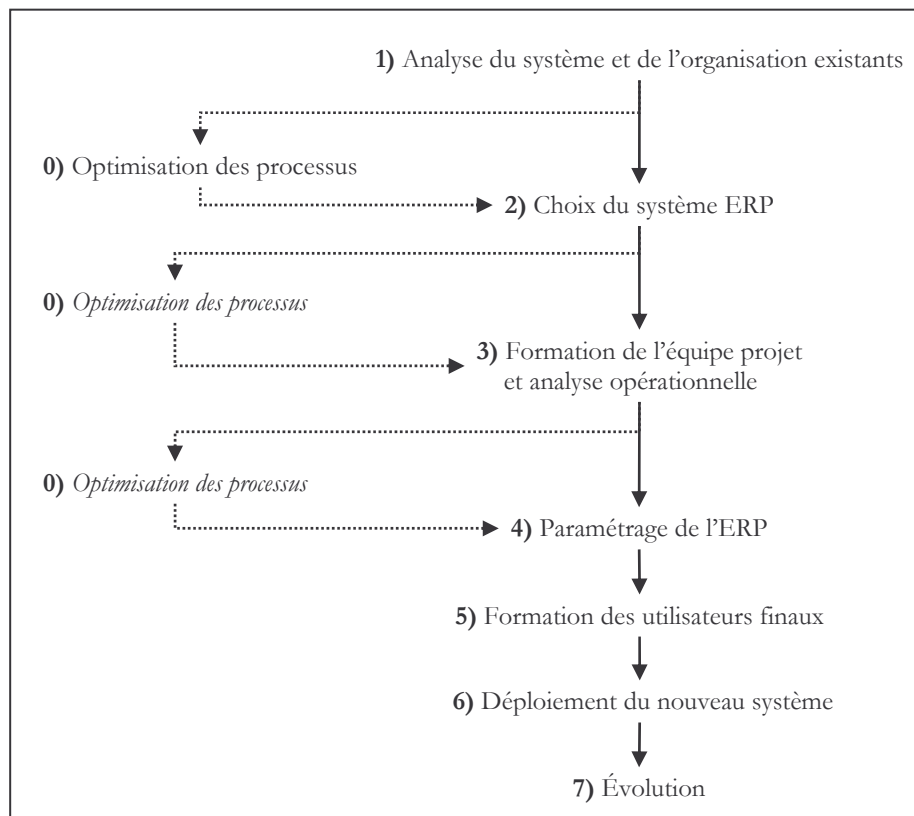


Figure 21 : Etapes du processus d'implantation d'un ERP

La modélisation d'entreprise ou modélisation des processus intervient tout au long de ce processus d'implantation d'ERP pour :

- représenter et analyser la situation initiale de l'entreprise : processus de gestion, activités, opérations, organisation, ressources... (étape 1), et pour optimiser ces processus (étape 0),
- aider au choix d'une solution (étape 2), les progiciels s'appuyant eux-mêmes sur des modèles génériques,
- aider, lors de l'analyse opérationnelle, au choix de la méthode de déploiement – big bang ou progressive (étape 3 et 4),
- le paramétrage proprement dit du progiciel et donc l'instanciation de son modèle générique aux besoins et choix de l'entreprise (étape 4),
- suivre et anticiper l'évolution de l'entreprise et de son environnement (étape 7).

De plus la modélisation d'entreprise représente un outil de communication, de documentation et de capitalisation des connaissances pour l'entreprise, et ce à toutes les étapes du processus d'implantation. Le modèle ainsi obtenu constitue un référentiel pour l'entreprise, en liaison avec son système d'information.

Nous avons analysé différentes méthodes de modélisation d'entreprise (GRAI-GIM, CIM-OSA, PERA, ARIS, GERAM) sous l'angle de leur contribution à la mise en œuvre d'ERP [Bacete et Villalba, 2000 ; Pailleux, 2000b]. A l'époque, peu de travaux avaient été réalisés sur cette question. De premiers résultats existaient sur une étude comparative entre DEM de BaaN et CIM-OSA [Cuenca et al., 2001], qui mettait en lumière une différence significative : les blocs de base de DEM sont liés directement aux sessions de l'ERP et permettent ainsi de le configurer et de générer une part du paramétrage. La modélisation peut ainsi conduire directement au contrôle de l'exécution avec l'ERP. Si l'approche CIM-OSA est beaucoup plus large intégrant la modélisation des ressources et de l'information, DEM peut représenter pour ce qui concerne l'organisation et les processus une offre compatible avec CIM-OSA. De même, ARIS d'IDS Scheer, est aussi inspiré de l'architecture CIM-OSA et supporte la mise en œuvre de l'ERP SAP R/3.

Une analyse comparée de CIM-OSA, DEM et GRAI-GIM a été conduite sur deux axes : méthodologie (différentes vues, flux, processus), architecture (généricité, profondeur de modélisation, formalisation du langage) [Pailleux, 2000b]. Un troisième axe a été considéré par l'intermédiaire d'une enquête réalisée en région Rhône-Alpes [Pailleux, 2000a] portant sur la contribution de ces méthodes au processus d'implantation d'ERP. Globalement, les attentes exprimées par les industriels correspondent aux apports des méthodes de modélisation d'entreprise, mais les industriels interrogés ne les connaissent pas ou très peu et entretiennent beaucoup de préjugés (la quasi-totalité des répondants affirmaient utiliser des méthodes « empiriques », propriétaires ou proposées par les intégrateurs). Nous avons pu constater que les méthodes comme CIM-OSA et GRAI-GIM bien que jugées intéressantes et très complètes, sont rarement utilisées à 100% de leurs capacités, principalement parce qu'elles sont perçues comme trop complexes et engendrant des coûts et délais supplémentaires au projets (disponibilité des acteurs, coûts induits par l'utilisation de consultants externes qui mettent en œuvre ces méthodes). La méthode DEM était davantage intégrée aux entreprises (puisqu'elle est proposée par l'éditeur BaaN).

Nous avons élargi cette étude aux outils de modélisation d'entreprise disponibles à l'époque [Botta-Genoulaz et al., 2001]. Outre DEM pour BaaN et ARIS Toolset pour SAP, quelques progiciels de modélisation de processus indépendants des éditeurs étaient proposés supportant ou non les méthodologies ou référentiels précédents : IMAGIM de GRAISOFT (GRAI-GIM), CimTool de RGCP ou FirstStep de Interfacing Technologies Corporation (CIM-OSA), MEGA Suite de MEGA International, Workflow Analyzer de Meta Software Corp., ProSim/ProCap de Knowledge Based Systems Inc., Oracle Designer d'Oracle, ProVision Workbench de Proforma Corporation. Néanmoins, la maturité de ces méthodes et outils pour supporter les étapes de modélisation d'entreprise dans le cadre du processus de mise en place d'un ERP n'a pu être démontrée.

La méthodologie de gestion de projet présentée Figure 21 a été utilisée lors du projet ERP-HCL (voir section 11.1.2) avec les Hospices Civils de Lyon (H.C.L.), lors de l'étude de faisabilité d'implantation d'un ERP pour la gestion économique (y compris achat et approvisionnement) et financière (comptabilité, finance et contrôle de gestion), sur un périmètre d'étude qui concernait les services administratifs et les unités de soins. Cette étude de faisabilité correspondait aux étapes 0) et 1) du processus d'implantation, n'ayant pas de certitude quant à la poursuite de ce processus. Au delà d'un projet informatique ou système d'information, il s'agissait bien, à travers la conduite de ce projet, d'une démarche de modification de l'organisation et de redéfinition et/ou harmonisation des processus inscrite dans une stratégie d'entreprise. La modélisation d'entreprise a été utilisée pour l'analyse des processus (modèle *As Is*) et la proposition de solutions organisationnelles cibles (modèle *To Be*) et ce sur trois niveaux :

- identification de processus : cartographie au niveau macroscopique des processus opérationnels à partir de l'analyse des flux existant entre les acteurs externes et les H.C.L., réalisée à l'aide de l'atelier logiciel MEGA ;
- analyse de processus : analyse du contenu fonctionnel de chaque processus et mise en relation avec les différents domaines de gestion concernés par un découpage en activités ;
- analyse des activités : analyse fine par un découpage des activités en tâches.

L'apport de la modélisation sur cette étape s'est principalement situé sur deux niveaux [Neubert et al., 2003] :

- définition et maîtrise du périmètre (processus à couvrir en totalité, en partie ou hors périmètre) et proposition de différents scénarii de déploiement ;
- aide à la reconfiguration des processus pour l'organisation cible et analyse des impacts (redéfinition des rôles, standardisation, automatisation, centralisation...).

De plus, le niveau de granularité de la modélisation (jusqu'aux modes opératoire des utilisateurs) en a fait un outil de communication appréciable et permis de compléter le cahier des charges et de préciser les éléments de l'appel d'offre.

S'est posée la question de la pérennité du modèle obtenu durant cette étude de faisabilité : en effet, la nature de l'appel d'offre lié aux marchés publics impose des délais relativement longs dans la consultation, et après la période de choix de la solution et de formation de l'équipe projet sur le progiciel, tous les processus cibles ont été repassés au crible pour tenir compte de la meilleure connaissance du progiciel et

des évolutions des H.C.L. Ce travail réalisé très en amont a répondu à l'objectif qui lui avait été fixé : permettre une décision de faisabilité. L'expérience présentée ici nous a montré que le premier modèle ne pouvait être utilisé tel quel dans la phase suivante (phase projet proprement dite), mais qu'il devait être modifié et complété pour tenir compte des évolutions de l'organisation, pour intégrer les nouvelles connaissances sur le progiciel choisi et sur les besoins, de manière à mettre en cohérence le progiciel et l'organisation.

Ces premiers travaux sur l'implantation des ERP nous ont conduit à analyser et identifier les problématiques de recherche connexes [Millet et Botta-Genoulaz, 2002]. Une récente analyse de la littérature [Botta-Genoulaz et al., 2005a] nous a confirmé l'importance de la modélisation des processus, tant pour la phase de projet que pour la phase de post-implantation d'ERP.

7.3.3 Perspectives

Nous avons vu qu'il était difficile d'implanter (mais aussi de maintenir et de faire évoluer) un système d'information d'entreprise construit à partir d'applications standards comme les ERP. La modélisation des processus ou modélisation d'entreprise semble être incontournable dans ce processus, et le modèle ou référentiel de l'entreprise pourrait (devrait) constituer une base de connaissances dans un objectif d'amélioration permanente. Les modèles de processus « métiers » qui compose le référentiel, ne se résument pas à des procédures de travail, mais cherchent à représenter la chaîne de valeur ajoutée du fournisseur au client, et devraient permettre à la fois de comprendre, organiser et simuler autant l'entreprise que la chaîne logistique globale.

Par ailleurs, il est important d'identifier et de distinguer les processus utilisés aujourd'hui dans l'entreprise, les processus que l'entreprise souhaite utiliser demain, et les processus configurables que l'ERP autorise par son architecture, ses fonctionnalités et ses possibilités ; autrement dit le modèle « *As Is* », le modèle « *To Be* » et le modèle générique sous-jacent à l'ERP, construit par les éditeurs par capitalisation des « meilleures pratiques professionnelles » (ou *best business practices*).

La définition de modèles de processus standard ou génériques, construits sur les meilleures pratiques et cohérents avec l'architecture fonctionnelle des progiciels est une voie prometteuse de construction de l'adéquation ERP - entreprise. A titre d'exemple, une équipe de recherche du MIT Sloan School of Management a développé une bibliothèque de plus de 5000 processus métiers représentant des meilleures pratiques [Malone et al., 1999].

Il serait intéressant de proposer une typologie des modèles de processus standards existants (liés ou non aux offres ERP), d'étudier leurs possibilités de configuration et paramétrage afin d'identifier ce qui est (ou non) structurant dans les ERP en proposant ainsi une catégorisation des offres en fonction du modèle d'entreprise implicites dont elles sont porteuses. La question pour une entreprise se limiterait (?), pour un processus donné, à choisir entre le modèle standard et un modèle spécifique lui permettant de préserver ses facteurs de différenciation.

Dans ce contexte, de nouvelles questions se posent. Certification des « meilleures pratiques » ? Indépendance des modèles standard vis-à-vis des solutions ERP ? Différence entre une solution ERP mono-éditeur intégrant tous les processus standards (une solution tout en un) et une solution multi-éditeurs basée une interaction standardisée des processus standards (architecture EAI) ? Conséquences et impacts sur les entreprises de la tendance actuelle des éditeurs et des intégrateurs à proposer non seulement des solutions « métiers » (dédiées à un secteur industriel ou de service donné) mais aussi des solutions « pré-configurées » (offre principalement dédiée aux PMI-PME, disposant d'un nombre limité de processus « plus » standards) ?

7.3.4 Publications associées

[Botta-Genoulaz et al., 2001] V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET and G. NEUBERT, The role of Enterprise Modeling in ERP Implementation. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'01), August 20-23, Quebec (Canada), Proceedings ISBN 2-930294-07-8, Book I, p.220-231 (2001).

[Millet et Botta-Genoulaz, 2002] P.-A. MILLET and V. BOTTA-GENOULAZ, ERP implementation: new topics for research. 9th International Multi-Conference on Advanced Computer Systems (ACS'02), Conference on Production System Design, Supply Chain Management and Logistics, October 23-25, Miedzzydroje (Poland), Proceeding ISBN 83-87362-46-8, p.253-260 (2002).

[Neubert et al., 2003] G. NEUBERT, V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET et A. BOIREAUX, Démarche d'implémentation d'un ERP : le cas des Hospices Civils de Lyon. 1^{ère} Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH'03), 17-18 janvier, Lyon (France), Actes ISBN 2-930294-08-6, p.160-169 (2003).

[Botta-Genoulaz et al., 2005a] V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET and B. GRABOT, A recent survey on the research literature on ERP systems. *Computers in Industry*, Volume 56, Issue 6, p. 510-522 (2005).

Travaux encadrés

[Bacete et Villalba, 2000] M. T. BACETE CASTELLO et M. VILLALBA ALPERA, Les méthodes de modélisation des ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).

[Pailleux, 2000a] N. PAILLEUX, Enquête sur l'utilisation des ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).

[Pailleux, 2000b] N. PAILLEUX, Modélisation et ERP. DEA ISCE, INSA de Lyon (2000).

7.4 Impact des typologies d'entreprise sur les projets d'intégration

Problématique :

- Prise en compte des particularités des entreprises de service dans les projets ERP.

Contributions :

- Analyse des spécificités des services par rapport au secteur industriel ;
- Modèles d'intégration fonctionnelle d'ERP associés aux typologies des services.

7.4.1 Problématique

D'abord l'apanage des entreprises industrielles, les entreprises de service ont récemment investi dans ces progiciels de gestion d'entreprise que sont les ERP. Le secteur tertiaire qui domine aujourd'hui l'économie des pays développés était resté sur des systèmes d'information construits à partir de logiciels propriétaires ou de progiciels spécialisés. A notre connaissance, ce secteur n'était pas la cible initiale des éditeurs d'ERP, mais ils ont développé ces dernières années des solutions « métiers » adaptées aux secteurs des banques et assurances, aux services publics de la santé, de l'éducation, aux industries de services, des télécommunications, commerce de gros et de détail... En parallèle, la globalisation des services et la rapidité des progrès technologiques dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et de la communication, augmentaient la pression sur les entreprises de services pour rivaliser avec de nouvelles offres [Menor et al., 2002].

La littérature scientifique sur les ERP était jusqu'alors dominée par des travaux portant sur les secteurs industriels. La frilosité des entreprises de service à se lancer dans ces projets d'intégration et leur particularité quant à la place et le rôle de l'homme nous ont interrogés.

- Les typologies d'entreprises – production de biens ou de services – avaient-elles un impact sur les projets d'intégration de type « implantation d'ERP » ? Sur le périmètre fonctionnel couvert ? Sur le processus d'implantation ?
- Est-ce que les méthodologies de gestion de projets ou de modélisation d'entreprise développées pour l'industrie pouvaient être déployées dans les services ?

7.4.2 Travaux et résultats

Nous avons entrepris une étude de la littérature traitant de projets ERP dans les services [Botta-Genoulaz et Millet, 2003a]. Les motivations pour l'implantation des ERP dans les entreprises de service sont assez proches de celles des entreprises industrielles (voir Tableau 4 : Motivations pour les projets ERP, page 85), avec un poids plus important donné aux problèmes liés à la sécurité du système et des données. Les études des analystes internationaux estimaient en 2002 à 24% la part du budget des entreprises de service dédiée aux systèmes d'information [Scott et Shepherd, 2002]. Elles remarquaient que les principaux éditeurs du marché (SAP, ORACLE, PeopleSoft, JD Edwards...) proposaient des solutions dédiés aux différents secteurs des services, le principal module implanté étant la finance. Les entreprises de services utilisaient par contre plus souvent les modules de gestion des ressources humaines et de gestion du personnel que les entreprises industrielles.

Les systèmes hospitaliers, tournés vers le service au patient, nécessitent une interaction forte avec ses « clients », utilisant de nombreux équipements, installations et soins médicaux, dont la maîtrise est critique pour le personnel de soin. Quelques études dédiées à ce secteur ont été réalisées [Roth et Van Dierdonck, 1995 ; Bakker et Leguit, 1999 ; Soh et *al.*, 2000], et témoignent du développement de systèmes intégrés de gestion pour le secteur hospitalier. D'autres secteurs des services ont aussi donné lieu à des travaux de recherche : la restauration [Ansel et Dyer, 1999], les banques et assurances [Broadbent et *al.*, 1999 ; Schneider, 2000] ou les organisations gouvernementales [Kumar et *al.*, 2002].

A l'occasion du projet ERP-HCL (présenté en section 11.1.2), nous avons entrepris une analyse de retours d'expériences de différentes entreprises de services dans l'objectif de mieux appréhender l'approche de ces entreprises vis-à-vis de projets ERP [Poumpalova, 2001]. L'étude s'est appuyée sur six cas d'entreprises françaises des secteurs de la banque (1), des assurances (1), des systèmes hospitaliers (2), de l'informatique (1) et des télécommunications (1). Nous avons analysé pour chaque cas le périmètre concerné par le projet ERP, les motivations du projet, l'existence d'une analyse de rentabilité liée au projet, les difficultés rencontrées et les bénéfices retirés, et les conséquences du nouveau système sur l'organisation. En synthèse, nous avons remarqué que dans presque tous les cas, le système d'information développé ne correspond pas à une intégration complète mais est limité à la gestion des stocks et achats et à la comptabilité, même si cette intégration complète représentait une des principales motivations. Les problèmes rencontrés sont relatifs aux ressources humaines (communication, formation, gestion du changement) et les bénéfices portent sur une amélioration de l'efficacité opérationnelle, de l'organisation des processus, de l'intégration des données et des fonctions.

Une fois les spécificités des projets ERP dans les entreprises de services identifiées, nous avons cherché à les rapprocher des particularités de ce secteur, [Millet et Botta-Genoulaz, 2003].

Parmi les différentes typologies et taxinomies proposées dans la littérature [Schmenner, 1986 ; Kellogg et Nie, 1995 ; Karmarkar et Pitbladdo, 1995 ; Verma et Young, 2000], nous avons retenu trois principales caractéristiques des entreprises de service à partir desquelles nous avons expliqué les caractéristiques des projets ERP.

- Le contact client : contrairement au secteur industriel, dans la plupart des services, le client n'est pas uniquement le destinataire final, mais participe plus ou moins au processus de fourniture du service [Mersha, 1990], définissant une « intensité » du contact client. De plus la notion de stocks de produits finis fabriqués par anticipation dans l'industrie n'a pas d'équivalent dans les services, qui sont par là même plus sensibles à la variabilité de la demande.
- La définition du produit (service) : la définition classique d'un produit par sa nomenclature et sa gamme (ou sa recette) n'est pas réellement appropriée au service ; la production de service implique un acte dont le résultat, souvent intangible, ne peut se définir avec les termes de la gestion industrielle.
- La caractérisation des entrées et sorties : une modification des ressources ou du système de production d'un service aura une conséquence sur la qualité perçue de ce service ; cela implique une définition différente de la notion de performance et de la manière de la mesurer.

Nous avons montré comment ces trois spécificités pouvaient expliquer les caractéristiques des projets ERP dans les services et en particulier la différence de périmètre couvert par les projets ERP de ce secteur (versus les projets des entreprises industrielles).

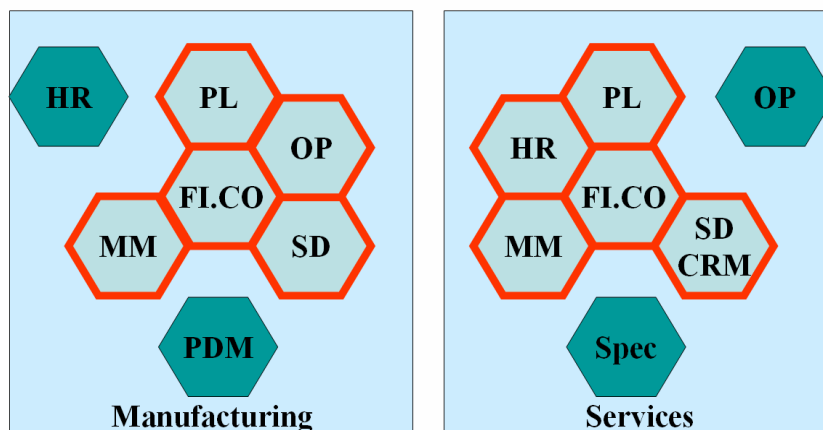
1. **Adéquation fonctionnelle et niveau d'intégration** : il ressort de toutes nos études que la part du « front-office » dans les services est plus importante que celle du back-office du point de vue des spécificités métiers (contrairement au secteur industriel) ; cela peut s'expliquer par la notion et l'intensité du contact client. Cela conduit les entreprises à préférer des solutions de type « best-of-breed » en fonction de leur métier, s'appuyant sur l'ERP pour la partie back-office (gestion financière et comptable, gestion des stocks et de achats, gestion des ressources humaines).
2. **Importance des ressources humaines (main d'œuvre)** : l'amélioration d'indicateurs métiers, comme la rotation des stocks, sont souvent une des motivations des projets ERP pour les entreprises de production de biens. Dans les services, où les ressources sont le plus souvent humaines et où la notion de capacité voire de compétence prédomine, ce n'est pas l'ERP qui permettra d'améliorer des indicateurs comme la part main d'œuvre directe du budget.
3. **Définition du produit et planification des opérations** : la définition même des produits « services » implique une autre définition de la planification des opérations ; ce n'est plus le flux de produits ou de matières que l'on considère, mais un flux de connaissances.
4. **Adéquation aux besoins (standard/spécifique)** : malgré le développement de nombreux modules orientés services (SAV, gestion de projets, ...) les ERP standards sont loin de couvrir toutes les spécificités requises (secteur public, les règles de compatibilité nationale...) ; cela engendre de nombreux développements spécifiques justifiés (qui ne facilitent pas l'intégration complète).
5. **Modélisation des processus** : d'après nos études, la modélisation d'entreprise, ou modélisation des processus n'est pas utilisée dans les projets ERP. La notion de ré-ingénierie des processus est un sujet assez délicat dans ce contexte à forte composante humaine.
6. **Processus d'implantation** : contrairement au secteur industriel, les ERP sont réservés aujourd'hui aux grandes entreprises, et d'après la revue de littérature, l'attention est surtout portée sur les aspects techniques et technologiques des projets, partant de l'hypothèse que lorsque les données seront intégrées, les personnes suivront. Compte tenu des retours d'expériences dans l'industrie, et du poids de la composante humaine dans les services, nous restons assez sceptiques.

Les H.C.L., comme terrain d'observation de projet ERP, ont grandement contribué à ces travaux. De plus ce projet a permis une collaboration avec l'équipe du GATE (Groupe d'Analyse et de Théorie Economique, UMR CNRS) dans le cadre du projet de recherche qu'ils menaient pour la DARES [Barcet *et al.*, 2002]. Nous avons plus particulièrement contribué au thème relatif aux systèmes d'information et à l'analyse des processus.

Nous avons compilé l'ensemble de ces résultats dans l'objectif de tester l'hypothèse « les ERP représentent-ils une solution d'intégration pour les entreprises de service ? » [Botta-Genoulaz et Millet, 2006]. Il semble que pour les entreprises de service, l'intégration complète, à la manière de ce qui peut être réalisé dans les entreprises industrielles, est une utopie du fait du poids de la gestion de la relation client et de la gestion des ressources humaines.

Nous avons proposé deux modèles d'intégration pour ces deux types d'entreprises : l'un centré sur la planification des activités de production et de distribution, l'autre basé sur la gestion des ressources humaines et de la gestion des relations client, présentés en Figure 22. Nous retrouvons dans les deux modèles les fonctionnalités de gestion financière et comptable (FI.CO), ainsi que la gestion et la planification des matières (MM). Pour les entreprises industrielles, l'intégration de la planification (PL) s'articule autour des fonctionnalités de gestion des opérations (OP) et de gestion des ventes et de la distribution (SD) ; les fonctionnalités de gestion des données techniques (PDM) et de gestion des ressources humaines (HR) étant (ou pouvant être) non intégrées. Ce qui caractérise les entreprises de service, c'est l'intégration de la planification (PL) avec les fonctionnalités de gestion des ressources humaines (HR) et de gestion de la relation client au sens large (SD CRM) ; la gestion des opérations (OP)

étant considérée à part, de même que la gestion des données techniques souvent supportée par des applications spécifiques (SPEC).



FI-CO: Finance & Control, HR: Human Resources, MM: Material Management,
 OP: Operations, PL: Planning, SD: Sales and Distribution,
 CRM: Customer Relationship Management, PDM: Product Data Management

Figure 22 : Modèles d'intégration dans les entreprises de service

Ces travaux nous ont permis de nous rendre compte que les actions de recherche et améliorations réalisées dans le domaine des projets ERP pour les entreprises industrielles ne pouvaient pas être déployées telles quelles dans les entreprises de service. Néanmoins, nous avons proposé des pistes de modèles qu'il reste à approfondir, valider et instrumenter.

7.4.3 Perspectives

Etant donné le rythme d'évolution des offres ERP, SCM, et CRM des éditeurs (à raison d'une nouvelle version tous les 18 mois ou 2 ans), la question de la contribution des solutions intégrées actuelles à cette problématique des entreprises de service mériterait d'être mise à jour. Nous pensons de plus que les techniques de modélisation bien que peu utilisées jusqu'alors dans ce secteur pourraient apporter des gains considérables, comme en témoignent les travaux réalisés dans le cadre du projet ERP-HCL.

La production de biens et la production de services étant de moins en moins disjointes, nous pourrions approfondir ces travaux vis-à-vis d'autres typologies d'entreprises :

- du point de vue industriel : conception à la commande, assemblage à la commande ou production sur stock,
- du point de vue logistique : pilotage par projet ou par chaîne logistique, chaîne logistique centrée sur la complexité (aérospatiale), l'obsolescence (électronique), le volume (distribution)...

7.4.4 Publications associées

[Botta-Genoulaz et Millet, 2003a] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET, An investigation into the use of ERP systems in the service sector. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'03), May 26-28, Porto (Portugal), Proceedings FUCAM Editors, ISBN 2-930294-13-02, Book I, p.347-357 (2003).

[Millet et Botta-Genoulaz, 2003] P.-A. MILLET and V. BOTTA-GENOULAZ, Differences between service and manufacturing organizations regarding ERP. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'03), May 26-28, Porto (Portugal), Proceedings FUCAM Editors ISBN 2-930294-13-02, Book I, p.358-365 (2003).

[Botta-Genoulaz et Millet, 2006] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET, An investigation into the use of ERP systems in the service sector. *International Journal of Production Economics*, Vol 99. Issues 1-2, pp 202-221 (2006).

Travaux encadrés

[Poumpalova, 2001] N. POUMPALOVA, An investigation into the use of ERP systems in the service sector. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2001).

7.5 Mesure de performance de projets d'intégration

Problématique :

- Evaluation de la performance des projets ERP ; contribution des ERP à la performance des entreprises.

Contributions :

- Définition d'indicateurs de performance pour la gestion de projets d'implantation d'ERP ;
- Modèle de classification des étapes d'optimisation de l'usage d'un ERP pour la performance de l'entreprise.

7.5.1 Problématique

Si les ERP marquent actuellement une importante étape vers la quête de cette « intégration idéale », ils n'en comportent pas moins des défauts qui proviennent paradoxalement de leurs qualités. Couvrant pratiquement l'ensemble des processus opérationnels (processus de réalisation et processus supports), ils sont difficiles et longs à mettre en œuvre. Très intégrés par définition, ils sont relativement rigides et délicats à modifier.

Les ERP continuent à se déployer dans les grandes et moyennes entreprises. Un marché de maintenance, puis de renouvellement apparaît. L'enjeu souvent exprimé par les acteurs qui ont déjà stabilisé le fonctionnement de leur système d'information avec un ERP porte sur sa meilleure utilisation au service de la performance de l'entreprise (on parle alors « d'optimisation de l'ERP »). Les résultats initialement attendus ont rarement été atteints et l'entreprise cherche à obtenir enfin des retombées contribuant à sa performance. Dans le même temps, de nouveaux besoins ainsi que de nouvelles fonctionnalités arrivent à maturité (optimisation de la chaîne logistique, gestion de la relation client, aide à la décision) et font entrevoir d'autres opportunités de performance. Mais, comme pour les implantations initiales, les actions d'optimisation sont mal définies : de la simple « meilleure utilisation » de fonctions existantes jusqu'au projet de renouvellement impliquant de nouveaux progiciels, la gamme des démarches d'optimisation est large et une classification en est nécessaire.

« Optimiser » le système d'information de l'entreprise pour atteindre les objectifs de la performance devient un enjeu majeur. De là découlent plusieurs questions.

- Dispose-t-on de données et d'informations fiables et pertinentes ?
- Les possibilités offertes par l'outil sont-elles suffisamment exploitées ?
- La cohérence entre le système d'information, les processus, les règles de gestion, et les compétences et pratiques des utilisateurs est-elle assurée ?
- La mise en œuvre de l'ERP a-t-elle contribué à rendre plus efficace l'organisation ?

La littérature scientifique a principalement portée sur la gestion des projets d'implantation d'ERP, leurs impacts, et les facteurs clés de succès associés. Les problématiques de mesure de la satisfaction des entreprises et de la performance du nouveau système d'information n'a été que récemment abordée (voir section 7.2.4).

7.5.2 Travaux et résultats

Une première contribution [Rouches et Bennani, 2002] a porté sur la définition d'indicateurs de performance de projets ERP, dans le cadre d'une collaboration en 2002 avec la société ALSTOM ITC (filiale du groupe ALSTOM issue de l'externalisation des services informatiques).

La multiplication des entités d'ALSTOM et leur besoin de mise en place de systèmes d'information fiables furent à l'origine du développement de projets locaux propres à chaque entité et chaque site. De ce fait s'est posé le problème de la cohérence entre les systèmes d'information et de la centralisation des données. La création de l'entité ITC avait comme objectif de centraliser les projets informatiques et ainsi d'homogénéiser les systèmes pour un meilleur reporting et pour une plus grande efficacité de la gestion des projets informatiques par la capitalisation des expériences précédentes. Un projet de mise en place d'une solution SAP unique pour tous les sites utilisant ce progiciel a été lancé sur la base de développement d'un « core model » qui était amené à s'enrichir.

Nous avons proposé 31 indicateurs de performance et de suivi pour les cinq principales phases de développement des projets gérés par cette entité ainsi qu'au niveau du suivi du projet par lui-même, décliné sur les trois dimensions qualité, coût et délais, présentés Tableau 5.

Phases	Nombre d'indicateurs
Spécifications	7
Développement et paramétrage	2
Déploiement du « core system »	2
Formation des utilisateurs	10
Reprise de données	3
Gestion de projet	7

Tableau 5 : Indicateurs de gestion de projet ERP

La réussite d'un projet d'implantation ERP est très fortement liée, en amont à la phase de description des processus souhaités (modèle *To Be*), et en aval à la capacité des utilisateurs à s'approprier le système. Nous avons analysé des retours d'expériences d'entreprises se situant dans la phase post-projet en vue d'identifier et de caractériser les bonnes pratiques d'optimisation en entreprise et leur contexte d'application, et de proposer une typologie de ces situations « post-ERP ».

Par optimisation de l'ERP on entend une utilisation efficiente des ressources techniques, humaines et organisationnelles mobilisées autour du système d'information intégré.

En 2003, nous avons conduit une étude de la littérature pour identifier ce qui dans les retours d'expériences ou enquêtes précédentes se rapportait à l'optimisation des ERP, et réalisé une enquête sur les pratiques des entreprises rhônalpines en collaboration avec le Pôle productive Rhône-Alpes. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet OPT-ERP, présenté en annexe, section 11.1.3 [PPRA, 2003] et d'un projet de fin d'études étudiant [Barajas Alot, 2003]. Il ressort qu'après la mise en exploitation d'un ERP, l'organisation de l'entreprise a été adaptée par la création d'un centre de compétences ERP, par la formalisation de propriétaires de processus, par la définition des rôles opérationnels sur les processus. 90% des entreprises interrogées ont jugé nécessaire l'optimisation de l'ERP après sa mise en œuvre. Les motivations pour cette optimisation nous ont conduit à définir deux axes de maîtrise du système d'information : un axe « Maturité de l'outil » relevant de la bonne utilisation de ces systèmes du point de vue de leur efficacité propre, le deuxième axe « Support de la stratégie » relevant de la contribution du système d'information à la performance de l'entreprise elle-même, de son efficacité globale.

Nous avons proposé [Botta-Genoulaz et Millet, 2003b ; 2005b] une première approche de classification des étapes d'optimisation. La matrice présentée Figure 23 présente une vision synthétique de la démarche d'optimisation en trois niveaux : opérationnel (le système d'information est considéré comme un outil de production et de diffusion de données), tactique (maîtrise des processus opérationnels et de l'intégration entre les fonctions) et stratégique (accompagnement de l'entreprise dans ses transformations et évolutions).

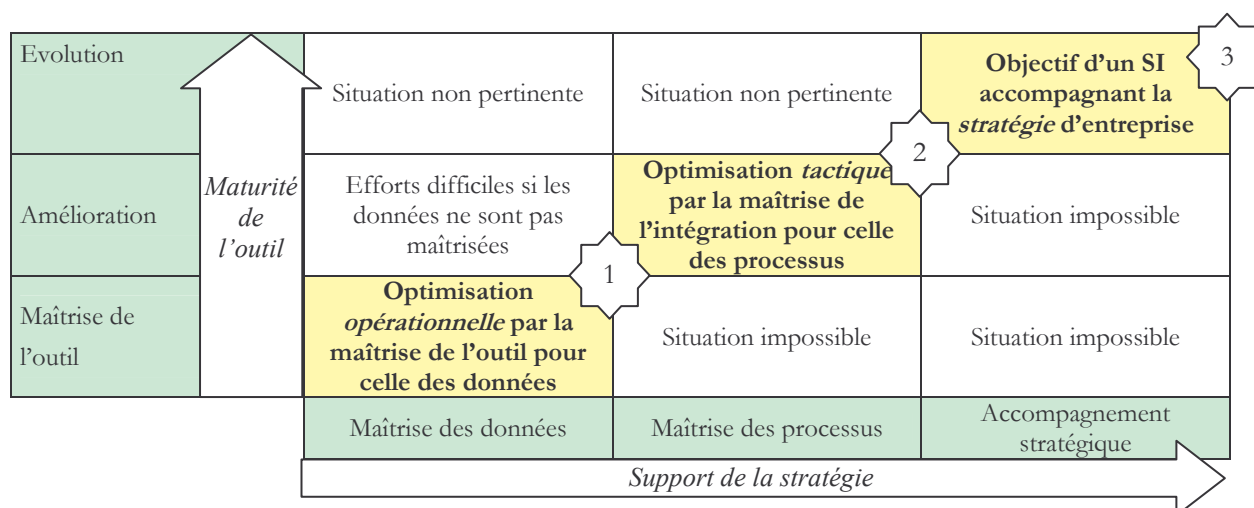


Figure 23 : Matrice de caractérisation du processus d'optimisation d'ERP

Elle souligne la contrainte de cohérence entre les deux axes, le système d'information ne pouvant apporter à la stratégie d'entreprise sans être maîtrisé en tant qu'outil (d'où les trois cases « situation impossible »). Par ailleurs, gagner en maîtrise et en maturité sur l'outil indépendamment de la stratégie de l'entreprise n'est pas pertinent.

Chacun des trois niveaux a été caractérisé par les critères d'alertes permettant de le reconnaître et par les actions d'amélioration caractéristiques à mettre en œuvre à ce niveau.

Cette approche a été validée par plusieurs retours d'audits réalisés auprès d'entreprises françaises.

7.5.3 Perspectives

Les enjeux de maîtrise des systèmes intégrés de gestion ne se limitent pas aux phases de mise en œuvre ou de déploiement. Le bon usage de ces systèmes d'information conduit les entreprises à de nouvelles organisations et à une recherche permanente d'alignement sur la stratégie de l'entreprise. Cela suppose d'aider à l'évaluation du positionnement de l'ERP (ou de toute autre brique applicative standard) dans le système d'information de l'entreprise afin d'identifier les actions d'amélioration pertinentes dans une situation donnée.

Nous avons proposé une première classification des étapes d'optimisation de l'usage d'un ERP et une démarche d'optimisation. Mais les modes d'évaluation et donc les critères associés sont nécessairement multiples : performance industrielle, satisfaction des utilisateurs, respect des durées et budgets annoncés, niveau de « culture industrielle », meilleure adéquation du système d'information et de l'organisation, flexibilité et « maintenabilité » du système d'information... Les perspectives de ces travaux portent sur le développement d'indicateurs de performance associés à chacun des trois niveaux et la proposition d'outils de mise en œuvre de la méthode d'optimisation. L'objectif visé est d'aboutir à un référentiel et à un guide d'optimisation de l'usage des ERP pour les entreprises de taille moyenne.

7.5.4 Publications associées

[PPRA, 2003] Collectif OPT-ERP du PPRA¹, Utilisation et Amélioration des ERP dans le milieu industriel : résultat de l'enquête « Optimisation des ERP en Rhône-Alpes ». Journées Réseau OPERA, 16 septembre, Lyon, 74 pages (2003).

¹ V. Botta-Genoulaz, L. Colas, P. Cosson, C. Lefevre, P. A. Millet, F. Perraud, L. Redortier, C. Salomon, R. Vernet, M. Versini.

[Botta-Genoulaz et Millet, 2003b] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET, Pour une meilleure utilisation des ERP : état des lieux. 5^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 26-29 octobre, Québec (Canada), Actes cdrom ISBN 2-9808240-0-3, 11p. (2003).

[Botta-Genoulaz et Millet, 2005] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET, A classification for better use of ERP systems. *Computers in Industry*, Vol.56, Issue 6, p. 572-586 (2005).

Travaux encadrés

[Rouches et Bennani, 2002] S. ROUCHES et A. BENNANI, Indicateurs de performance pour les projets ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2002).

[Barajas Alot, 2003] E. BARAJAS ALOT, Utilisation et exploitation des ERP dans le milieu industriel. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2003).

7.6 Evaluation de l'intégration

Problématique :

- Mesure de la complexité informationnelle, fonctionnelle et organisationnelle des projets ERP.

Contributions :

- Identification des modèles informationnels et organisationnels sous-jacents aux ERP ;
- Proposition de mesure de l'intégration (dimensions informationnelle, fonctionnelle et organisationnelle).

7.6.1 Problématique

Les ERP représentent une part de plus en plus importante du marché des systèmes d'information d'entreprise et les transforment profondément. Nous avons noté dans les chapitres précédents, que la mise en œuvre et l'usage de ces progiciels intégrés n'allaient pas de soit. Ce phénomène relève autant de la logique propre de l'offre (éditeurs, intégrateurs, consulting...) que de la demande des entreprises confrontées à l'accélération des flux dans la mondialisation.

Or, un des moteurs de ces transformations est l'intégration accélérée des fonctions internes à l'entreprise et des processus interentreprises. Cette intégration pose des problèmes nouveaux, dépassant l'intégration d'applications informatiques pour prendre en compte les objectifs, les moyens et les processus métiers des entreprises. Les conséquences sont fortes sur l'architecture des systèmes d'information, le niveau d'intégration des fonctions, la mesure de la performance, les organisations elles-mêmes, et le rôle des différents acteurs.

Il est donc nécessaire de rechercher des outils permettant d'évaluer le plus rapidement possible la complexité a priori des projets ou des modèles proposés afin d'aider à la prise de décision dans les choix d'architecture et de solutions et d'organiser les projets de manière réaliste sur ces bases.

7.6.2 Travaux et résultats

Dans le cadre de la thèse de Pierre-Alain MILLET, nous proposons d'identifier les points d'intégration, leurs caractéristiques en termes de niveau d'automatisation afin d'aider à mesurer la complexité d'un système d'information existant ou souhaité pour une entreprise, contraint ou possible pour une solution ERP, afin d'aider à construire des démarches de projets réalistes, de mieux mesurer les coûts d'un projet en fonction de l'existant et des objectifs plus clairement définis.

Pour appréhender ce problème, nous avons mené des recherches bibliographiques dans plusieurs domaines connexes : la problématique d'intégration (voir section 7.2.2), les retours d'expériences de projets ERP (voir section 7.2.3 et 7.2.4), ainsi que les travaux sur la modélisation, les modèles d'entreprise et les méthodologies de gestion de projets (voir section 7.3).

Une première contribution [Barton, 2000] a porté sur l'identification des modèles organisationnels sous-jacents à l'ERP SAP R/3. Tout en étant le leader sur ce marché, il ressort des retours d'expérience que son

implantation peut avoir des impacts négatifs sur la productivité et la performance des entreprises, du fait de sa complexité et de sa taille. Les éléments de structure organisationnelle et leurs relations ne sont pas à priori « visibles » dans le progiciel, ce qui peut nuire lors de la mise en œuvre. Un diagramme organisationnel a été reconstruit pour expliciter le modèle d'entreprise, et un glossaire a été proposé pour chaque entité organisationnelle. Les relations entre le modèle organisationnel et le modèle de données ont été étudiées sur le processus de ventes, processus fréquemment utilisé.

L'intégration entre les processus, l'organisation et les informations dans les ERP est matérialisée par un grand nombre de dépendances existant entre des milliers d'objets comme les scripts, les tables, les rapports, les écrans... Une structure hiérarchique ne peut pas prendre en compte toutes ces contraintes transverses à la structure arborescente de la navigation dans les menus. Il apparaît nécessaire de considérer ces dépendances comme des connaissances sur l'intégration et de définir des solutions pour les gérer.

Dans le cadre des travaux de doctorat de Pierre-Alain MILLET, l'étude des dimensions organisationnelles et informationnelles de l'intégration nous a conduit à proposer une définition d'une mesure possible de l'intégration par le nombre de dépendances élémentaires entre les objets constituant les systèmes intégrés [Millet et al., 2005 ; Millet, 2005]. Une définition générale des objets pourrait s'appuyer sur les constructs des méthodes de modélisation d'entreprise. L'ERP BaaN proposant un outil de modélisation dont la correspondance avec CIM-OSA a été établie [Cuenca et al., 2001], nous pouvons donc considérer les modèles organisationnels de BaaN comme un exemple pertinent pour étudier l'intégration organisationnelle à travers un modèle d'entreprise plus général comme CIM-OSA. Cette mesure de l'intégration permet de comparer le niveau d'intégration entre deux fonctions sur des ERP différents, ou entre un ERP et une organisation existante. Elle facilite aussi la production dynamique de vues plus cohérentes du système d'information, soulignant les objets qui sont fortement corrélés par des dépendances internes.

Une étude a été conduite sur l'ERP BaaN de SSA¹. Deux types de représentation de ces dépendances ont été étudiées : matrice pour permettre la mesure des dépendances et graphe pour faciliter la navigation dans le système.

Deux matrices ont été construites, l'une mesurant les dépendances entre les objets du progiciel (de type tables, scripts et formulaires) et l'autre mesurant les dépendances entre les objets organisationnels et informationnels. A titre d'exemple, sur la Figure 24, qui représente les dépendances entre les objets techniques du progiciel, l'intensité des couleurs est proportionnelle au nombre de dépendances.

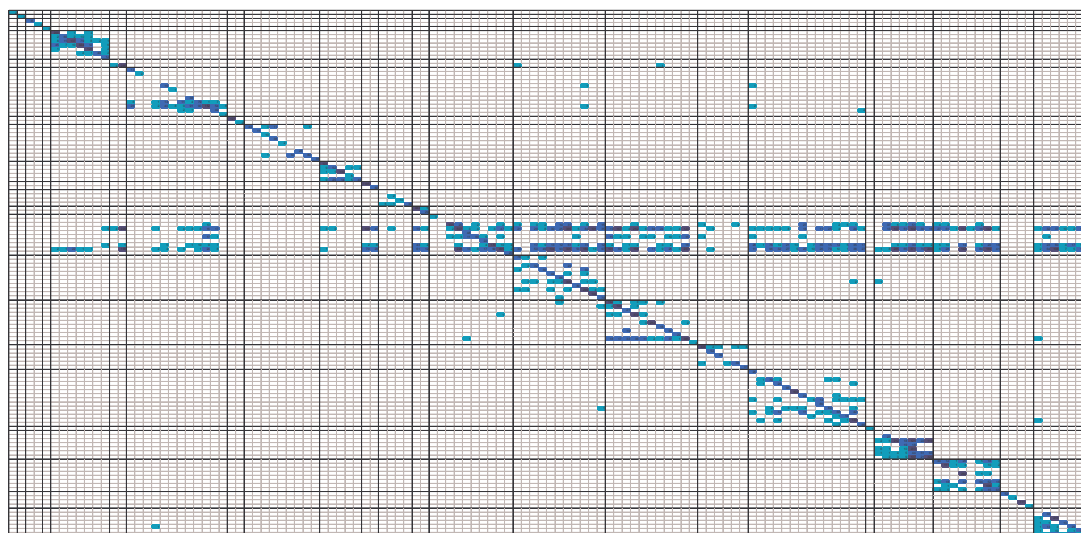


Figure 24 : Matrice des dépendances entre objets techniques de l'ERP BaaN

La diagonale révèle le caractère modulaire de l'ERP ; les lignes horizontales concernent les modules communs du progiciel qui ont le plus de dépendance avec l'ensemble de l'application ; d'autres points

¹ BaaN est maintenant commercialisé par SSA Global (<http://ssaglobal.com>), 3^{ème} éditeur de progiciel de gestion intégré d'entreprise, et la dernière version (6.1) a été renommée SSA ERP LN.

d'intégration peuvent être identifiés. Les analyses conduites sur les deux types de matrice confirment l'importance de l'intégration dans les ERP et la nécessité de définir des outils de gestion de cette intégration, au service des utilisateurs.

Une représentation sous forme de graphes dirigés, où les nœuds représentent les objets et les arcs sont valués par les dépendances, autorise l'utilisation de différentes techniques de manipulation dans l'objectif d'évaluer l'intégration locale et ses conséquences. Plusieurs algorithmes ont été testés pour la visualisation des dépendances afin de faciliter la compréhension de l'intégration (Algorithme de Kruskal¹, Algorithme d'attraction [Eades et Huang, 2000], algorithme de partitionnement [Karypis et Kumar, 1998]). Par exemple, l'application de l'algorithme d'attraction sur un cas simple de 4 modules et 13 objets (voir Figure 25) permet de proposer une redéfinition du module C pour une meilleure visibilité de l'intégration.

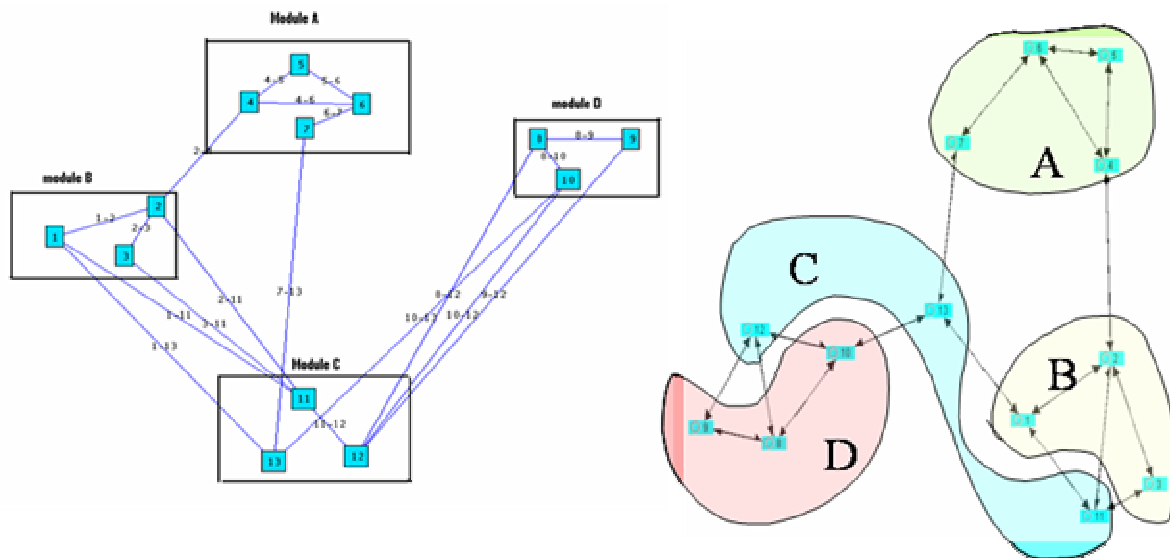


Figure 25 : Visualisation du graphe de dépendance avec l'algorithme d'attraction

7.6.3 Perspectives

Cette première étude partielle permet de confirmer la possibilité de définir l'intégration dans ses dimensions organisationnelle et informationnelle. Elle conduit à proposer une approche outillée de l'intégration aussi bien pour les phases de conception et de développements spécifiques autour d'un ERP, que pour les phases de formation, d'assistance ou d'appropriation.

La prise en compte des dépendances entre objets peut constituer une réponse pertinente à la difficulté perçue de l'intégration. D'autres caractéristiques des ERP pourront être considérées, notamment la dynamique résultant de leur caractère paramétrable. Les dépendances sont ou ne sont pas actives selon les paramètres et les données de base. Un approfondissement des travaux réalisés sur une représentation des dépendances sous forme de graphes permettra de proposer une architecture permettant de générer dans une base de données étendue les graphes des dépendances, de pré calculer les chemins possibles, et d'optimiser des requêtes de navigation dans les graphes.

La poursuite de ces travaux permettra de proposer un outil d'aide à la décision dans les domaines de l'évaluation de la complexité des projets, de la configuration des systèmes (meilleure adéquation entre l'organisation et l'ERP), et de la conduite du changement nécessaire (modélisation des compétences mises en œuvre dans les processus de pilotage utilisant massivement l'ERP).

¹ Kruskal, 2005, "Dictionary of Algorithms and Data Structures", <http://www.nist.gov/dads/>

7.6.4 **Publications associées**

[Millet et *al.*, 2005] P.-A. MILLET, G. NEUBERT, V. BOTTA-GENOULAZ, Une approche outillée de l'intégration autour des ERP. 6ème Congrès International de Génie Industriel, 7-10 juin, Besançon (France), Actes cdrom, 11p. (2005).

[Millet, 2005] P.-A. MILLET. A reverse engineering approach of integration with ERP, Conference IFIF 5.7 Advanced in Production Management Systems (APMS), September 18-21, Rockville (MD, USA), 15p. (2005).

Travaux encadrés

[Barton, 2000] R. BARTON, Analysis of underlying enterprise model of the SAP R/3 system. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).

8 Impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques

8.1 Introduction

Dans un contexte, où les entreprises cherchent à améliorer leur performance industrielle en termes de coûts mais aussi de délais, d'adaptabilité, de flexibilité, de variété et de traçabilité, trois éléments essentiels conditionnent une gestion réussie de la chaîne logistique :

- l'organisation et les principes de gestion mis en œuvre ;
- les degrés de communication et donc de collaboration entre partenaires ;
- le partage de l'information et l'intégration entre les systèmes d'information des partenaires.

Nous avons travaillé sur le premier point en proposant dans le chapitre 6, d'une part des méthodes, modèles et outils d'aide à la conception, à la mise en œuvre et à l'optimisation de la traçabilité dans les chaînes logistiques (voir section 6.3, page 68), et d'autre part des méthodologies d'analyse, de diagnostic et d'optimisation de la gestion des chaînes logistiques (voir section 6.4, page 76).

En parallèle, nous avons étudié le concept d'intégration intra-organisationnelle (c'est-à-dire au niveau des chaînes logistiques internes) lié à l'implantation des progiciels de gestion intégrés de type ERP. Lors de ces travaux, présentés au chapitre 7, nous avons entre autre proposé une méthode de gestion de projet d'implantation d'ERP s'appuyant sur une cartographie des processus (section 7.3, page 90), ainsi que des méthodes et modèle d'évaluation de performance tant pour la phase « projet », que pour mesurer la contribution du projet d'intégration à la performance industrielle de l'entreprise (section 7.5, page 99)

A partir de ces travaux, nous nous intéressons à l'impact de l'intégration et (ou) des systèmes intégrés de gestion sur (ou en interaction avec) le pilotage des chaînes logistiques, en étudiant les problématiques de collaboration, de partage d'information et d'intégration entre les systèmes d'information des partenaires d'une chaîne.

Nous abordons donc dans ce chapitre les deux autres points cités plus haut, et présentons nos contributions à savoir :

- la contribution des progiciels intégrés (ERP, APS) au processus de planification des chaînes logistiques (section 8.3),
- la mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques et la contribution du partage d'information à la performance des chaînes logistiques (section 8.4).

Ces travaux ont été réalisés en partie dans le cadre du projet COPILOTES présenté en annexe (section 11.1.4) [Copilotes-G, 2003 ; Copilotes-G, 2004 ; Copilotes-G, 2005], et plus particulièrement du groupe de travail WG2 qui s'intéresse au partage de l'information et à la structuration des systèmes d'information dans une chaîne logistique [Copilotes-WG2, 2004 ; Copilotes-WG2, 2005]

Nous présentons auparavant en section 8.2 un état des lieux des notions utiles à l'étude de ces problématiques ainsi qu'un état de l'art des travaux dans le domaine des systèmes de planification avancés et de la collaboration dans les chaînes logistiques.

8.2 Etat des lieux

Nous avons présenté les concepts de chaînes logistiques et de gestion de chaînes logistiques en section 6.1.1 (page 59) et les principales problématiques associées en section 6.1.2 (page 61). Dans cette section, nous nous attachons à présenter les compléments dans le domaine de la collaboration dans les chaînes logistiques, de la planification avancée, et des systèmes d'information associés.

Monczka et Morgan [1997] insistent sur l'importance de l'intégration des processus dans la gestion des chaînes logistiques. Stadler [2005] place l'atteinte de la compétitivité de l'ensemble des maillons de la Supply Chain à travers le déploiement d'une stratégie commune à tous les acteurs et qui se mesure par un indicateur qui n'est autre que la satisfaction du client. Cette stratégie se construit à travers deux axes principaux : l'intégration et la gestion et coordination des flux (financiers, informationnels et matériels). D'après cet auteur, le succès de la mise en œuvre de la coordination des flux passe par trois éléments :

- l'utilisation d'outils pour communiquer et favoriser la libre circulation des informations,
- la mise en place de processus d'orientation,
- et enfin, la planification avancée.

L'objectif de la communication d'information est entre autre d'éviter l'effet *bullwhip* mais aussi de faciliter la prise de décision entre tous les acteurs. La mise en place de processus d'orientation, n'est pas seulement destinée à abaisser les barrières entre les entités de la chaîne, mais sert surtout à l'élimination des processus redondants qui freinent le fonctionnement global et donc la compétitivité de la chaîne logistique. Enfin la planification avancée est devenue aujourd'hui une activité stratégique, portée en partie par les systèmes APS (*Advanced Planning and Scheduling*).

8.2.1 Point de vue des processus de gestion de la chaîne logistique

L'amélioration de processus aussi complexes que ceux rencontrés dans les chaînes logistiques se heurte à de nombreuses difficultés, et en premier lieu l'absence de définition standard des éléments constituant cette chaîne. Ainsi, en 1996, soixante-neuf industriels (dont Dow Chemical, Texas Instruments, Allied Signal, Merck & Co., Federal Express...) assistés de PRTM et d'AMR se sont regroupés pour former le Supply Chain Council (SCC) afin de développer le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference model), le premier modèle de référence de la chaîne logistique globale.

Le modèle SCOR [Stephens, 2001 ; SCC, 2003] offre un cadre méthodologique complet composé des éléments suivants :

- descriptions standard des éléments composant les processus complexes de la Supply Chain ;
- indicateurs de benchmarks permettant de comparer la performance des processus à des références externes ;
- descriptions des meilleures pratiques associées à chacun des éléments des processus ;
- identification des progiciels commerciaux et de leurs fonctionnalités qui permettent la mise en œuvre de ces meilleures pratiques.

Le modèle SCOR intègre l'ensemble des processus, des flux et des transactions intervenant du fournisseur du fournisseur au client du client, comme l'illustre la Figure 26. Le modèle SCOR propose quatre niveaux de détail pour la description des processus :

- le niveau 1 établit le modèle de la chaîne logistique avec quatre processus génériques : planification (*plan*), approvisionnement (*source*), fabrication (*make*), livraison (*deliver*) ;
- le niveau 2 définit différentes catégories à l'intérieur de chacun des quatre processus (par exemple, distribution directe ou indirecte, fabrication sur commande ou sur prévisions) ; cette configuration reflète la stratégie retenue par l'entreprise pour ses opérations ;
- le niveau 3 permet aux entreprises d'affiner leur modélisation en précisant les étapes de chacune des catégories de processus définies au niveau 2 ; c'est également à ce niveau que sont identifiés les flux d'entrée et de sortie des différentes étapes, les indicateurs de performance associés, ainsi que les meilleures pratiques et les fonctionnalités des progiciels commerciaux et des outils existants ;
- le niveau 4, spécifique à chaque entreprise, assure la mise en œuvre effective des meilleures pratiques et décrit les procédures propres à l'entreprise et de leurs modes d'applications.

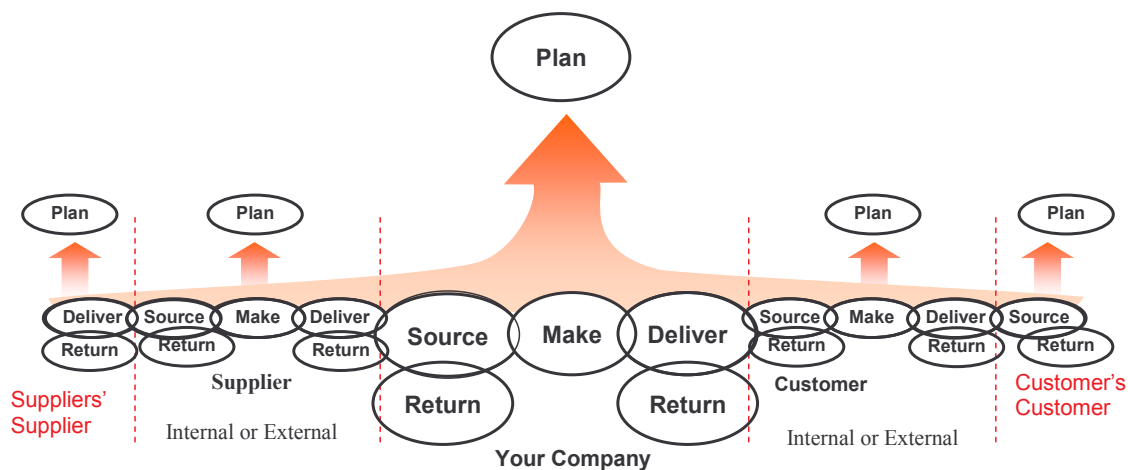


Figure 26 : Les processus du modèle SCOR dans la chaîne logistique

Parallèlement, Cooper et *al.* [1997] identifient huit principaux processus de gestion des chaînes logistiques accompagnant le processus physique de produits (voir Figure 27). Notons qu'un échange d'informations (information flow) coiffe le modèle, mettant ainsi en relation les différents services.

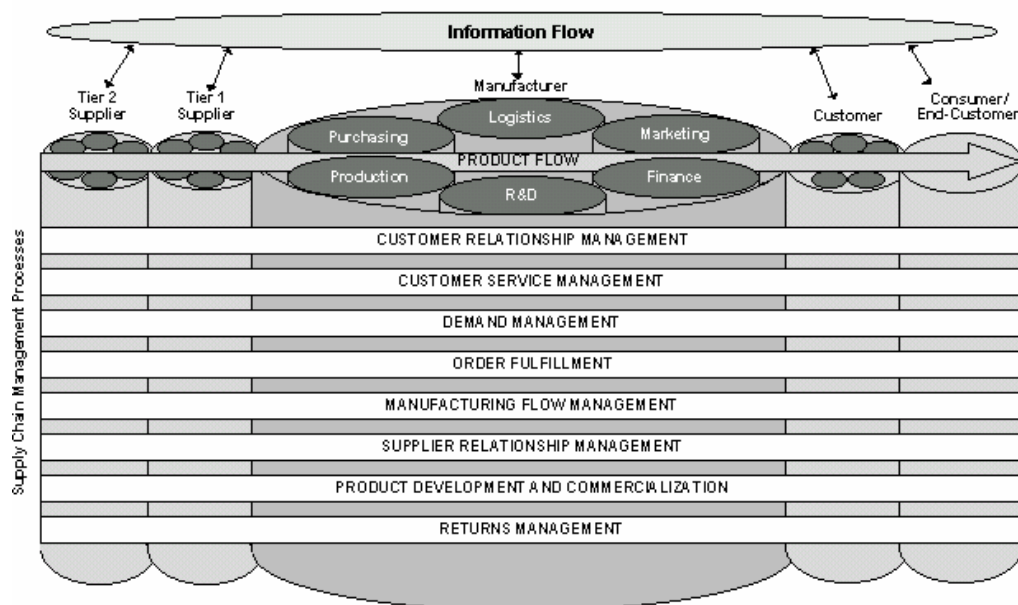


Figure 27 : Les processus de gestion de la chaîne logistique [Cooper et *al.*, 1997]

Gilmour [1999] propose une approche de diagnostic de chaîne logistique par audit de compétences-clés. L'analyse, supportée par le modèle présenté Figure 28, consiste à analyser une chaîne logistique selon trois angles de vue : les processus, les technologies d'information mises en œuvre et l'organisation. Au total, ce sont 11 compétences-clés, ou *capabilities*, qui sont évaluées sur 5 dimensions : stratégie et organisation, planification, processus et information, flux de produits et mesure de la performance.

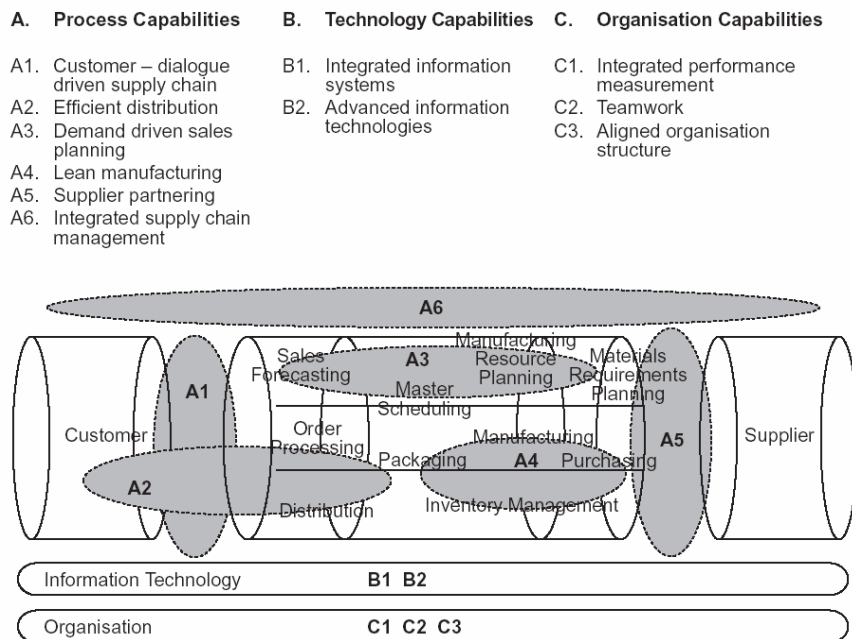


Figure 28 : Structure d'audit d'une chaîne logistique [Gilmour, 1999]

Les concepts sous-jacents à ces processus ont fait l'objet de plusieurs travaux [Berry et *al.*, 1997 ; Dyer et *al.*, 1998 ; Anderson et Kerr, 2002 ; Chan et Qi, 2003]. Tous s'accordent sur le fait qu'une démarche globale de gestion de la chaîne logistique nécessite de faire une transition entre ses processus, l'organisation fonctionnelle de l'entreprise et de ses partenaires et la structure du système d'information.

8.2.2 Point de vue de la collaboration

Depuis les années 90, nous observons un engouement pour la collaboration. Une étude d'AMR Research [AMR, 1999] identifiait deux freins au déploiement de cette pratique :

- la collaboration dans la chaîne logistique a besoin d'une solution basée en technologie, similaire en portée, en coût et risques à l'implantation d'un système ERP,
- tous les partenaires doivent avoir le même niveau technologique avant d'initier un projet de supply chain management.

La collaboration est affichée comme enjeu majeur des stratégies logistiques des années 2000. Les entreprises d'aujourd'hui, ne se concurrencent plus en tant qu'entités indépendantes, mais plutôt comme une partie intégrale de chaînes logistiques [Lambert et Cooper, 2000 ; Heikkilä, 2002]. La collaboration dans les chaînes logistiques apparaît comme une condition d'atteinte d'avantages compétitifs pour améliorer la performance globale de la chaîne [Angerhofer et *al.*, 2005]. Liu et Young [2004] insistent sur le fait que le succès de la coordination (ou collaboration) repose sur l'intégration et le partage d'information.

Nous retrouvons cette notion sous différentes formes dans la littérature scientifique : collaboration des chaînes logistiques comme clé de la création de valeur [Sahay, 2003], orchestration de la chaîne de valeur virtuelle [Hinterhuber, 2002], collaboration cross-entreprise [Bowersox et *al.*, 2003], chaînes logistiques synchronisées [Anderson et Lee, 1999], nouveaux « *supply chain business models* » supportés par les technologies de l'information et de la communication [Anderson et Lee, 2001], adaptation de l'organisation et des structures aux modèles collaboratifs [Bowersox et *al.*, 2003].

De nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur la collaboration ou la coordination dans les chaînes logistiques que ce soit en économie industrielle, en management ou en gestion industrielle [Golicic et *al.*, 2003 ; Thierry, 2003 ; Bowersox et *al.*, 2003 ; Lauras, 2004 ; Baudry, 2004].

Nous présentons, dans le Tableau 6, une sélection de références témoignant des résultats d'enquêtes conduites pour analyser la mise en œuvre de ces pratiques dans les entreprises.

[Boddy <i>et al.</i> , 1998]	en Ecosse
[Akintoye <i>et al.</i> , 2000]	dans le secteur de la construction au Royaume-Uni
[Barut <i>et al.</i> , 2002]	dans le secteur automobile aux USA
[Rondeau et Bordron, 2002]	sur le concept SCQM en France
[Oral <i>et al.</i> , 2003]	dans le secteur de la construction en Turquie
[Humpreys <i>et al.</i> , 2003]	dans les grandes entreprises à Hong Kong
[Olhager et Selldin, 2004]	dans le secteur industriel en Suède
[Lai <i>et al.</i> , 2004]	dans le secteur des transports à Hong Kong
[Petit, 2004]	ciblées sur les TPI-TPE au Royaume-Uni

Tableau 6 : Références d'enquêtes sur les pratiques de supply chain management

8.2.3 Point de vue des systèmes d'information

Comme nous l'avons introduit précédemment, le développement des APS a été motivé par les limites des systèmes MRP II dans leur capacité à supporter la planification des chaînes logistiques, et a été basé sur des modèles inter-organisationnels (fournisseurs, usines, centres de distribution, points de vente...). Héritiers tout autant des méthodes d'optimisation (programmation linéaire, simplexe...), de l'intelligence artificielle (méthodes génétiques, programmation sous contraintes) et des classiques tableurs (ergonomie et convivialité), les APS se présentent comme des systèmes intégrés d'aide à la décision offrant une forte puissance de calcul et des outils d'optimisation efficaces. Ils s'articulent autour de trois modules principaux : *supply chain design*, *supply chain planning* et *tactical / operative planning*, comme l'illustre la Figure 29.

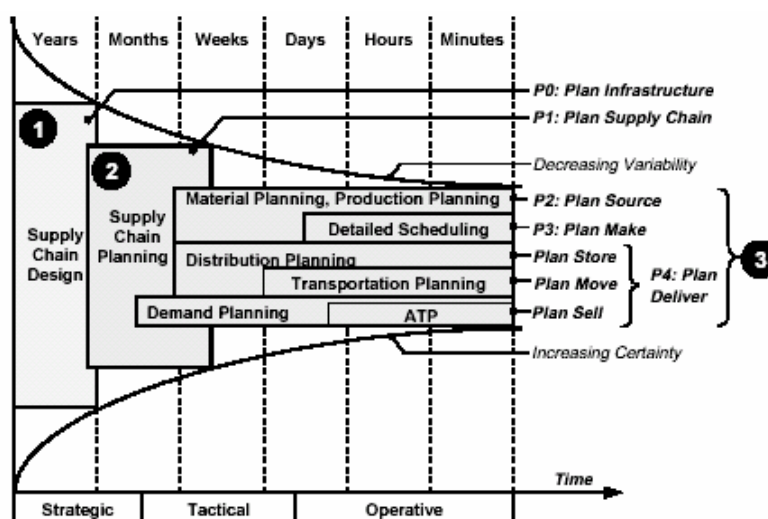


Figure 29 : Modules des APS

Nous retrouvons ici de même que dans les processus de Cooper *et al.* [1997] les 4 processus principaux du modèle SCOR, à savoir *plan*, *source*, *make* et *deliver*. La gestion du processus *return* bien qu'identifié par Cooper, n'est pas supportée dans les APS.

A l'instar des ERP, la mise en œuvre des APS dans les entreprises est un processus complexe. Une trop grande simplification des contraintes réelles ou un déploiement progressif sont un frein à l'optimisation recherchée par ce type de système [Zoryk-Schalla *et al.*, 2004]. De plus, certaines faiblesses de ces outils ont été identifiées au niveau financier [Badell *et al.*, 2004], au niveau de la prise en compte des activités de type ETO [Stadtler et Kilger, 2000], au niveau de la réactivité en planification [Thomas et Charpentier, 2003], au niveau de la sophistication des modèles de prévision de la demande [Louis *et al.*, 2002], ou au niveau de la modélisation des contraintes de taille de lots [Stadtler et Kilger, 2000 ; Tempelmeier, 2001].

Comme l'illustre la matrice SCP proposée par Stadler [2005], reprise en Figure 30, la notion de *supply chain planning* (SCP) est présentée comme se déclinant en deux dimensions hiérarchique (stratégique, tactique et opérationnel) et fonctionnelle (approvisionnement, production, distribution, vente).

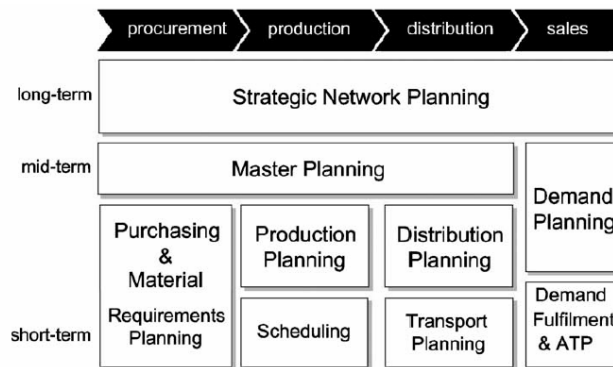


Figure 30 : Matrice SCP [Stadler, 2005]

L'offre éditeur dans le domaine des APS est assez riche, avec les leaders I2 Technologies (Rhythm product family), JD Edwards (Numetrix), Manugistics (Manugistics6), et SAP (APO), et les autres : Adexa, Agilitys, Aspen Tech, BaaN, Logility, PeopleSoft...

L'architecture des progiciels de gestion des chaînes logistiques (APS et autres) proposés sur le marché met en avant certaines fonctionnalités de la gestion de la chaîne logistique comme *Supply Chain Event Management (SCEM)*, *Supplier Relationship Management (SRM)*, ou encore les notions de CTP (*capable to promise*) et ATP (*available to promise*). La Figure 31 reprends les différentes fonctionnalités identifiées.

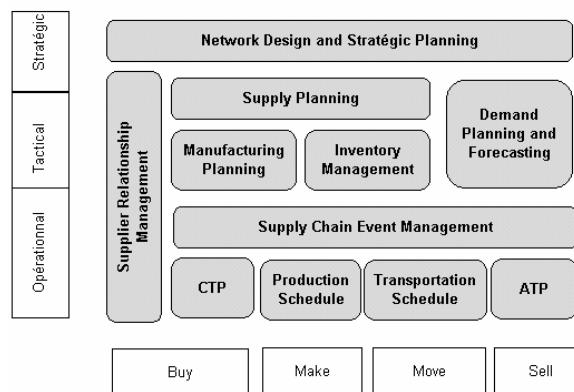


Figure 31 : Architecture des progiciels SCM

Des travaux ont été menés pour apprécier la nature et les usages des applications ou briques applicatives constitutives du système d'information des entreprises ainsi que les technologies d'intégration ou de communication [Ching et al., 1996 ; Fritz et al., 1998 ; Laudon et al., 2001 ; Isaac, 2002 ; Rutner et al., 2003].

Falk [2005] a réalisé une revue de la littérature et identifié à partir de résultats de la base de données e-business w@tch sector (2002) pour quatre pays européens (Allemagne, France, Italie et Royaume Uni), le taux d'utilisation des trois grandes briques applicatives ERP, SCM et CRM. Les applications SCM, certes plus récentes que les ERP, sont assez peu utilisées, alors que les applications CRM le sont largement surtout dans les secteurs pour lesquels la relation avec le client est très forte. Il fait ressortir que, comme pour les ERP, seules les grandes entreprises manufacturières et/ou celles qui ont une problématique logistique complexe ont fait le choix d'applications de type SCM.

Les intérêts et limites de ces briques applicatives ont récemment retenu l'attention de nombreux chercheurs. Certains travaux ont porté sur la contribution de ces technologies de l'information et de la communication aux mécanismes de coordination dans les chaînes, et permettent de développer des systèmes d'information intra ou inter-organisationnels [Humphreys et al., 2001 ; Simatupang et al., 2002 ; Themistocleous et al., 2004]. D'autres travaux ont démontré que ces briques contribuaient aussi à la

performance des chaînes logistiques ; l'amélioration de la disponibilité et de la vitesse de transmission de l'information aboutit tant à des bénéfices opérationnels qu'à des avantages stratégiques [Kendall, 1997 ; Sanders et Premus, 2002 ; Soliman et Janz, 2004 ; Williamson et al., 2004]. Néanmoins, certaines études sur la contribution des ERP à la gestion de la chaîne logistique révèlent que ces derniers ont un faible apport aux attentes du supply chain management [Edwards et al., 2001 ; Akkermans et al., 2003]

Nous intéressant à la coordination et la collaboration dans les chaînes logistiques, nous avons pu identifier plusieurs typologies de systèmes d'information pertinentes vis-à-vis de ce concept :

- selon le type d'intégration [Themistocleous et al., 2004],
- en fonction du couplage informationnel caractérisé par l'étendue et l'intensité de la relation [Barut et al., 2002],
- en fonction de la nature de l'information partagée [Lee et Whang, 2000],
- selon l'utilisateur partenaire ou client [Simatupang, 2002],
- et enfin en fonction des profils d'adoption [Craighead et Laforge, 2003].

8.3 Contribution des progiciels intégrés à la planification des chaînes logistiques

Problématique :

- Contribution des progiciels intégrés tels les ERP ou APS à la planification et à la performance des chaînes logistiques.

Contributions :

- Positionnement des progiciels de gestion ou « briques applicatives » par rapport aux modèles de gestion et planification d'entreprise ;
- Analyse de la contribution de ces briques aux processus de gestion des chaînes logistiques et à la collaboration entre entités de la chaîne.

8.3.1 Problématique

L'enjeu de la planification des chaînes logistiques (intra ou interentreprises) est d'assurer la continuité et la fluidité des flux physiques et financiers entre les entités par une exploitation globalement optimisée des flux informationnels permettant la coordination des activités de chacun. Se pose la question de l'intégration des systèmes d'information d'entités plus ou moins indépendantes dans la mesure où la gestion des flux physiques sur l'ensemble de la chaîne logistique nécessite une utilisation coordonnée des informations qui sont par nature décentralisées. Pour ces systèmes d'information qualifiés de « systèmes d'information inter-organisationnels », la tendance est à l'assemblage de briques applicatives¹ grâce aux technologies de communication (EDI, réseaux, Internet, places de marché...).

Depuis plusieurs années, les systèmes d'information et de gestion d'entreprises reposent très fréquemment sur des progiciels de gestion intégrés (ERP). Ces progiciels, qui s'appuient sur une base de données unique et partagée ainsi que sur une formalisation des processus de gestion, ont permis une intégration forte des activités internes et ont participé à la maîtrise des processus transversaux. Sont apparus depuis de nouvelles offres tournées vers la gestion de la relation client ou la planification et la synchronisation d'activités distribuées. Les ERP, MES (*Manufacturing Execution System*), APS (*Advanced Planning and Scheduling*), SCE (*Supply Chain Execution*), EAI (*Enterprise Application Integration*), et autres sont venus remplacer les classiques logiciels de gestion de production, d'ordonnancement et de suivi.

¹ Nous appelons « brique applicative », une application, un progiciel ou un composant logiciel générique ayant pour vocation d'être réutilisable.

Est-ce une opération commerciale ou une révolution thématique ? Les modèles de décomposition classiques issus de la systémique (systèmes physique, d'information et de décision) ou du domaine du pilotage (long, moyen, court et très court terme) sont-ils toujours opportuns ? Les promesses quant aux potentialités des APS sont-elles vérifiées dans les entreprises ? En quoi ces nouvelles offres contribuent-elles à l'intégration des systèmes et des organisations ? Permettent-elles une intégration fonctionnelle ou spatiale ? Comment ces briques applicatives supportent-elles les processus de gestion des chaînes logistiques ?

Autant de questions qui constituent des problématiques de recherche. L'usage de ces outils est aujourd'hui au cœur du questionnement des entreprises, et les réponses ne sont pas seulement techniques mais doivent prendre fondamentalement en compte des aspects économiques, organisationnels et humains.

8.3.2 Travaux et résultats

Une première étude du positionnement des nouvelles offres par rapport aux modèles « classiques » des systèmes de pilotage, nous a amené à considérer une évolution selon deux axes : l'axe de l'intégration qui se décline à deux niveaux (entreprise et atelier) et dans deux directions (intégration des fonctions internes ou processus transversaux et intégration de l'environnement, vision « Supply Chain »), et l'axe « système de décision » distinguant le transactionnel et le décisionnel [Baptiste et al., 2001].

Les ERP et les EAI correspondent à une intégration de toutes les fonctions transactionnelles liées à la gestion industrielle au sens large, au niveau entreprise. De même, les MES correspondent à une intégration fonctionnelle au niveau atelier (maintenance, suivi, gestion des heures, etc.). Il s'agit donc d'une évolution du concept de CIM. Les APS correspondent à une intégration spatiale (multi-entreprises, multi-sites, multi-ateliers) des fonctions décisionnelles. Brisant les frontières spatiales et temporelles, les APS proposent une vision en temps réel de l'ensemble de la chaîne logistique, en ciblant un sous-ensemble de produits ou de ressources critiques, à l'instar de la théorie des contraintes ou de la méthode OPT (*Optimized Production Technology*) qui se concentre sur les ressources goulets [Goldratt et Cox, 1995].

Nous avons conduit des études plus ciblées sur les APS et leur contribution aux modèles classiques de planification [Souki, 2002 ; Sabot, 2003 ; Gruat-la-Forme, 2004].

Il ressort que les APS apportent aux modèles traditionnels MRP portés par les ERP un niveau supplémentaire de planification (au niveau de la conception du réseau logistique), la prise en compte de la capacité finie sur un périmètre multi-entités pour les ressources productives ou ressources auxiliaires, des logiques différentes de calcul des besoins, un contrôle distribué, des possibilités de simulation et d'optimisation sur plusieurs critères prenant en compte des contraintes supplémentaires.

Un problème demeure toutefois lorsqu'il s'agit d'intégrer ERP et APS : la modélisation des données de base et des données de production échangées entre les systèmes ; d'après le retour d'expérience de la société CARTIER du groupe Richemont, une attention particulière doit être portée sur la cohérence et la granularité de ces données [Sabot, 2003]. La contribution de l'APS à la performance de l'entreprise repose sur la compétence et la connaissance des acteurs qui le mettent en œuvre et qui l'utilisent (techniques de prévisions, techniques d'optimisation...). Le retour sur investissement de projet d'implantation d'APS, annoncé par les analystes à quelques mois, est en réalité plus important (le projet chez CARTIER est estimé avoir un retour sur investissements de 4 à 5 ans).

Une analyse de la couverture par les APS des processus de la gestion de la chaîne logistique [Gruat-la-Forme, 2004] par comparaison des modèles de Cooper et al. [1997] et de Stadtler [2005] (présentés respectivement Figure 27 et Figure 30) nous confirme que certains processus – le développement et la commercialisation des produits, la gestion des retours – ne sont pas supportés, de même que la fonction « Recherche et Développement ». De plus cette analyse fait ressortir deux autres points :

- bien que l'aspect financier soit pris en compte par les outils de planification avancée (au niveau de la fonction objectif des simulations), il n'est pas possible de mesurer l'impact financier global, à tous les niveaux de la chaîne, d'une même décision ; ce point est confirmé par les travaux de Feniès et Gourgand [2004] et Badell et al. [2004] ;
- les domaines liés à la gestion de la relation ou du service client ne sont que faiblement couverts par les modules d'APS ; ils font néanmoins l'objet de systèmes dédiés dans le domaine du

CRM, mais témoignent d'un manque de coordination et de synchronisation avec le reste des activités, gérées par les outils de planification avancée.

Une enquête sur les pratiques d'utilisation des modules des APS en entreprise [Gruat-la-Forme, 2004] nous apprend que la majorité des modules implantés servent le niveau tactique (53%) ou opérationnel (36%). De plus, les entreprises semblent rester fidèles aux modules répondant à leurs premières attentes, à savoir des modules de gestion de la demande, de planification de la production et d'ordonnancement à capacité finie, tout en délaissant quelque peu les autres modules (comme la gestion des stocks et de la logistique amont, ou les modules liés à l'optimisation de la production) qu'elles aient ou non un ERP.

Si ces outils permettent bien souvent des gains notables au sein des structures les utilisant (réduction des coûts, des stocks et amélioration du service client), un certain nombre de faiblesses ont été relevées à ce jour, dans la littérature scientifique. Nous avons classés les problèmes en deux familles, celle relevant du domaine du management (aspect financier et activité de type ETO) et celle liée aux fonctionnalités de l'outil (prévision de la demande, réactivité et calcul de tailles de lots). Nous avons recensé et analysé les travaux qui y apportaient des réponses [Gruat-la-Forme et *al.*, 2005a].

Dans le cadre du projet COPILOTES, nous étudions la contribution des échanges d'informations à la performance de chaînes logistiques établies. Une des premières tâches a été de réaliser un état des lieux des systèmes d'information supports de la chaîne logistique intra ou interentreprises [Botta-Genoulaz et *al.*, 2005b]. L'objectif formel n'était pas de dresser un état de l'art complet des systèmes d'information, mais plutôt de recenser les éléments applicatifs des systèmes d'information intra et inter-organisationnels (GPAO, ERP, APS, CRM, SCE, ...) qui supportent les processus logistiques ainsi que d'identifier et de qualifier le rôle et l'usage des technologies de l'information dans ces processus. En effet, en nous plaçant dans une perspective de coordination, et si l'usage des systèmes d'information est le support de cette coordination, il s'avère primordial de repérer des profils d'adoption et de qualifier des trajectoires d'adoption des systèmes d'information dans les chaînes logistiques. Un tel référentiel constitue alors un premier instrument d'investigation des priorités assignées aux systèmes d'information dans les chaînes logistiques pour assurer cette coordination et, donc un outil de qualification (de différenciation) de la maturité du déploiement des systèmes d'information au regard de cet objectif.

Un recensement des briques applicatives (ou applications progiciels) disponibles sur le marché a été réalisé et nous avons identifié celles qui contribuaient à supporter les processus logistiques [Martinez, 2004]. Un modèle global de ces briques est présenté Figure 32.

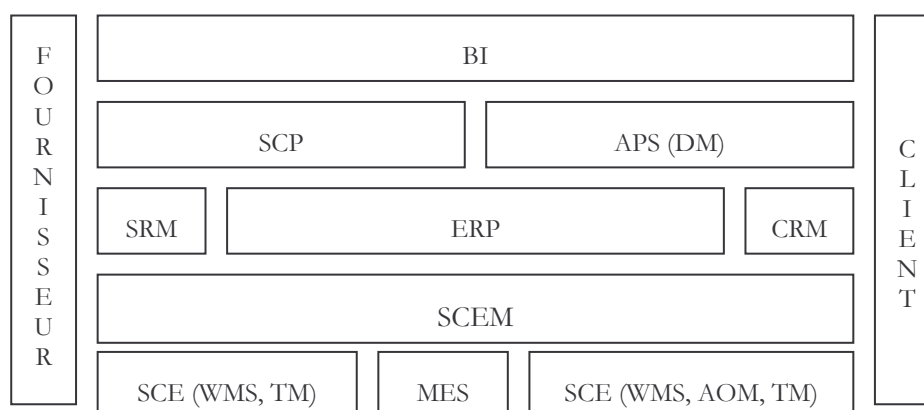


Figure 32 : Briques applicatives supportant les processus logistiques¹

Pour étudier la contribution des briques aux processus logistiques, plusieurs analyses ont été réalisées. Ce travail aurait pu s'appuyer sur une définition générique des fonctionnalités contenus dans chaque brique et de son rôle dans les processus ; cependant, l'étude de deux ERP (SAP R/3 et BaaN) nous a conduit à

¹ L'ensemble des acronymes est précisé en annexe, section 11.3, page 164.

constater l'hétérogénéité des vocabulaires fonctionnels utilisés et la structuration des principales fonctions de l'ERP autour des processus de gestion eux-mêmes.

Quatre modèles de référence ont été utilisés : le modèle SCOR de pilotage de la performance d'une chaîne logistique, le modèle d'intégration des processus transversaux de Lambert et Cooper (présentés section 8.2.1, page 108) et deux modèles de solutions progiciels (SAP, Baan).

Le Tableau 7 représente un exemple du résultat de notre analyse par rapport au modèle SCOR. Cette vue synthétique permet de situer rapidement les principales briques applicatives présentées en ligne dans les quatre processus principaux : les cellules mesurent le nombre de références à cette brique dans les bonnes pratiques préconisées dans les processus détaillés.

Nous constatons que le modèle SCOR est tourné vers le pilotage d'une chaîne logistique et non sur sa conception ou sur l'activité commerciale qui permet de la faire vivre. Ainsi la brique CRM ne se retrouve citée que quatre fois pour la planification de la demande et le support de la saisie de commande en ligne par le client. Cette analyse permet de mettre en évidence le rôle transversal de l'ERP support de pratiquement tous les processus SCOR. De même, elle souligne la vocation de certaines briques à supporter précisément certains processus, comme les MES tournés vers les processus de production.

	<i>Plan</i>	<i>Source</i>	<i>Make</i>	<i>Deliver</i>	TOTAL
CRM	3	0	0	1	4
SCP	10	0	1	0	11
SCM	12	0	0	3	15
APS	13	3	5	1	22
SCE	4	9	0	7	20
MES	0	0	57	1	58
TMS	0	1	0	17	18
WMS	1	0	2	18	21
SCEM	3	0	0	0	3
BI	2	2	5	2	11
DM	5	1	8	1	15
ERP	12	40	62	39	153
TOTAL	65	56	140	90	351

Tableau 7 : Matrice de contribution des briques applicatives par processus SCOR de niveau 1

L'étude du rôle et de l'usage des systèmes d'information en tant que mécanisme de coordination de la chaîne logistique et le nécessaire recensement des « briques » applicatives supportant les processus logistiques nous a permis d'identifier le manque de référentiel en la matière du fait de la multiplicité des outils du marché à répondre à la gestion des informations des différents processus logistiques.

L'analyse, au regard d'enquêtes, de l'usage de certaines briques telles que les ERP ou APS en tant qu'applications les plus fréquemment utilisées par les entreprises, nous a permis d'identifier leurs intérêts et limites vis-à-vis des pratiques collaboratives dans les chaînes logistiques. En effet, les ERP sont reconnus comme outil essentiel à la numérisation des processus opérationnels mais leur champ d'action intègre rarement les systèmes amont et aval de la chaîne reposant sur des logiciels dédiés (CRM par exemple). L'équipement des entreprises partenaires de la chaîne semble ne pas avoir atteint le niveau d'intégration souhaité par les acteurs eux-mêmes conscients des besoins en la matière. L'ERP quant à lui, offre aux entreprises utilisatrices un niveau d'intégration fonctionnel interne nécessaire à la mise en œuvre d'interdépendance de processus avec l'extérieur. Cependant, des besoins informationnels relatifs aux activités de contrôle et de planification demeurent même dans les cas d'implantation d'un ERP. Les retours d'usage des APS font état d'analyses du même type, à savoir : une faible intégration du processus alors même que la nécessité de collaborer est partagée par les acteurs. Ces derniers faisant preuve d'une utilisation partielle des modules (préférences d'usage des modules de gestion de la demande au détriment de ceux dédiés à la planification et à l'ordonnancement).

8.3.3 Perspectives

L'usage de ces briques applicatives soulève deux problèmes. Existence d'une complexité trop forte des outils limitant leur plein usage ? Difficulté de ces outils à répondre aux besoins de coordination des entreprises de la chaîne ?

Le premier point fait référence au projet de recherche doctorale de Pierre-Alain MILLET sur la mesure de la complexité des projets d'intégration (ERP), présenté en section 7.6.

Concernant le second point, l'analyse de la littérature présente clairement l'intérêt de ces systèmes en tant que mode de coordination d'une chaîne logistique au niveau opérationnel. Ils se présentent comme un facteur facilitateur de la coordination. Ils interviennent en complémentarité des processus et permettent la mise en cohérence des informations issues du partage, et ainsi, la compréhension mutuelle. Ce rôle facilitateur peut également s'analyser en fonction de la nature des informations et/ou de ses utilisateurs utiles à la collaboration, ou de façon dynamique via les processus d'adoption. Les enquêtes quant à elles ont montré la conscience des acteurs des intérêts opérationnels attendus de l'usage de tels outils (contribution à la performance en améliorant la compétitivité prix, qualité, service, délais).

Le travail d'état des lieux et d'analyse bibliographique présenté ici contribue à la problématique du projet COPILOTES. Il conduit à deux questionnements qui pourront être considérés en perspective :

- Quelles sont les difficultés d'alignement des systèmes d'information avec la stratégie des entreprises au sein d'une chaîne logistique ?
- Comment évolue l'usage de ces outils et quels bénéfices opérationnels en retirer ?

Sur cette base, ces travaux devraient aider à construire un cadre d'analyse permettant de comprendre l'articulation entre les briques applicatives support des fonctions mettant à disposition les informations nécessaires aux pratiques collaboratives, et le pilotage des processus logistiques.

8.3.4 Publications associées

[Baptiste et *al.*, 2001] P. BAPTISTE, V. BOTTA-GENOULAZ, E. NIEL et C. SUBAÏ, Du paradigme Suivi/ordonnancement/GPAO au paradigme ERP/APS/MES : révolution ou évolution ? 2nd International Conference on Integrated Design and Production (CPI'01), October 24-26, Fez (Morocco), Actes cdrom, n° 102, p.1-23 (2001).

[Gruat-la-Forme et *al.*, 2005a] F.-A. GRUAT-LA-FORME, V. BOTTA-GENOULAZ, J.-P. CAMPAGNE and P.-A. MILLET, Advanced Planning and Scheduling system: an overview of gaps and potential sample solutions. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'05), May 16-19, Marrakech (Morocco), Proceedings ISBN 2-9600532-1-4, p. 683-695 (2005).

[Botta-Genoulaz et *al.*, 2005b] V. BOTTA-GENOULAZ, I. DEDUN, F.-A. GRUAT-LA-FORME, A. MARTINEZ, P.-A. MILLET, C. PELLEGRIN, Etat des lieux des systèmes d'information supports de la chaîne logistique intra et/ou interentreprises. Annexe 4.2 du Rapport de 2^{ème} année du projet COPILOTES : Livrable 2.1, 78 pages (2005).

Travaux encadrés

[Souki, 2002] M. SOUKI, Planification de la supply chain : apport de modèles de planification avancée aux modèles classiques. DEA Génie des Systèmes Industriels, Ecole Centrale Lyon (2002).

[Sabot, 2003] P. SABOT, An example of Supply Chain Management : APO for Cartier. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2003).

[Gruat-la-Forme, 2004] F.-A. GRUAT-LA-FORME, Advanced Planning and Scheduling. DEA ISCE, INSA de Lyon (2004).

[Martinez, 2004] A. MARTINEZ, État des lieux des systèmes d'information supports de la chaîne logistique. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).

8.4 Mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques

Problématique :

- Qualification et mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques.

Contributions :

- Grille de caractérisation de la collaboration intra et inter-organisationnelle dans les chaînes logistiques ;
- Questionnaire sur les conditions et impacts des échanges d'information sur le fonctionnement et la dynamique des entités partenaires d'une chaîne.

8.4.1 Problématique

Même si la plupart des entreprises font de l'amélioration de leur chaîne logistique leur principale priorité, une analyse d'enquêtes ou de travaux scientifiques [Boddy et *al.*, 1998 ; Vidal, 2000 ; Akintoye et *al.*, 2000 ; Rondeau et Bordron, 2002 ; Barut et *al.*, 2002 ; Oral et *al.*, 2003 ; Humpreys et *al.*, 2003 ; Lai et *al.*, 2004 ; Olhager et Selldin, 2004; Petit, 2004] nous a permis d'identifier certains freins ou causes d'échecs de la collaboration dans les chaînes logistiques [Collell, 2005] :

- la méconnaissance des concepts, méthodes et outils liés au *supply chain management*, qui sont assez nouveaux et pas encore complètement stabilisés ;
- le faible engagement des directions d'entreprise ;
- la disparité de niveau de maturité entre les grandes entreprises et les PME ou TPE (ou entre les différents secteurs industriels, ou entre les pays), en termes de culture, de pratiques de gestion industrielle, d'organisation et de systèmes d'information ;
- l'hétérogénéité des partenaires d'une même chaîne en termes de taille, d'organisation, de système d'information et aussi de pouvoir ;

Ces constats nous amènent à nous questionner sur les conditions et impacts des échanges d'information et de la mise en place de processus et d'outils collaboratifs sur le fonctionnement et la dynamique des entités partenaires d'une chaîne logistique. Plus précisément, nous déclinons cette problématique selon deux points de vue.

- Comment mesurer ou évaluer la collaboration dans une chaîne logistique intra ou interentreprises ?
- Des configurations organisationnelles distinctes requièrent-elles des pratiques différenciées d'échanges d'informations ou de processus collaboratifs ?

8.4.2 Travaux et résultats

En nous appuyant sur la littérature, sur les précédents travaux du projet COPILOTES et sur les travaux industriels menés par France-Anne GRUAT-LA-FORME (thèse en collaboration avec ROSET) et Andréa WATTKY (thèse CIFRE chez RHODIA), nous avons proposé une grille de caractérisation de la collaboration dans les chaînes logistiques [Gruat-la-Forme et *al.*, 2005b]. Son objectif est de caractériser la situation d'une entreprise par rapport aux éléments clefs de la gestion de sa chaîne logistique. Cette grille met l'accent sur l'importance des relations intra et interentreprises en les qualifiant au niveau de l'échange d'informations, de la communication et des relations entre partenaires.

Nous nous sommes inspirés des 11 compétences clés du modèle de Gilmour [1999] (voir Figure 28, page 109) caractérisant les processus, les technologies de l'information et les compétences organisationnelles ; nous avons ajouté 4 processus complémentaires issus du modèle de Cooper et *al.* [1997] (voir Figure 27, page 109) : logistique inverse (gestion des retours), conception produits, développement et commercialisation produits et logistique d'approvisionnement (symétrique du processus A2 de Gilmour). L'ensemble de ces attributs se retrouve dans le modèle de chaînes logistiques collaboratives de Angerhofer

et *al.* [2005]. C'est donc au total 15 attributs qui sont interrogés dans la grille de caractérisation, suivant les 5 dimensions proposées par Gilmour, soit une caractérisation portant sur 75 éléments.

Cette grille est accompagnée d'un guide d'utilisation proposant pour chaque attribut, chaque dimension, et chaque élément une définition précise permettant à l'industriel utilisateur de reconnaître la relation concernée.

La Figure 33 résume l'architecture générale de la grille de caractérisation de la chaîne logistique.

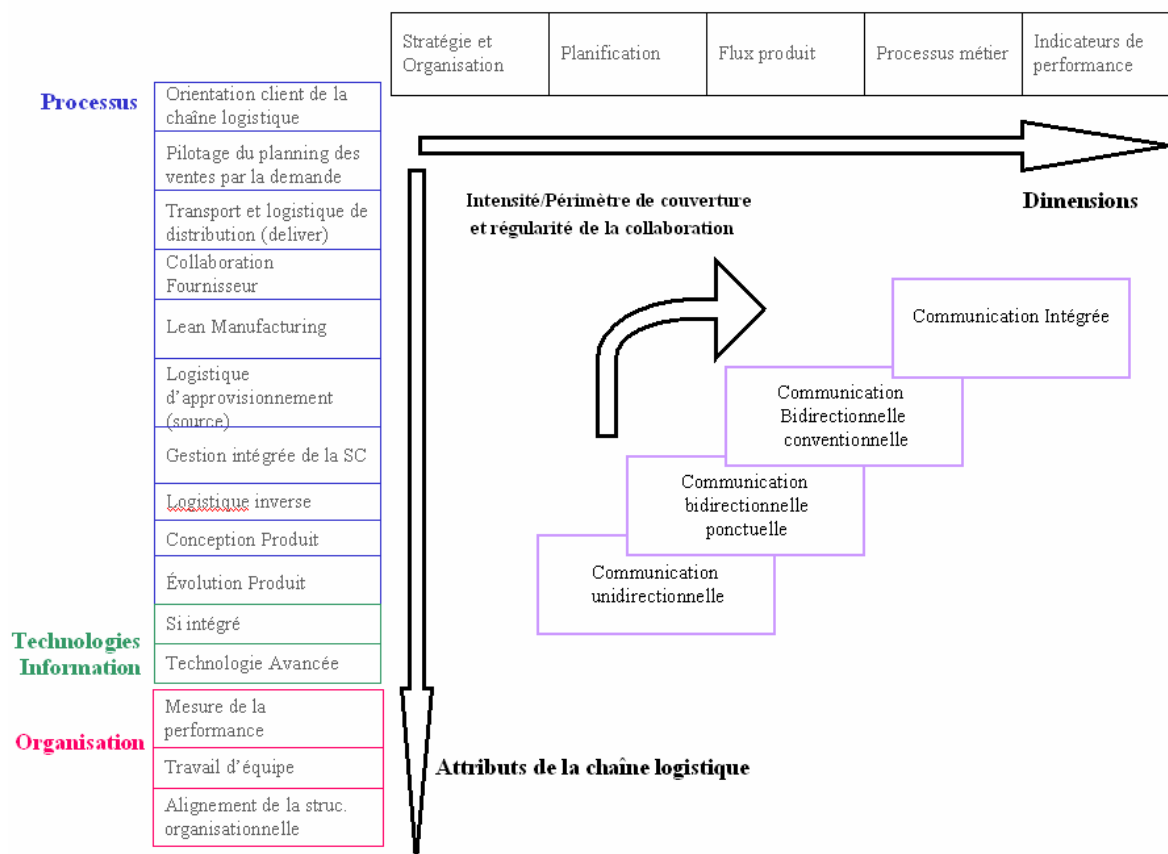


Figure 33 : Grille de caractérisation de la collaboration dans les chaînes logistiques

Par analogie avec d'autres travaux sur la modélisation des degrés de collaboration dans les chaînes logistiques [Vidal, 2000 ; Barut et *al.*, 2002 ; Thierry, 2003 ; Laurus, 2004], nous proposons pour chaque élément, 4 niveaux d'intensité de la collaboration sur deux axes : le périmètre de la relation (fournisseur, entreprise, client...) et la régularité de la relation (occasionnel, régulier, systématique...) [Gruat-la-Forme et *al.*, 2005c]. Différents modèles ont été proposés adaptés à chaque attribut ; la Figure 34 illustre le modèle associé à six des onze attributs de type processus.

Une première version de cette grille (correspondant aux 2 premières dimensions) a été appliquée aux trois partenaires industriels du projet COPILOTES, à savoir les entreprises ROSET, RHODIA et VALRHONA, ce qui a permis d'en valider l'architecture.

Elle constitue un outil générique d'analyse de différents contextes industriels du point de vue de la collaboration interne ou externe, et nous permettra de questionner la chaîne logistique de nos différents partenaires d'une manière cohérente pour le projet.

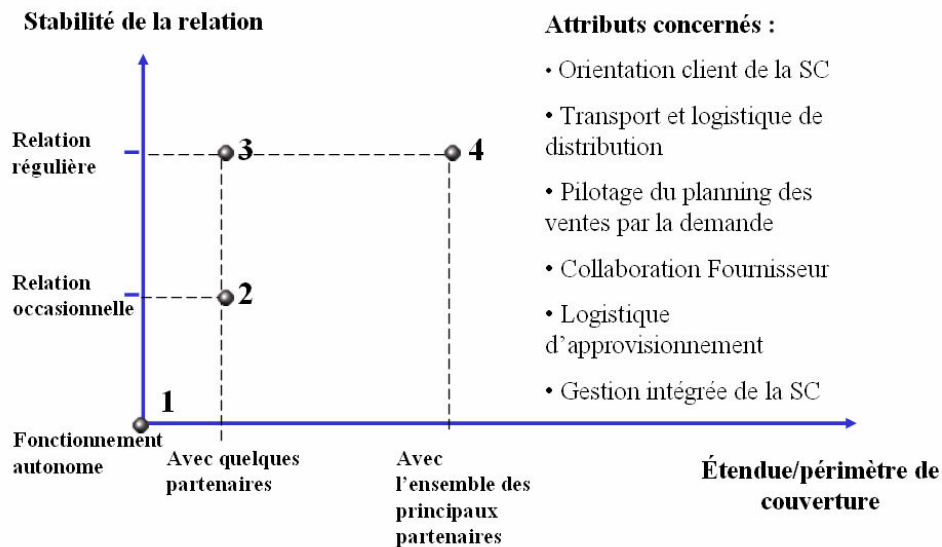


Figure 34 : Modélisation de l'intensité de la relation

Nous développons une deuxième contribution à cette problématique en étudiant les conditions et impacts des échanges d'information et sur le fonctionnement et la dynamique des entités partenaires d'une chaîne logistique. A partir des résultats de précédents travaux de COPILOTES et de l'analyse de la littérature scientifique récente traitant de l'impact des systèmes d'information et des échanges d'information sur le fonctionnement des chaînes logistiques, nous avons comme objectif d'étudier les correspondances entre des pratiques collaboratives et des configurations spécifiques de chaînes logistiques. Pour mener à bien cette étude, nous avons développé un questionnaire permettant d'interroger les expériences et usages des entreprises en matière d'information échangées, de systèmes d'information et de pratiques collaboratives.

Le questionnaire a été structuré de manière générique : famille (construits théoriques), vecteurs (construits empiriques), et questions. Pour les pratiques collaboratives, nous avons ciblé notre étude sur les relations amont (avec les fournisseurs) et aval (avec les clients), en nous intéressant plus précisément aux informations échangées et à l'impact de ces échanges sur la performance de l'entreprise focus et de la chaîne à laquelle elle appartient. Ces pratiques sont étudiées avec deux niveaux de granularité (cas général, zoom sur la relation considérée comme la plus aboutie). Outre la fiche signalétique de l'organisation, il se décline en 3 parties :

- **caractérisation de l'organisation et de ses capacités organisationnelles** au sens de Gilmour [1999] et de Bowersox et *al.* [2003], selon 3 familles : caractéristiques générales de l'entreprise et de son contexte, offre de l'entreprise, configuration de la chaîne logistique (configuration générale, influence et pouvoir, rôle des systèmes d'information, focus sur la collaboration) ;
- **informations échangées en amont** : planning de fabrication transmis aux fournisseurs, paramètres de gestion de production du fournisseur (dont délais de fabrication du fournisseur), vos prévisions de demande d'achat, procédures qualité, suivi avancement fournisseur, paramètres de gestion de stock ;
- **informations échangées en aval** : activité client (réelle ou prévisionnelle), stratégie commerciale, stocks clients, délais de livraison, traçabilité commande client, paramètres gestion de production.

Au niveau des informations échangées en amont comme en aval, nous avons considéré deux familles composées de différents vecteurs.

- Caractérisation de l'échange : réalité de l'échange, origine de l'échange, fréquence de l'échange, extraction de l'information, transmission de l'information, contractualisation de l'échange, sécurisation des données.

- Caractérisation de l'information : agrégation temporelle, agrégation de l'information, le pourquoi de l'information, exploitation de l'information, flexibilité sur l'information, impact et conséquences.

Ce questionnaire a été testé et validé auprès de 6 entreprises de la région Rhône-Alpes. Il constitue de même que la grille de caractérisation de la collaboration un outil de diagnostic pour les entreprises, ciblé sur les informations échangeables lors de relations entre partenaires d'une chaîne logistique étendue.

Nos contributions que ce soit la grille de caractérisation de la collaboration dans les chaînes logistiques, ou le questionnaire sur les pratiques collaboratives en termes d'échanges d'information, sont destinées à devenir des outils d'aide au déploiement de chaînes logistiques collaboratives pour les entreprises. Nous portons une attention toute particulière aux PME pour lesquelles ces outils représentent un moyen d'enrichir ou approfondir leurs connaissances sur les différentes notions, modèles et bonnes pratiques liées au *supply chain management*.

8.4.3 Perspectives

Les travaux de construction de la grille de caractérisation de la collaboration dans les chaînes logistiques doivent se poursuivre sur les 3 autres dimensions. Ils doivent aboutir à un outil opérationnel porteur de bonnes pratiques permettant aux entreprises de s'auto-évaluer, en visualisant les points forts et points faibles de l'entreprise en termes de communication et de collaboration. Une analyse comparée du positionnement sur les 5 dimensions (corrélation entre tactique et stratégique, entre opérationnel et tactique...) permettra de vérifier la cohérence des actions menées dans l'entreprise. Par ailleurs, nous envisageons de proposer une grille de caractérisation du contexte de l'entreprise qui permettrait de réaliser un diagnostic quant au fonctionnement collaboratif de la chaîne.

Le questionnaire a été utilisé dans le cadre d'une enquête lancée l'été 2005 au niveau de la région Rhône-Alpes ; l'objectif est d'aboutir à une sorte de cartographie de la situation des entreprises de la région et d'en identifier leurs problématiques et attentes en matière de gestion collaborative de la chaîne logistique. Cette enquête constituera de plus une validation expérimentale de la pertinence du questionnaire et de son efficacité pour construire un outil d'autodiagnostic.

Nous souhaitons pouvoir mettre en relation :

- des configurations d'entreprises : le contexte général de l'entreprise, sa stratégie globale, les caractéristiques de ses lignes de produits, de sa chaîne logistique, les capacités organisationnelles ou « *capabilities* » sur lesquelles elles fondent sa capacité de réponse à ses marchés, etc.
- avec des pratiques collaboratives qu'elle met (ou voudrait mettre) en œuvre au niveau de certains processus-clés (gestion de la relation client, approvisionnements, élaboration des prévisions de vente, planification,...) pour assurer une coordination avec certains acteurs – partenaires.

Cette mise en relation nous permettra de construire un référentiel auquel les entreprises pourront se référer en matière de pratiques collaboratives dans les chaînes logistiques.

8.4.4 Publications associées

[Gruat-la-Forme et al., 2005b] F.-A. GRUAT-LA-FORME, A. WATTKY, V. BOTTA-GENOULAZ, G. NEUBERT, J.-P. CAMPAGNE, Un outil de caractérisation de chaîne logistique collaborative. 6^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 7-10 juin, Besançon (France), Actes cdrom, 10p. (2005).

[Gruat-la-Forme et al., 2005c] F.-A. GRUAT-LA-FORME, V. BOTTA-GENOULAZ, J.-P. CAMPAGNE, A grid to characterize collaboration in supply chain. 4th International Workshop on Performance Measurement (IFIP WG 5.7), 27-28 June, Bordeaux (France), 8 pages (2005).

[Copilotes, 2005] Collectif COPILOTES¹, Enquête sur les pratiques de partage d'informations par une entreprise participant à une chaîne logistique établie, Projet COPILOTES, Juin 2005, 49p.

Travaux encadrés

[Petit, 2004] M. PETIT, Un modèle permettant l'amélioration de la chaîne logistique au sein des Petites et Moyennes Entreprises. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).

[Collell, 2005] X. COLLELL ALCALDE, Synthèse de pratiques industrielles en gestion de chaîne logistique. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2005).

¹ **V.Botta-Genoulaz**, X.Boucher, R.Derrouiche, F.-A.Gruat-La-Forme, D.Llerena, P.-A.Millet, G.Neubert, C.Pellegrin, M.Seville.

9 Conclusions et perspectives

9.1 Bilan

La gestion et le pilotage des chaînes logistiques ainsi que la conduite de projets d'intégration intra ou interentreprises connaissent un intérêt croissant tant au niveau scientifique qu'industriel.

Ces dernières années ont été caractérisées par une accélération de la mondialisation et une révolution en termes de systèmes d'information d'entreprises. L'accélération des échanges entre acteurs économiques dans la chaîne logistique globale a conduit à une réduction du cycle de vie et du délai de mise à disposition sur le marché des produits. Pour rester performantes dans ce contexte, les entreprises se tournent vers de nouvelles formes d'organisation (recentrage sur le métier, externalisation, co-conception, collaboration...), essayent d'accélérer leurs processus (gestion, reporting, échange d'informations), et dirigent leurs efforts sur la flexibilité, le service client... Ces tendances ont induit une forte interdépendance entre les fonctions (internes et externes) et ont conduit à une approche globale de l'entreprise et de sa chaîne logistique, générant un besoin croissant d'interconnexion, de communication et de partage d'informations.

Il s'agit d'intégration fonctionnelle intra et interentreprises, de ré-ingénierie et de pilotage des processus, de management de la performance globale, etc. Ce besoin d'intégration s'est fait sentir au niveau 'entreprise', 'groupe' ou 'chaîne logistique globale', au travers de projets ERP (*Enterprise Resource Planning*), et de projets SCM (*Supply Chain Management*). D'après une récente enquête conduite par le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie [Theulière, 2005], au sein des groupes industriels 82% des entreprises productrices s'organisent autour d'un système de coopération entre firmes. L'auteur remarque que cette propension à tisser des liens avec d'autres entreprises est plus fréquente dans les grands groupes de secteurs fortement internationalisés. Si les relations intragroupe sont plus coopératives et s'inscrivent dans la durée, les conditions sont souvent dictées par la maison mère. Collaborer en dehors du groupe introduit de la souplesse, la relation pouvant répondre à différents besoins : pallier un manque de compétences, rechercher de nouveaux marchés et davantage de flexibilité.

Dans ce contexte évolutif, le besoin de méthodes et d'outils nouveaux est apparu notamment en ce qui concerne la compréhension des enjeux de l'intégration pour sa maîtrise, l'aide à la décision à moyen et court terme pour le pilotage des chaînes logistiques, et le partage d'information et la collaboration pour l'amélioration de la performance des entreprises ou des chaînes logistiques. Nous remarquons que les PMI-PME ne jouent pas dans la même cour que les grandes entreprises dans ces domaines.

Nous avons présenté dans cette deuxième partie les principales contributions et résultats de recherche que nous avons conduits sur ces problématiques. Le Tableau 8 reprend en synthèse nos contributions sur les trois domaines de recherche considérés.

Analyse des systèmes de production et des chaînes logistiques et optimisation de leur pilotage :

<i>Problématique</i>	<i>Contexte de la recherche</i>	<i>Résultats</i>
Prise de décision en ordonnancement et planification d'ateliers de production	<ul style="list-style-type: none">- Projet bilatéral France – Belgique GEPETO- Société INOSETA- Master/DEA Hammami, 1999- PFE Gomez, 1997	<ul style="list-style-type: none">- Etude de faisabilité d'un atelier de génie décisionnel pour le pilotage des systèmes de production- Approche de gestion de production à deux niveaux – planification LT et ordonnancement multi-ateliers MT & CT – basée sur des contraintes de précédence entre travaux

Maîtrise et optimisation de la traçabilité dans les systèmes de production et les chaînes logistiques (cas de l'industrie alimentaire)	<ul style="list-style-type: none"> - Société SEC SNC (groupe AOSTE) - Doctorat Dupuy, 2004 - Master/DEA Dupuy, 2001 ; Mejdoub, 2005 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode d'analyse et d'optimisation de la traçabilité interne - Modèle mathématique d'optimisation de la dispersion des lots dans le cas d'un processus de désassemblage – assemblage - Méthode de modélisation du processus d'enregistrement de la traçabilité dans les chaînes logistiques multi-sites
Maîtrise et optimisation du fonctionnement des chaînes logistiques dans un contexte de PMI-PME	<ul style="list-style-type: none"> - Société VALRHONA - Doctorat Valla, en-cours - Master/DEA Valla, 2003 ; Mouelhi, 2005 - PFE Champagnat, 2004 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode d'analyse et de diagnostic du fonctionnement d'une chaîne logistique (approche processus, simulation)

Evaluation des projets d'intégration :

<i>Problématique</i>	<i>Contexte de la recherche</i>	<i>Résultats</i>
Gestion du processus d'implantation d'un ERP en entreprise	<ul style="list-style-type: none"> - Projet ERP-HCL - Hospices Civils de Lyon - Master/DEA Pailleux, 2000 - PFE Bacete et Villalba, 2000 	<ul style="list-style-type: none"> - Référentiel de gestion de projet ERP - Analyse de la contribution de la modélisation d'entreprise à la gestion d'un projet ERP
Prise en compte des particularités des entreprises de service dans les projets ERP	<ul style="list-style-type: none"> - Projet ERP-HCL - Hospices Civils de Lyon - PFE Poumpalova, 2001 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse des spécificités des services par rapport au secteur industriel - Modèles d'intégration fonctionnelle d'ERP associés aux typologies des services
Evaluation de la performance des projets ERP ; contribution des ERP à la performance des entreprises	<ul style="list-style-type: none"> - Projet OPT-ERP - Société ALSTOM ITC - Pôle Productique Rhône-Alpes - PFE Rouches et Bennani, 2002 ; Barajas Alot, 2003 	<ul style="list-style-type: none"> - Définition d'indicateurs de performance pour la gestion de projets d'implantation d'ERP - Modèle de classification des étapes d'optimisation de l'usage d'un ERP pour la performance de l'entreprise
Mesure de la complexité informationnelle, fonctionnelle et organisationnelle des projets ERP	<ul style="list-style-type: none"> - Partenariat avec la société SAP - Doctorat Millet, en-cours - PFE Barton, 2000 	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des modèles informationnels et organisationnels sous-jacents aux ERP - Proposition de mesure de l'intégration (dimensions informationnelle, fonctionnelle et organisationnelle)

Impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques :

<i>Problématique</i>	<i>Contexte de la recherche</i>	<i>Résultats</i>
Contribution des progiciels intégrés tels les ERP ou APS à la planification et à la performance des chaînes logistiques	<ul style="list-style-type: none"> - Projet COPILOTES - Société CARTIER - Master/DEA Souki, 2002 ; Gruat-la-Forme, 2004 - PFE Sabot, 2003 ; Martinez, 2004 	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement des progiciels de gestion ou « briques applicatives » par rapport aux modèles de gestion et planification d'entreprise - Analyse de la contribution de ces briques aux processus de gestion des chaînes logistiques et à la collaboration entre entités de la chaîne
Qualification et mesure de la collaboration dans les chaînes logistiques	<ul style="list-style-type: none"> - Projet COPILOTES - Sociétés ROSET, RHODIA, VALRHONA - Doctorat Gruat-la-Forme, en-cours - PFE Petit, 2004 ; Collell, 2005 	<ul style="list-style-type: none"> - Grille de caractérisation de la collaboration intra et inter-organisationnelle dans les chaînes logistiques - Questionnaire sur les conditions et impacts des échanges d'information sur le fonctionnement et la dynamique des entités partenaires d'une chaîne

Tableau 8 : Synthèse de nos travaux de recherche

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de contrats industriels avec des PMI-PME de la région comme SEC SNC, VALRHONA ou ROSET et de projets de recherche (projet bilatéral avec la Belgique, projets régionaux en Rhône-Alpes). Les solutions, méthodes ou outils proposés ont été expérimentés sur le terrain et validés empiriquement.

Compte tenu du caractère appliqué de l'objet de nos recherches, nous avons pu dégager et favoriser une synergie avec nos activités d'enseignement à l'INSA de Lyon. Nous avons développé un enrichissement mutuel entre nos contributions scientifiques sur la problématique d'intégration et le projet pédagogique de développement d'enseignements autour des ERP.

Plus généralement, nos travaux passés et présents nous conduisent à envisager un certain nombre de perspectives à court, moyen et long terme tant sur le plan pédagogique que de la recherche. L'ensemble de ces perspectives est présenté dans les sections suivantes.

9.2 Perspectives et projets pédagogiques

Les perspectives de développement de mes activités d'enseignement se déclinent sur trois points :

- l'option transversale « Planification et Gestion Industrielle » proposée aux élèves de 5^{ème} année de l'INSA de Lyon,
- la création d'un groupe de travail sur l'utilisation des ERP en enseignement,
- la création d'un centre de compétence universitaire avec SAP France.

Dans le cadre de l'évolution des programmes, l'INSA de Lyon propose aux élèves de 5^{ème} année la possibilité de suivre un enseignement transversal aux spécialités des départements d'option. A la rentrée 2005, 27 options transversales sont proposées, chacune correspondant à 96h à répartir entre cours, TD/TP et projets. J'ai pris en charge avec Jean-Pierre CAMPAGNE l'une des options proposées par le département Génie Industriel : Planification et Gestion Industrielle. Dans ce cadre nous souhaitons sensibiliser les élèves ingénieurs aux contextes financiers, juridiques, organisationnels et humains dans lesquels se construisent et se réalisent les projets et activités industrielles, et les former aux techniques et méthodes de planification des chaînes logistiques dans une optique d'optimisation de la performance. A partir des résultats de nos travaux de recherche, nous envisageons de développer des objets pédagogiques dans le domaine de la planification industrielle, en s'appuyant sur les nouvelles offres du marché en termes d'ERP et APS.

Depuis 2000, date à laquelle nous avons conclu le premier partenariat avec SAP France, de nombreuses universités ou écoles d'ingénieurs se sont intéressées à l'utilisation de progiciels industriels de type ERP en enseignement. La mise en œuvre de tels systèmes en enseignement dépasse largement en complexité et en ressources nécessaires ce auquel les universitaires étaient habitués avec l'utilisation de didacticiels ou même de progiciels de type GPAO. La compétence et la maîtrise de ces outils nécessaires à des fins d'enseignement ne peuvent ressortir des programmes de formation que proposent les éditeurs à destination des consultants. Ces dernières années, lors de quelques réunions de travail¹, nous avons pu identifier un réel besoin d'échanges et de partage de connaissances, de compétences et d'expériences dans ces domaines, pouvant conduire à l'émergence d'une nouvelle forme d'ingénierie de formation (support théorique, plate-forme pédagogique et études de cas). La création d'un groupe de réflexion sur l'utilisation pédagogique des ERP au niveau national répondrait à un enjeu important pour les années à venir : développer des pédagogies innovantes permettant à nos élèves diplômés d'être en mesure d'utiliser, de mettre en œuvre de tels systèmes devenus incontournables dans les entreprises de tout secteur et de toute taille [Rosemann, 2004].

¹ Journées AIP à Lyon en juillet 2001 et juin 2002, séminaires du groupe ERP à Paris en juin 2003 et à Bordeaux en octobre 2003, école thématique ERP-APS à Clermont-Ferrand en novembre 2004.

Par ailleurs, notre récente entrée dans le programme University Alliance de SAP AG nous encourage dans le projet de monter en France un centre de compétence universitaire SAP. Un tel projet s'appuierait sur trois partenaires : un établissement d'enseignement supérieur, un constructeur informatique et SAP France. A l'image de ce qui est réalisé dans d'autres pays (Suisse, Allemagne, USA, Canada, ...) une telle plateforme à usage pédagogique à destination des universités et écoles, permettrait de supporter nos enseignements et de les développer. Des actions de recherche et d'innovation autour des ERP pourraient de même être envisagées.

9.3 Perspectives de recherche

Lors des chapitres précédents, nous avons identifié pour chaque sujet traité des perspectives de travail (pour aboutir à la résolution du problème abordé) ainsi que des perspectives de recherche. Dans cette section, nous reprendrons ces dernières en les développant.

9.3.1 Perspectives à court et moyen terme

A court terme, nous poursuivons nos recherches sur les projets en cours, dans le cadre du projet de recherche doctorale de Pierre-Alain MILLET, du contrat avec VALRHONA (thèse d'Anthony VALLA), du contrat avec ROSET (thèse de France-Anne GRUAT-LA-FORME), et du projet de recherche régional COPILOTES.

Les travaux de recherche doctorale de Pierre-Alain MILLET, présentés en section 7.6, ont pour objectif de proposer une approche outillée de l'intégration aussi bien pour les phases de conception et de développements spécifiques autour d'un ERP, que pour les phases de formation, assistance ou appropriation ; une collaboration est en cours d'étude avec la société SSA¹ sur ce thème. La poursuite des travaux sur l'analyse des dépendances entre objets devrait permettre de proposer un outil d'aide à la décision dans les domaines :

- de l'évaluation de la complexité des projets,
- de la configuration des systèmes (meilleure adéquation entre l'organisation et l'ERP),
- et de la conduite du changement nécessaire (modélisation des compétences mises en œuvre dans les processus de pilotage utilisant massivement l'ERP).

Le statut de PAST de Pierre-Alain MILLET (et par conséquent les contraintes de travail liées au mi-temps hors INSA) étant difficile à concilier avec un travail de recherche « classique » de doctorat, il nous est difficile de proposer une date de soutenance à ce jour.

Les travaux de doctorat d'Anthony VALLA, présentés en section 6.4, devraient aboutir à la proposition d'une méthode d'analyse et de diagnostic du processus de gestion des chaînes logistiques internes. Les travaux d'instrumentation des étapes de modélisation et d'analyse sont en cours, et différents scénarios de résolution ont été identifiés pour le développement d'outils associés à l'étape de diagnostic. Anthony VALLA devrait soutenir sa thèse en 2006. Une perspective à moyen terme sera la proposition de méthodes et outils pour la dernière phase de la méthodologie proposée c'est-à-dire la phase d'optimisation de la chaîne logistique.

France-Anne GRUAT-LA-FORME a débuté sa thèse en octobre 2004. Les objectifs de ce doctorat sont d'une part, de proposer une méthode de planification et des outils supports prenant en compte le partage d'information au service de la collaboration dans les chaînes logistiques internes ou étendues, d'autre part de proposer un modèle de mesure de la performance selon les modes de collaboration entre les fonctions production, commercial et distribution. Le premier point, présenté en section 6.2.3 fait l'objet de développement de méthodes d'ordonnancement et d'affectation prenant en compte les compétences des opérateurs. Sur le deuxième point, présenté en section 8.4, nous développons dans le cadre du projet COPILOTES un modèle de caractérisation de la collaboration dans les chaînes logistiques basé sur

¹ SSA Global (<http://ssaglobal.com>), 3^{ème} éditeur de logiciel de gestion intégré d'entreprise.

L'intensité des échanges entre les entités de la chaîne, et prenant en compte les 3 dimensions décisionnelles stratégique, tactique et opérationnelle et deux autres dimensions : processus et indicateur de performance. Les travaux sur le développement de ce modèle et des méthodes d'analyse associées devraient aboutir à un outil d'aide à l'évaluation de la performance. France-Anne GRUAT-LA-FORME devrait soutenir sa thèse en 2007.

Dans le cadre de COPILOTES, nous travaillons sur la proposition d'un outil d'analyse en matière de gestion collaborative des chaînes logistiques en ciblant sur les informations échangées entre les entités de la chaîne (fournisseurs, entreprise, clients et intermédiaires de distributions ou d'approvisionnement). Nous souhaitons pouvoir mettre en relation des configurations d'entreprises à des pratiques collaboratives qu'elle mettent (ou souhaiteraient mettre) en œuvre au niveau de certains processus-clés (gestion de la relation client, approvisionnements, élaboration des prévisions de vente, planification,...) pour assurer la coordination entre acteurs. Cette mise en relation nous permettra de construire un référentiel auquel les entreprises pourront se référer en matière de pratiques collaboratives dans les chaînes logistiques.

Le point de vue 'technologie de l'information' de cette étude nous permettra d'évaluer les difficultés d'alignement des systèmes d'information avec la stratégie des entreprises au sein d'une chaîne, soulevées en section 8.3.3. Le résultat de ces travaux, prévu pour l'année 2006, fera partie intégrante des livrables du projet COPILOTES.

Par ailleurs, nous avons proposé en section 6.3 des outils et modèles de la traçabilité dans les chaînes logistiques du secteur alimentaire. Ces contributions sont d'un grand intérêt pour la maîtrise de la traçabilité ainsi que pour le déploiement de systèmes d'information associés. D'autre part, l'apparition de nouvelles réglementations européennes ou internationales risquent de faire apparaître de nouvelles problématiques en termes de maîtrise de la traçabilité (comme la nécessité de tracer tout produit ou matière entrant en contact avec l'aliment durant son élaboration).

Nous proposons de développer une approche de modélisation et d'optimisation de la dispersion dans les chaînes logistiques alimentaires. Plusieurs extensions du modèle mathématique proposé dans la thèse de Clément DUPUY [2004] pourront être étudiées :

- nous avons vu que la complexité de ce problème d'optimisation rendait toute méthode exacte difficilement utilisable ; le développement d'approches heuristiques, voire de méthodes mixtes couplées avec la simulation en permettrait une utilisation industrielle ;
- une extension du modèle de 3 à 4 niveaux de nomenclature (permettant de modéliser un maillon supplémentaire dans la chaîne, comme par exemple le conditionnement) permettrait d'avoir une vue plus globale de la chaîne logistique ;
- l'étude de variantes du modèle au niveau de la fonction objectif permettrait de considérer d'autres enjeux que la minimisation de la taille de rappel (taille et nombre de lots à rappeler en cas de crise alimentaire) ;
- enfin la définition même des lots et de leur taille a un impact direct sur les problèmes d'acquisition de données de traçabilité et d'optimisation de la dispersion : de nombreuses entreprises ou filières ne travaillent pas en « lots », mais en continu ou mixte continu/discret, par exemple dans l'agroalimentaire : les laiteries, fromagerie, l'industrie du chocolat...

Cela nous ramène à deux questionnements plus précis :

- Comment identifier les « lots » dans ce type d'industrie, et comment associer les caractéristiques de production/transformation aux produits ?
- Quels modèle et méthode proposer à ces entreprises qui souhaitent se lancer dans une démarche de maîtrise de la traçabilité sur leur chaîne logistique ?

Finalement, la prise en compte de ces résultats dans l'instrumentation des méthodes de modélisation de la traçabilité de chaîne et du processus d'enregistrement et de gestion de la traçabilité répondrait à un enjeu industriel fort. L'objectif visé serait de proposer un guide de modélisation et de maîtrise de la traçabilité.

9.3.2 A moyen et long terme

Aujourd'hui, nous sommes bien loin d'avoir résolu l'ensemble des problématiques identifiées dans le domaine de la conduite de projets d'intégration, de l'aide à la décision en planification ou de la gestion et le pilotage des chaînes logistiques. Nos travaux ont contribué à proposer des premiers éléments de solutions, et à formaliser de nouvelles problématiques le plus souvent dans une optique de recherche appliquée et finalisée, tout en dégagant un caractère générique au niveau des solutions ou modèles proposés.

L'instrumentation de l'intégration à l'intérieur d'une organisation ou interentreprises de même que l'impact de cette intégration sur le pilotage des chaînes logistiques continue d'ouvrir des perspectives de recherches très vastes.

Nous présentons ici trois thématiques de recherche sur lesquelles nous souhaitons poursuivre nos travaux sur un horizon moyen ou long terme.

- Développement de modèles de construction et d'évaluation de l'adéquation ERP – entreprise ;
- Développement de référentiel d'usage des briques applicatives (de type ERP, APS, ...) pour la performance des chaînes logistiques ;
- Choix des stratégies de production dans les chaînes logistiques.

9.3.2.1 **Développement de modèles de construction et d'évaluation de l'adéquation ERP – entreprise**

Nous avons vu qu'il était difficile d'implanter (mais aussi de maintenir et de faire évoluer) un système d'information d'entreprise construit à partir d'applications standards comme les ERP. La modélisation des processus ou modélisation d'entreprise semble être incontournable dans ce processus, comme nous l'avons montré en section 7.3. Le modèle ou référentiel de l'entreprise pourrait (ou devrait) constituer une base de connaissances dans un objectif d'amélioration permanente. Les modèles de processus « métiers » qui compose le référentiel, ne se résument pas à des procédures de travail, mais cherchent à représenter la chaîne de valeur ajoutée du fournisseur au client, et devraient permettre à la fois de comprendre, organiser et simuler autant l'entreprise que la chaîne logistique globale.

Par ailleurs, il est important d'identifier et de distinguer les processus utilisés aujourd'hui dans l'entreprise, les processus que l'entreprise souhaite utiliser demain, et les processus configurables que l'ERP autorise par son architecture, ses fonctionnalités et ses possibilités ; autrement dit le modèle « *As Is* », le modèle « *To Be* » et le modèle générique sous-jacent à l'ERP, construit par les éditeurs par capitalisation des « meilleures pratiques professionnelles » (ou *best business practices*).

La définition de modèles de processus standard ou génériques construits sur les meilleures pratiques, et cohérents avec l'architecture fonctionnelle des progiciels est une voie prometteuse de construction de l'adéquation ERP – entreprise.

Il nous paraît intéressant de proposer une typologie des modèles de processus standards existants (liés ou non aux offres ERP), d'étudier leurs possibilités de configuration et de paramétrage afin d'identifier ce qui est (ou non) structurant dans les ERP en proposant ainsi une catégorisation des offres en fonction du modèle d'entreprise implicites dont elles sont porteuses. La question pour une entreprise se limiterait (?), pour un processus donné, à choisir entre le modèle standard et un modèle spécifique lui permettant de préserver ses facteurs de différenciation.

Dans ce contexte, nous devons répondre à de nouveaux questionnements :

- Certification des « meilleures pratiques » ?
- Indépendance des modèles standard vis-à-vis des solutions ERP ?
- Différence entre une solution ERP mono-éditeur intégrant tous les processus standard (une solution « tout en un ») et une solution multi-éditeurs basée sur une interaction standardisée de processus standard (architecture EAI) ?
- Conséquences et impacts sur les entreprises de la tendance actuelle des éditeurs et des intégrateurs à proposer non seulement des solutions « métiers » (dédiées à un secteur industriel

ou de service donné) mais aussi des solutions « pré-configurées » (offre principalement dédiée aux PMI-PME, disposant d'un nombre limité de processus « plus » standards) ?

Compte tenu de l'évolution des offres, cette problématique de recherche ne peut s'entendre qu'en interprétant le sigle ERP au sens large, c'est-à-dire incluant les fonctionnalités de gestion de la chaîne logistique et de la relation client. Un partenariat avec un des grands éditeurs du marché sur ce thème de recherche serait un plus pour aborder cette problématique.

9.3.2.2 Développement d'un référentiel d'usage des briques applicatives pour la performance des chaînes logistiques

Les enjeux de la maîtrise des systèmes intégrés de gestion ne se limitent pas aux phases de mise en œuvre ou de déploiement. Le bon usage de ces systèmes d'information conduit les entreprises à de nouvelles organisations et à une recherche permanente d'alignement sur la stratégie de l'entreprise. Cela suppose d'aider à l'évaluation du positionnement de l'ERP (ou de toute autre brique applicative standard, ou composant logiciel générique ayant pour vocation d'être réutilisable) dans le système d'information de l'entreprise afin d'identifier les actions d'amélioration pertinentes dans une situation donnée.

En section 7.5, nous avons proposé une première classification des étapes d'optimisation de l'usage d'un ERP (voir Figure 23, page 101) et une démarche d'optimisation. Mais les modes d'évaluation et donc les critères associés sont nécessairement multiples : respect des durées et budgets annoncés, « satisfaction » des utilisateurs, flexibilité et « maintenabilité » du système d'information, niveau de « culture industrielle », performance industrielle, alignement du système d'information sur l'organisation et la stratégie,... Les perspectives portent sur le développement d'indicateurs de performance associés à chacun des trois niveaux et la proposition d'outils de mise en œuvre de méthodes d'optimisation.

Cette thématique porte sur un périmètre beaucoup plus large que notre précédente étude sur les ERP, incluant les autres briques applicatives constitutives des systèmes d'information intra ou inter-organisationnelles comme les APS, ou les progiciels de CRM, SRM, SCEM, ... Il sera intéressant de considérer le questionnement issu de nos travaux présentés en section 8.3.3 : comment évolue l'usage de ces outils et quels bénéfices opérationnels en retirer ?

Sur cette base, le travail de recherche devra aider à construire un cadre d'analyse permettant de comprendre l'articulation entre :

- les briques applicatives support des fonctions mettant à disposition les informations nécessaires aux pratiques collaboratives,
- et le pilotage des processus logistiques.

Ces travaux devront s'appuyer sur un ou plusieurs terrains d'expérimentation pour garantir leur validation. L'objectif est d'aboutir à un référentiel et/ou à un guide d'optimisation de l'usage de ces progiciels de gestion pour les entreprises de taille moyenne.

9.3.2.3 Choix des stratégies de production dans les chaînes logistiques

A l'occasion de la coopération avec les entreprises SEC SNC et VALRHONA, nous avons identifié une problématique de recherche portant sur la définition et le choix de stratégies de production dans les chaînes logistiques : comment évaluer la pertinence de la position des points de découplage dans une chaîne logistique ? Autrement dit, quelles influences ont les typologies de production (MTS, MTO, ETO... ou mixte) sur les modèles de planification des chaînes logistiques ? Ce questionnement peut être rapproché du problème plus stratégique auquel sont confrontées de nombreuses entreprises dans la conjoncture actuelle : « faire ou faire faire » ou « make or buy ».

Un premier travail a été réalisé sur l'usage des différentes stratégies de production dans le secteur agro-alimentaire [Champagnat, 2004]. Il a été complété par un état de l'art sur les typologies de production et une analyse de leur impact sur les modèles de planification [Mouelhi, 2005].

Un premier projet de recherche pourrait être lancé afin de développer un système d'aide à la décision multicritères pour le choix des stratégies de production dans les chaînes logistiques. Les résultats scientifiques attendus concernent :

- la caractérisation des différentes typologies de production dans les chaînes logistiques et des critères de performance et de gestion associés,
- les relations existantes entre les stratégies de production et les exigences d'une entreprise dans le cadre de la gestion de sa chaîne,
- le développement d'une approche constructive basée sur un modèle capable de prendre en compte les interactions entre critères et stratégies de production.

A partir d'une caractérisation de l'ensemble des critères inhérents à la gestion de toute chaîne logistique (coûts, risque, gains, type de produit, secteur, caractéristiques de la demande...), et d'une analyse approfondie sur leurs corrélations avec les différentes typologies de production, un certain nombre de règles d'association génériques peuvent être élaborées pour construire un modèle « critères/stratégies ».

L'objectif visé est de proposer un modèle permettant d'associer des combinaisons de critères de performance à des stratégies de production dans la chaîne logistique, et de construire un outil permettant à un industriel de caractériser et élaborer son modèle de planification en se basant sur les critères qu'il juge pertinents.

Par ailleurs, à partir de l'étude de l'impact des typologies d'entreprise (production de biens – production de services) sur les modèles d'intégration des systèmes d'information de type ERP (voir section 7.4), nous envisageons de considérer d'autres typologies d'entreprises :

- du point de vue industriel (stratégies de production MTS, MTO, ETO...),
- ou du point de vue logistique (pilotage par projet ou par chaîne logistique, chaîne logistique caractérisée par la complexité comme l'aérospatiale, par l'obsolescence des produits comme l'électronique, par le volume comme la distribution...).

Ces travaux sur les stratégies de production permettront d'apporter un premier élément de réponse en proposant des modèles génériques d'intégration au niveau de la chaîne logistique.

10 Bibliographie

- [Abdinnour-Helm et al., 2003] S. ABDINNOUR-HELM, M.L. LENGNICK-HALL and C.A. LENGNICK-HALL. Pre-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an Enterprise Resource Planning system. *European Journal of Operational Research*, 2003, 146 (2): 258-273.
- [Abdmouleh et al., 2004] A. ABDMOULEH, M. SPADONI and F. VERNADAT. Distributed client/server architecture for CIMOSA-based enterprise components. *Computers in Industry*, 2004, 55 (3): 239-253.
- [Aguilar-Saven, 2004] R.S. AGUILAR-SAVEN. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 2004, 90 (2): 129-149.
- [Akintoye et al., 2000] A. AKINTOYE, G. MCINTOSH and E. FITZGERALD. A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2000, 6, 159-168.
- [Akkermans et al., 2003] H. AKKERMANS, P. BOGERD, E. YUCESAN and L. N. Van WASSENHOVE. The impact of ERP on supply chain management: exploratory finding from European Delphi study. *European Journal of Operational Research*, 2003, 146, 284-301.
- [Alter, 1996] S. ALTER. *Information systems: a management perspective*, 2nd edition, Redwood City: Benjamin-Cummings Publishing (1996).
- [Amoako-Gyampah et Salam, 2004] K. AMOAKO-GYAMPAH and A.F. SALAM. An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 2004, 41(6): 731-745.
- [AMR, 1999] Reality Check: Focus Group on Supply Chain Collaboration. AMR Research, 1999. www.amrresearch.com
- [Anderson et Kerr, 2002] K.L. ANDERSON and C.J. KERR. *Customer relationship management*. New York (2002).
- [Anderson et Lee, 1999] D. ANDERSON and H. LEE. Synchronized Supply Chains: the New Frontier. *Ascet*, 1999, 3 (cf. ascet.com).
- [Anderson et Lee, 2001] D. ANDERSON and H. LEE. New Supply Chain Business Model, the Opportunities and Challenges. *Ascet*, 2001, 3 (cf. ascet.com).
- [Angerhofer et al., 2005] B.J. ANGERHOFER and M.C. ANGELIDES. A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support System*, 2005, in Press, Corrected Proof, available online 19 February 2005.
- [Ansel et Dyer, 1999] D. ANSEL and C. DYER. A Framework for restaurant information technology. *Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 1999, 40 (3): 74-84.
- [APICS, 2002] APICS The Educational Society for Resource Management. *APICS Dictionary*, Tenth Edition, 2002, University of Georgia: Cox and Blackstone Editors.
- [Artiba et al., 1997a] A. ARTIBA, V. BOTTA, A. GUINET, H. HENTOUS, P. LEVECQ and F. RIANE. A unified framework and a classification scheme to model production systems. International Conference on Operations and Quantitative Management (ICOQM), January 5-8, Jaipur (India), Proceedings 467-474 (1997).
- [Artiba et al., 1997b] A. ARTIBA, V. BOTTA, H. HENTOUS, A. GUINET, P. LEVECQ, et F. RIANE. Conception d'un Atelier de Génie Décisionnel pour le Pilotage des Systèmes de Production. Projet Tournesol N°96087, Rapport d'étape, 8 pages (1997).

- [Baboli et al., 2000a] H. BABOLI, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ. Manufacturing System Analysis Support for Reconfiguration and Control. Fourteenth Conference on Quantitative Methods for Decision Making (ORBEL 14), January 20-21, Mons (Belgium), 6 pages (2000).
- [Baboli et al., 2000b] H. BABOLI, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ. Manufacturing System Analysis Support for Reconfiguration and Control. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science JORBEL*, 2000, 40 (1-2): 47-54.
- [Bacete et Villalba, 2000] M. T. BACETE CASTELLO et M. VILLALBA ALPERA. Les méthodes de modélisation des ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).
- [Badell et al., 2004] M. BADELL, J. ROMERO, R. HUERTAS and L. PUIGJANER. Planning, Scheduling and budgeting value-added chains. *Computers & Chemical Engineering*, 2004, 28 (1-2): 45-51.
- [Bakker et Leguit, 1999] A.R. BAKKER and F.A. LEGUIT. Evolution of an integrated hospital information system in the Netherlands. *International Journal of Medical Informatics*, 1999, 54 (3): 209-224.
- [Balle, 2000] M. BALLE. *Reengineering des processus*. Institut Renault de la qualité et du management, 2000, Dunot Edition.
- [Baptiste et al., 2001] P. BAPTISTE, V. BOTTA-GENOULAZ, E. NIEL et C. SUBAÏ. Du paradigme Suivi/ ordonnancement/GPAO au paradigme ERP/APS/MES : révolution ou évolution ? 2nd International Conference on Integrated Design and Production (CIP01), October 24-26, Fez (Morocco), Actes cdrom, n° 102, p.1-23 (2001).
- [Barajas Alot, 2003] E. BARAJAS ALOT. Utilisation et exploitation des ERP dans le milieu industriel. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2003).
- [Barcet et al., 2002] A. BARCET, J. BONAMY, M. GROSJEAN, F. MARTIN-JUCHAT. Connaissance et communication : conditions d'une efficacité de la production de service, DARES, Rapport final de la recherche, Juin 2002.
- [Barton, 2000] R. BARTON. Analysis of underlying enterprise model of the SAP R/3 system. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).
- [Barut et al., 2002] M. BARUT, W. FAISST and J.J. KANET. Measuring supply chain coupling: an information system perspective, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2002, 8, 161-171.
- [Baudry, 2004] B. BAUDRY. *Economie de la firme*, 2004, La Découverte.
- [Beard et Sumner, 2004] J.W. BEARD and M. SUMNER. Seeking strategic advantage in the post-net era: viewing ERP systems from the resource-based perspective. *Journal of Strategic Information Systems*, 2004, 13 (2): 129-150.
- [Bergström et Stehn 2005] M. BERGSTRÖM and L. STEHN. Matching industrialised timber frame housing needs and enterprise resource planning: A change process. *International Journal of Production Economics*, 2005, 97 (2): 172-184.
- [Berry et al., 1997] W.L. BERRY, C.D. WHYBARK and E. VOLLMANN. *Manufacturing planning and control systems*. 1997, New York. 4th internat. Ed.
- [Besson, 1999] P. BESSON. Les ERP à l'épreuve de l'organisation. *Revue Système d'Information et Management*, 1999, 4 (4): 21-50.
- [Billan et Pathy, 2001] R. BILLAN et F. PATHY. Amélioration continue dans l'entreprise, traité de l'entreprise industrielle, 2001, AG 4 100.
- [Boddy et al., 1998] D. BODDY, C. CAHILL, M. CHARLES, H. FRASER-KRAUS and D. MACBETH. Success and failure in implementing supply chain partnering: an empirical study. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 1998, 4, 143-151.

- [Botta-Genoulaz et al., 1997] V. BOTTA, A. GUINET and D. BOULLE. Object-oriented analysis with structured and integrated specifications and solutions for production system control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1997, 8 (1): 3-14.
- [Botta-Genoulaz et al., 2001] V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET and G. NEUBERT. The role of Enterprise Modeling in ERP Implementation. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'01), August 20-23, Quebec (Canada), Proceedings Book I, p.220-231 (2001).
- [Botta-Genoulaz et al., 2005a] V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET and B. GRABOT. A recent survey on the research literature on ERP systems. *Computers in Industry*, 2005, 56 (6): 510-522.
- [Botta-Genoulaz et al., 2005b] V. BOTTA-GENOULAZ, I. DEDUN, F.-A. GRUAT-LAFORME, A. MARTINEZ, P.-A. MILLET, C. PELLEGRIN. Etat des lieux des systèmes d'information supports de la chaîne logistique intra et/ou interentreprises. Annexe 4.2 du Rapport de 2^{ème} année du projet COPILOTES : Livrable 2.1, 78 pages (2005).
- [Botta-Genoulaz et Guinet, 1999] V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET. On the interpretation of jobshops with duplicated machines as hybrid flowshops. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'99), July 12-15, Glasgow (Scotland), Proceedings Book 2 p.146-157 (1999).
- [Botta-Genoulaz et Millet, 2003a] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET. An investigation into the use of ERP systems in the service sector. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'03), May 26-28, Porto (Portugal), Proceedings Book I, p.347-357 (2003).
- [Botta-Genoulaz et Millet, 2003b] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET. Pour une meilleur utilisation des ERP : état des lieux. 5^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 26-29 octobre, Québec (Canada), Actes cdrom, 11p. (2003).
- [Botta-Genoulaz et Millet, 2005] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET. A classification for better use of ERP systems. *Computers in Industry*, 2005, 56 (6): 572-586.
- [Botta-Genoulaz et Millet, 2006] V. BOTTA-GENOULAZ and P.-A. MILLET. An investigation into the use of ERP systems in the service sector. *International Journal of Production Economics*, 2006, 99 (1-2): 202-221.
- [Botta-Genoulaz, 1996] V. BOTTA. Planification & Ordonnancement d'une succession d'ateliers avec contraintes. Thèse de Doctorat en Ingénierie Informatique, label Européen, Université Claude Bernard - LYON I (170 p., en anglais), 1996.
- [Botta-Genoulaz, 1997a] V. BOTTA-GENOULAZ. Considering bills of material in hybrid flow shop scheduling problems. IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning (ISATP'97), August 7-9, California (USA), Proceedings p.194-199 (1997).
- [Botta-Genoulaz, 1997b] V. BOTTA-GENOULAZ. Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'97), October 20-24, Lyon (France), Proceedings Book 1 p.12-22 (1997).
- [Botta-Genoulaz, 2000] V. BOTTA-GENOULAZ. Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. *International Journal of Production Economics*, 2000, 64 (1-3): 101-111.
- [Botta-Genoulaz, 2005] V. BOTTA-GENOULAZ. Les ERP : un atout pour la cohérence, un risque pour la flexibilité ? In: *Technologies d'information et de communication et formes de rationalisation des activités dans les entreprises : le cas des ERP*, Direction G. de TERSSAC, I. BAZET et L. RAPP, 18p., à paraître (2005).
- [Bouillot, 1999] C. BOUILLOT. Mise en place de Progiciels de Gestion Intégrée à l'occasion de fusions et cessions d'entreprises dans un contexte international. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 1999, 4 (4) : 91-106.

- [Boutin, 2001] P. BOUTIN. Définition d'une méthodologie de mise en œuvre et de prototypage d'un progiciel de gestion d'entreprise (ERP). Thèse en Informatique de l'Ecole Nationale des Mines de Saint Etienne, 2001.
- [Bowersox et al., 2003] D. BOWERSOX, D. CLOSS and T. STANK. How to master cross-enterprise collaboration. *Supply Chain Management Review*, 2003, July/Aug, 18-27
- [Broadbent et al., 1999] M. BROADBENT, P. WEILL and B.S. NEO. Strategic Context and Patterns of IT Infrastructure Capability. *Journal of Strategic Information Systems*, 1999, 8 (2): 157-187.
- [Brown, 2001] J.P. BROWN. Is ERP a Silver Bullet?, *APICS—The Performance Advantage*, 2001, January, 10, 13.
- [Buckhout et al., 1999] S. BUCKHOUT, E. FREY and J. NEMEC. Making ERP Succeed: Turning Fear Into Promise. *Journal of Strategy and Business*, 1999, *Technology*, Reprint No.99208.
- [Calisir et Calisir, 2004] F. CALISIR and F. CALISIR. The relation of interface usability characteristics, perceived usefulness, and perceived ease of use to end-user satisfaction with enterprise resource planning (ERP) systems. *Computers in Human Behavior*. 2004, 20 (4): 505-515.
- [Canonne et Damret, 2002] R. CANONNE, J.-L. DAMRET. Résultats d'une enquête sur l'implantation et l'utilisation des ERP en France, *Revue Française de Gestion Industrielle*, 2002, 21 : 29-36.
- [Carey, 2004] M.J.B. CAREY. Liquid Data for WebLogic: XML-Based Enterprise Information Integration. 20th International Conference on Data Engineering, March 30 - April 02, Boston, USA (2004).
- [Cattan et al., 1998] M. CATTAN, N. IDRISSE and P. KNOCKAERT. *Maîtriser les processus de l'entreprise – guide opérationnel*. 1998, Editions d'organisation.
- [Chaabane et al., 2004] S. CHAABANE, A. GUINET et L. TRILLING. Pilotage conjoint de ressources hospitalières humaines et matérielles : un problème d'ordonnancement avec cycles. Conférence GISEH, 9-11 Septembre, Mons, Belgique, 2004, 14-23.
- [Champagnat, 2004] F. CHAMPAGNAT. MTO – MTS strategies in the food industry. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).
- [Chan et Qi, 2003] F. CHAN and H.J. QI. Feasibility of performance measurement system for a process-based approach and measures. *Integrated Manufacturing Systems*, 2003, 14 (3): 179-190.
- [Chang et Makatsoris, 2001] Y. CHANG and H. MAKATSORIS. Supply Chain modeling using simulation. *International Journal of Simulation*, 2001, 2 (1): 24-30.
- [Changchien et Shen, 2002] S.W. CHANGCHIEN and H.-Y. SHEN. Supply Chain reengineering using a core process analysis matrix and object oriented simulation. *Information and Management*, 2002, 39: 345-358.
- [Chen et Paulraj, 2004] I. CHEN and J. PAULRAJ. Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework. *International Journal of Production Research*, 2004, 42 (1): 131-163.
- [Ching et al., 1996] C. CHING, C.W. HOLSAPPLE and A.B. WHINSTON. Toward IT Support for Coordination in Network Organizations. *Information & Management*, 1996, 30 (4): 179-199.
- [Choi et al., 2004] B. CHOI, T.S. RAGHU and A. VINZE. Addressing a standards creation process: A focus on ebXML. *International Journal of Human Computer Studies*, 2004, 61(5): 627-648.
- [Christopher, 1998] M. CHRISTOPHER. *Logistics and Supply Chain Management – Strategies for reducing cost and improving service*. 1998, 2nd ed., London.
- [CIGREF, 1999] CIGREF. Retours d'expériences ERP. 1999 (www.cigref.fr).
- [CNA, 2001] CNA. Avis sur la traçabilité des denrées alimentaires. Avis n°28, 2001, Conseil National de l'Alimentation, 43 p. (www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/avis_trac_2806-0.pdf)
- [Collell, 2005] X. COLLELL ALCALDE. Synthèse de pratiques industrielles en gestion de chaîne logistique. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2005).

- [Cooper et al., 1997] M.C. COOPER, D.M. LAMBERT and J.D. PAGH. Supply Chain management: More than a new name for logistics. *International Journal of Logistics Management*, 1997, 8 (1): 1-14.
- [Copilotes, 2004] Collectif COPILOTES¹. Caractérisation des chaînes logistiques (livrable 1.1). In : Annexe 5 du rapport de 1^{ère} année, p.2-46 (2004).
- [Copilotes, 2005] Collectif COPILOTES². Enquête sur les pratiques de partage d'informations par une entreprise participant à une chaîne logistique établie, Projet COPILOTES, Juin 2005, 49p.
- [Copilotes-G, 2003] Collectif COPILOTES-G. Réponse à l'appel d'offre, Programme de recherche thématique prioritaire « STIC - Entreprise virtuelle » de la région Rhône-Alpes, 43 pages (2003).
- [Copilotes-G, 2004] Collectif COPILOTES-G. Rapport de 1^{ère} année, Programme de recherche thématique prioritaire « STIC - Entreprise virtuelle » de la région Rhône-Alpes, 74 pages (2004).
- [Copilotes-G, 2005] Collectif COPILOTES-G³. Rapport de 2^{ème} année, Programme de recherche thématique prioritaire « STIC - entreprise virtuelle » de la région Rhône-Alpes, 50 pages (2005).
- [Copilotes-WG2, 2004] Collectif COPILOTES⁴. Synthèse des travaux du WG2 : partage de l'information et structuration des systèmes d'information dans une chaîne logistique. In : Annexe 4 du rapport de 1^{ère} année, p. 14-35 (2004).
- [Copilotes-WG2, 2005] Collectif COPILOTES⁵. Synthèse des travaux du WG2 : partage de l'information et structuration des systèmes d'information dans une chaîne logistique. In : Annexe 3 du rapport de 2^{ème} année, p. 9-36 (2005).
- [Craighead et Laforge, 2003] C.W. CRAIGHEAD and R.L. LAFORGE. Taxonomy of information technology adoption patterns in manufacturing firms. *International Journal of Production Research*, 2003, 41 (11): 2431 - 2449.
- [Croom et al., 2000] S. CROOM, P. ROMANO and M. GIANNAKIS. Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2000, 6: 67-83.
- [Cuenca et al., 2001] L. CUENCA, M. HAWA and A. ORTIZ. Analysis of Architectural Issues in Enterprise Modelling: A compared analysis of DEM (Dynamic Enterprise Modelling) of BaaN and CIMOSA (CIM - Open System Architecture). BaaN Brothers Foundation 2nd Roundtable Proceedings, Utrecht, The Netherlands (2001).
- [Daihini, 1994] D.U. DAIHANI, Définition de propositions méthodologiques pour l'intégration des principales fonctions de décision dans un système de production. Thèse de doctorat de l'Université de Droit, d'Economie et de Sciences d'Aix Marseille III, 1994.
- [Darras, 2004] F. DARRAS. Production d'un cadre de référence pour la conception et l'exploitation d'un progiciel de gestion intégré, Thèse de Doctorat de l'INP de Toulouse, Octobre 2004.
- [Davenport, 1998] T.H. DAVENPORT. Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, 1998, 76 (4) : 121-131.
- [D'Hondt, 2000] H. D'HONDT. Les ERP : La fin d'un mythe. *Revue Echanges*, 2000, 169.

¹ V.Botta-Genoulaz, P.Burlat, J.P.Campagne, N.Claveau, I.Dedun, M.Delattre, R.Derrouiche, A.Garapin, P.Laurent, D.Llerena, G.Neubert, **C.Pellegrin**, M.Seville, F.Tannery.

² **V.Botta-Genoulaz**, X.Boucher, R.Derrouiche, F.-A.Gruat-La-Forme, D.Llerena, P.-A.Millet, G.Neubert, C.Pellegrin, M.Seville.

³ Y.Badr, F.Biennier, V.Botta-Genoulaz, X.Boucher, A.Bouras, P.Burlat, **J.P.Campagne**, N.Claveau, I.Dedun, M.Delattre, J.Duvallet, Y.Frein, A.Garapin, M.A.Girard, F.Grimaud, J.Favrel, B.Jullien, P.Laurent, S.Lemarié, D.Llerena, P.A.Millet, G.Neubert, Y.Ouzrout, C.Pellegrin, B.Penz, P. Pernelle, M.Seville, F.Tannery, L.Vincent.

⁴ F.Biennier, **V.Botta-Genoulaz**, X.Boucher, A.Bouras, J.P.Campagne, I.Dedun, J.Duvallet, J.Favrel, S.Lemarié, **D.Llerena**, P.A.Millet, C.Pellegrin, B.Penz, M.Ramy.

⁵ L.Ali, Y.Badr, F.Biennier, **V.Botta-Genoulaz**, A.Bouras, I.Dedun, R.Derrouiche, J.Duvallet, M.Jaber, S.Lemarié, **D.Llerena**, C.Pellegrin, B.Penz, P.Pernelle.

- [Donovan, 2000] R.M. DONOVAN. Why the Controversy over ROI from ERP? January 2000, *Midrange ERP*, 52-54.
- [Dupuy et al., 2002a] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET. Traceability analysis and optimization method in food industry. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE SMC'02), October 6-9, Hammamet (Tunisia), Proceeding Vol. 1, p.494-499 (2002).
- [Dupuy et al., 2002b] C. DUPUY, A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ. Batch dispersion model to optimize traceability in food industry, XV Conference of the European Chapter on Combinatorial Optimisation (ECCO XV), May 30-June 1st, Lugano (Switzerland), Abstract-book pp 51 (2002).
- [Dupuy et al., 2003a] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ, A. GUINET. Etat des lieux de la traçabilité dans l'industrie agroalimentaire. 5^{ème} Congrès International de Génie Industriel, 26-29 octobre, Québec (Canada), Actes cdrom, 11p. (2003).
- [Dupuy et al., 2003b] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET. Optimisation de la chaîne logistique par la maîtrise de la traçabilité. Journées industrielles de la ROADEF, Avril, Montluçon, Actes 79-94 (2003).
- [Dupuy et al., 2003c] C. DUPUY, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET. Optimisation de la chaîne logistique par la maîtrise de la traçabilité. Journées communes ERP – OGP - Vendôme du GdR MACS, 16-17 Juin, Lyon (2003).
- [Dupuy et al., 2005] C. DUPUY, V. BOTTA GENOULAZ, A. GUINET. Batch dispersion model to optimize traceability in food industry. *Journal of Food Engineering*, 2005, 70 (3): 333-339.
- [Dupuy, 2001] C. DUPUY. Analyse d'une chaîne de production agro-alimentaire pour la caractérisation et l'amélioration de la traçabilité. DEA ISCE, INSA de Lyon (2001).
- [Dupuy, 2004] C. DUPUY. Analyse et conception d'outils pour la traçabilité de produits agroalimentaires afin d'optimiser la dispersion des lots de fabrication. Thèse de Doctorat en Informatique et Systèmes Coopératifs pour l'Entreprise, INSA de Lyon (2004).
- [Dyer et al., 1998] J.H. DYER, D.S. CHO and W. CHU. Strategic supplier segmentation: the next 'best practice' in supply chain management. *California Management Review*, 1998, 40 (2): 57-77.
- [Eades et Huang, 2000] P. EADES and M.L. HUANG. Navigating Clustered Graphs using Force-Directed Methods. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 2000, 4 (3) : 157-181.
- [Edwards et al., 2001] P. EDWARDS, M. PETERS and G. SHARMAN. The effectiveness of information systems in supporting the extended supply chain. *Journal of Business Logistics*, 2001, 22 (1): pp 1- 27.
- [Eksioglu, 2001] B. EKSIOGLU. Global Supply Chain Models. In: *Encyclopaedia of Optimization*, C.A. Floudas and P.M. Pardalos Eds, Kluwer Academic Publishers, 2001, 2: 350-353.
- [Erschler, 2003] J. ERSCHLER. Rapport final de l'Action Spécifique n° 35, CNRS, département STIC « PRODLOG : Production et logistique dans l'entreprise étendue : modèles et outils collaboratifs », 2003, 88 pages (<http://www.laas.fr/PRODLOG>)
- [Evegeniou, 2002] T. EVGENIOU. Information Integration and Information Strategies for Adaptive Enterprises. *European Management Journal*, 2002, 20 (5): 486-494.
- [Everaere, 1994] C. EVERAERE. Intégration et flexibilité : une relation ambiguë, *Revue Française de Gestion*, 1994, 99 (juin-juillet-août) : 41-53.
- [Ewald, 1997] F. EWALD. Le retour du malin génie. Esquisse d'une philosophie de la précaution. In : *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*, O. Godard, ed., Maison es sciences de l'homme & Institut national de la recherche agronomique, 1997, Paris, 99-126.
- [Eymery, 1997] P. EYMERY. *La Logistique de l'Entreprise : Supply Chain Management*. 1997, Ed. Hermès, Paris.
- [Falk, 2005] M. FALK. ICT-linked firm reorganisation and productivity gains. *Technovation*, 2005, 25 (11): 1229-1250.

- [Feniès et Gourgand, 2004] P. FENIES et M. GOURGAND. La mesure de la performance industrielle : application à la supply chain. In: *La logistique entre management et optimisation*, Direction. P. Lievre et N. Tchernev, Hermes Science Publication (Paris), 2004, 210-221
- [Forest, 1999] G. FOREST. Généalogie des ERP et gestion des flux physiques, *Système d'information et Management*, 1999, 4 (4) : 71-89.
- [Fritz et al., 1998] M.B. FRITZ, N.S. WATSON, H.S. RHEE. Communication and Coordination in the Virtual Office. *Journal of Management Information Systems*, 1998, 14 (4): 7-28.
- [Frohlich et Westbrook, 2001] M.T. FROHLICH and R. WESTBROOK. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, 2001, 19 (2): 185-200.
- [Ganeshan et al., 1998] R. GANESHAN, E. JACK, M.J. MAGAZINE and P. STEPHENS. *A Taxonomic Review of Supply Chain Management Research, Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998, 841-880.
- [Geffroy-Maronnat, 2002] B. GEFFROY-MARONNAT. Intégration informationnelle et formes d'interdépendance : quels enjeux organisationnels ? Le cas de l'ERP dans une PME. 7ème Congrès de l'AIM, Hammamet, Tunisie, 7 pages (2002).
- [GENCOD, 2001] GENCOD. *La traçabilité dans les chaînes d'approvisionnement, de la théorie à la pratique*, 2001, Issy-les-Moulineaux, 98p.
- [Geunes et Chang, 2001] J. GEUNES and B.CHANG. Operations research models for supply chain management and design, In: *Encyclopaedia of Optimization*, C.A. Floudas and P.M. Pardalos Eds, Kluwer Academic Publishers, 2001, 4: 133-145.
- [Ghost et al., 2002] A.K. GHOST, C. HOWELL and J.A. WHITTAKER. Building software securely from the ground up. *IEEE Software*. 2002, 19 (1): 14-16.
- [Gilbert, 2001] P. GILBERT. Systèmes de gestion intégrés et changement organisationnels. *Revue de gestion des ressources humaines*, 2001, 41 : 21-31.
- [Gilmour, 1999] P. GILMOUR. A strategic audit framework to improve supply chain performance. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 1999, 14 (5/6): 355-363.
- [Gold-Bernstein, 1999] B. GOLD-BERNSTEIN. From EAI to e-AI. *Application Development Trends*, 1999, 6 (12): 49-52.
- [Goldratt et Cox, 1995] E. GOLDRATT and J. COX. *The Goal, Excellence in Manufacturing*. 1995, 2nd Ed., McGraw-Hill, London.
- [Golicic et al., 2003] S.L. GOLICIC, J.H. FOGGIN, J.T. MENTZER. Relationship magnitude and its role in interorganizational relationship structure. *Journal of Business Logistics*, 2003, 24 (1): 57-76.
- [Gomez, 1997] F. J. GOMEZ. Simulation of a textile production system from OASISS methodology. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (1997).
- [Gruat-la-Forme et al., 2005a] F.-A. GRUAT-LA-FORME, V. BOTTA-GENOULAZ, J.-P. CAMPAGNE and P.-A. MILLET. Advanced Planning and Scheduling system: An overview of gaps and potential sample solutions. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'05), May 16-19, Marrakech (Morocco), Proceedings, p. 683-695 (2005).
- [Gruat-la-Forme et al., 2005b] F.-A. GRUAT-LA-FORME, A. WATTKY, V. BOTTA-GENOULAZ, G. NEUBERT, J.-P. CAMPAGNE. Un outil de caractérisation de chaîne logistique collaborative. 6ème Congrès international de Génie Industriel, 7-10 juin, Besançon (France), Actes cdrom, 10p. (2005).
- [Gruat-la-Forme et al., 2005c] F.-A. GRUAT-LA-FORME, V. BOTTA-GENOULAZ, J.-P. CAMPAGNE. A grid to characterize collaboration in supply chain. 4th International Workshop on Performance Measurement (IFIP WG 5.7), 27-28 June, Bordeaux (France), 8 pages (2005).

- [Gruat-la-Forme et al., 2005d] F.-A. GRUAT-LA-FORME, V. BOTTA-GENOULAZ, J.-P. CAMPAGNE, P.-A. MILLET. Un état de l'art sur les lacunes des outils de planification avancée (APS). Journées Doctorales du GdR MACS (JD MACS), 5-7 septembre, Lyon (France) 10p. (2005).
- [Gruat-la-Forme, 2004] F.-A. GRUAT-LA-FORME. Advanced Planning and Scheduling. DEA ISCE, INSA de Lyon (2004).
- [Guinet et Botta-Genoulaz, 2000] A. GUINET and V. BOTTA-GENOULAZ. Universality of Johnson's rule for multi-stage scheduling problems. Workshop on Production Planning and Control (WPPC), October 2-4, Mons (Belgium), Proceedings p.156-164 (2000).
- [Gunasekaran et Nash, 1997] A. GUNASEKARAN and B. NASH. The role of information technology in business process reengineering. *International journal of production economics*, 1997, 50: 91-104.
- [Hammami, 1999] A. HAMMAMI. Pilotage multi-ateliers : ordonnancement Job shop hybride. DEA ISCE, INSA de Lyon (1999).
- [Hammami, 2003] A. HAMMAMI. Modélisation Technico-économique de chaînes logistiques dans les entreprises. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne & Philosophiae Doctor de la Faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval, 2003.
- [Hanscome, 2003] R. HANSCOME. ERP Performance Evaluation. *META spectrum* 32.0 Tier 1 ERP, April 10, 2003.
- [Harrison, 2001] P. HARRISON, Global Supply Chain design. *Information Systems Frontiers*, 2001, 3 (4): 413-416.
- [Harvey et Richey, 2001] M. HARVEY and G. RICHEY. Global Supply Chain Management: the Selection of Globally Competent Managers. *Journal of International Management*, 2001, 7, 105-128.
- [Heij, 1996] J.C.J.d. HEIJ. Assessment of Business Information Systems by Data Structures, Ph.D. Thesis, Eindhoven University of Technology, 1996.
- [Heikkilä, 2002] J. HEIKKILÄ. From supply to demand chain management: efficiency and customer satisfaction, *Journal of Operations Management*, 2002, 20 (6): 747-767.
- [Hermosillo Worley, 2003] J. HERMOSILLO WORLEY, Vers une meilleure prise en compte des ressources humaines dans les processus d'entreprise : Connaissances, Rôles et Compétences, Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 2003.
- [Hinterhuber, 2002] A. HINTERHUBER. Value chain orchestration in action and the case of the global agrochemical industry. *Long Range Planning*, 2002, 35 (6): 615-635.
- [Holland et Light, 1998] C. HOLLAND and B. LIGHT. A critical Success Factors Model for ERP Implementation. *IEEE Software*, 1998, 16 (3): 30-36.
- [Hu et al., 2003] Z. HU, E. KRUSE and L. DRAWS. Intelligent binding in the engineering of automation systems using ontology and Web services. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics part C*. 2003, 33 (3): 403-412.
- [Humphreys et al., 2001] P.K. HUMPHREYS, M.K. LAI and D. SCULLI. An inter-organizational information system for supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 2001, 70, 245-255.
- [Humphreys et al., 2003] P. HUMPREYS, W.K. SHIU and K.H.Y. LO. Buyer-supplier relationship: perspectives between Hong Kong and the UK. *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, 138, 236-242.
- [Hunton et al., 2003] J.E. HUNTON, B. LIPPINCOTT and J.L. RECK. Enterprise resource planning systems: comparing firm performance of adopters and nonadopters. *International Journal of Accounting Information Systems*, 2003, 4 (3): 165-184.
- [IDC France, 2000] IDC France, Le Marché Français de l'ERP en 2000 : MidMarket, ASP, SCM, X-ERP, Bilan et perspectives 1999-2004, Avril 2000 (www.idc.fr).
- [IDC France, 2002] IDC France, Vers une consolidation du Marché de l'ERP, Juin 2002 (www.idc.fr).

- [Ingalls, 1998] R.G. INGALLS, Value of simulation in modeling supply chains. Winter Simulation Conference Proceedings, 1998, vol. 2, 1371-1375
- [Ingersoll Engineers ,1988] INGERSOLL ENGINEERS, *L'usine intégrée*, 1988, Edition Hermes, Paris.
- [Isaac, 2002] H. ISAAC. Les composantes du système d'information structurant l'entreprise numérique : une étude empirique en France, Actes du VIIIème colloque de l'AIMS, mai, Hammamet, Tunisie (2002).
- [Jones et al., 2004] M.C. JONES, M. CLINE and S. RYAN. Exploring knowledge sharing in ERP implementation: an organizational culture framework. *Decision Support Systems*, In Press, Corrected Proof, Available online 15 September 2004.
- [Kane, 2001] H. KANE, Etude de l'ajustement de la capacité à la charge pour une gestion quantitative des ressources humaines en production, Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, Juillet 2001.
- [Karmarkar et Pitbladdo, 1995] U.S. KARMARKAR and R. PITBLADDO. Service markets and competition. *Journal of Operations Management*, 1995, 12, 397-411.
- [Karypis et Kumar, 1998] G. KARYPIS and V. KUMAR. A Fast and High Quality Multilevel Scheme for Partitioning Irregular Graphs. *Journal on Scientific Computing*, 1998, 20 (1): 359-392.
- [Kellogg et Nie, 1995] D.L. KELLOGG and W. NIE. A framework for strategic service management. *Journal of Operations Management*, 1995, 13, 323 - 338, in: Verma, R. and S.T. Young (2000).
- [Kendall, 1997] K. Kendall. The significance of information systems research on emerging technologies: seven information technologies that promise to improve managerial effectiveness. *Decision Sciences*, 28, 775-792.
- [Kim et al., 1995] H.M. KIM, M.S. FOX and M. GRUNINGER. An ontology of quality for enterprise modelling. Proceedings of the Fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, *IEEE Computer Society Press*, 105-116 (1995).
- [Kim, 2004] H.-W. KIM. A Process Model for Successful CRM System Development. *IEEE Software archive*. 2004, 21 (4): 22-28.
- [Klaus et al., 2000] H. KLAUS, R. ROSEMANN, G. GABLE. What is ERP? *Information Systems Frontiers*, 2000, 2 (2): 141-162.
- [Klostermeyer et Klemm, 2003] A. KLOSTERMEYER and E. KLEMM. PABADIS - an agent based flexible manufacturing concept. INDIN'03 - Workshop on Technologies for Flexible Manufacturing, August 21-23, Alberta, Canada (2003).
- [Koch et al., 1999] C. KOCH, D. SLATER and E. BAATZ. The ABCs of ERP. (Compiled report). *CIO Magazine*, 1999 (www.cio.com).
- [Kosanke, 1999] K. KOSANKE. CIMOSA – Overview and Status. *Computers in Industry*, 1995, 27, 101-109.
- [Kovács et Paganelli, 2003] G.L. KOVÁCS and P. PAGANELLI. A planning and management infrastructure for large, complex, distributed projects—beyond ERP and SCM. *Computers in Industry*, 2003, 51 (2): 165-183.
- [Krumbholz et Maiden, 2001] M. KRUMBHOLZ and N. MAIDEN. The implementation of enterprise resource planning packages in different organisational and national cultures. *Information Systems*, 2001, 26 (3): 185-204.
- [Kumar et al., 2002] V. KUMAR, B. MAHESHWARI and U. KUMAR. ERP systems implementation: Best practices in Canadian government organizations. *Government Information Quarterly*, 2002, 19 (2): 147-172.
- [Kumar et al., 2003] V. KUMAR, B. MAHESHWARI and U. KUMAR. An Investigation of Critical management Issues in ERP Implementation: Empirical Evidence from Canadian Organizations. *Technovation*, 2003, 23 (10): 793-807.

- [Kwasi Amoako-Gyampah et Salam, 2004] K. KWASI AMOAKO-GYAMPAH and A.F. SALAM. An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 2004, 41(6): 731-745.
- [Labruyere et al., 2002] E. LABRUYERE, P. SEBEN and M. VERSINI. L'ERP a-t-il tenu ses promesses ? Deloitte & Touche, Juin 2002.
- [Lai et al., 2004] K.-H. LAI, E.W.T. NGAI and T.C.E. CHENG. An empirical study of supply chain performance in transport logistics. *International Journal of Production Economics*, 2004, 87, 321-331.
- [Lam et Shankararaman, 2004] W. LAM and V. SHANKARARAMAN. An Enterprise Integration Methodology. *IT Professionnal*, 2004, 6 (2): 40-48.
- [Lambert et al., 1998] D.M. LAMBERT, M. C. COOPER and J.D. PAGH, Supply Chain management: Implementation issues and research opportunities. *International Journal of Logistics Management*, 1998, 9(2): 1-19.
- [Lambert et Cooper, 2000] D.M. LAMBERT and M.C. COOPER. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 2000, 29, 65-83.
- [Lander et al., 2004] M.C. LANDER, R.L. PURVIS, G.E. MCCRAY and W. LEIGH. Trust-building mechanisms utilized in outsourced IS development projects: a case study. *Information & Management*, 2004, 41 (4): 509-528.
- [Laudon et al., 2001] K.C. LAUDON, J.P. LAUDON et L. GINGRAS. *Les systèmes d'information de gestion : Organisations et réseaux stratégiques*. Version française de la 6ème édition, ERPI, 2001.
- [Lauras, 2004] M. LAURAS. Méthode de diagnostic et d'évaluation de performance par la gestion des chaînes logistiques, application à la coopération maison mère filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, 2004.
- [Lawrence et Lorsch, 1969] P.R. LAWRENCE and J.W. LORSCH. *Developing organizations*. Reading (MA) Addison-Wesley Publishing Company, 1969.
- [Lecomte et Saidi-Kabeche, 2003] C. LECOMTE et D. SAIDI-KABECHE. La traçabilité dans les filières agro-alimentaires : l'apport des outils Internet. 5e Congrès International de Génie Industriel, octobre, Québec, Canada (2003).
- [Lee et Ng, 1997] H.L. LEE and S.M. NG. Introduction to the special issue on global supply chain management. *Production and Operations Management*, 1997, 6 (3): 191-192.
- [Lee et Whang, 2000] H.L. LEE and S. WHANG. Information sharing in a supply chain. *International Journal of Technology and Management*, 2000, 20, 373-387.
- [Lengnick-Hall et al., 2004] C.A. LENGNICK-HALL, M.L. LENGNICK-HALL and S. ABDINNOUR-HELM. The role of social and intellectual capital in achieving competitive advantage through enterprise resource planning (ERP) systems. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2004, 21 (4): 307-330.
- [Lequeux, 1999] J.-L. LEQUEUX. *Manager avec les ERP*. 1999, Editions d'Organisation, Paris.
- [Levecq et al., 1997] P. LEVECQ, V. BOTTA, A. GUINET and A. ARTIBA. Object oriented design of generic simulation models in hybrid flow-shop organisations. International Conference on Operations and Quantitative Management (ICOQM), January 5-8, Jaipur (India), Proceedings p.564-571 (1997).
- [Liu et Young, 2004] S. LIU and R.I.M. YOUNG. Utilizing information and knowledge models to support global manufacturing co-ordination decisions. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2004, 17 (6): 479-492
- [Louis et al., 2002] A. LOUIS, JR. COX and A.D. POPKEN. A hybrid system-identification method for forecasting telecommunication product demands. *International Journal of Forecasting*, 2002, 18, 647-671.

- [Luo et Strong, 2004] W. LUO and D.M. STRONG. A framework for evaluating ERP implementation choices. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2004, 51 (3): 322- 333.
- [Mabert et al., 2000] V.A. MABERT, A.SONI and M.A. VENKATARAMANAN. Enterprise Resource Planning Survey of US Manufacturing Firms. *Production and Inventory Management*, 2000, 41, 52-58.
- [Mabert et al., 2001] V.A. MABERT, A.SONI and M.A. VENKATARAMANAN. Enterprise Resource Planning: Common myths versus Evolving reality. *Business Horizons*, 2001, 44 (3): 69-76.
- [Macmillan-Davis et al., 2004] C. MACMILLAN-DAVIES, G. SQUIRES et A. GREENE. *Vers la transparence de la chaîne logistique : Une nouvelle ère de la traçabilité grâce à la RFID*, Livre Blanc, Computer Science Corporation, CSC, Juin (2004).
- [Maheshwari, 2003] P. MAHESHWARI. Enterprise Application Integration using a Component-based Architecture. 27th Annual International Computer Software and Applications Conference, November 03-06, Dallas, USA (2003).
- [Malone et al., 1999] T.W. MALONE, K.G. CROWSTON, J. LEE, B. PENTLAND, C. DELLAROCAS, G. WYNER, J. QUIMBY, C.S. OSBORN, A. BERNSTEIN, G. HERMAN, M. KLEIN and E. O'DONNELL, Tools for inventing organizations: toward a handbook of organizational processes. *Management Science*, 1999, 45(3): 425-443.
- [Manzini et al., 2005] R. MANZINI, E. FERRARI, M. GAMBERI, A. PERSONA and A. REGATTIERI, Simulation performance in the optimisation of the supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2005, 16 (2): 127-144.
- [Martinez, 2004] A. MARTINEZ. État des lieux des systèmes d'information supports de la chaîne logistique. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).
- [Mejdoub, 2005] M. A. MEJDOUB. Outils d'identification pour la traçabilité en agroalimentaire. Master Recherche en Informatique, INSA de Lyon (2005).
- [Menor et al., 2002] L.J. MENOR, M.V. TATIKONDA and S.E. SAMPSON. New service development: areas for exploitation and exploration. *Journal of Operations Management*, 2002, 20, 135-157.
- [Mersha, 1990] T. MERSHA. Enhancing the customer contact model, *Journal of Operations Management*, 1990, 9 (3): 391-405.
- [Millet et al., 2005] P.-A. MILLET, G. NEUBERT, V. BOTTA-GENOULAZ. Une approche outillée de l'intégration autour des ERP. 6^{ème} Congrès international de Génie Industriel, 7-10 juin, Besançon (France), Actes cdrom, 11p. (2005).
- [Millet et Botta-Genoulaz, 2002] P.-A. MILLET and V. BOTTA-GENOULAZ. ERP implementation: New topics for research. 9th International Multi-Conference on Advanced Computer Systems (ACS'02), Conference on Production System Design, Supply Chain Management and Logistics, October 23-25, Miedzzydroje (Poland), Proceeding p.253-260 (2002).
- [Millet et Botta-Genoulaz, 2003] P.-A. MILLET and V. BOTTA-GENOULAZ. Differences between service and manufacturing organizations regarding ERP. International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'03), May 26-28, Porto (Portugal), Proceedings Book I, p.358-365 (2003).
- [Millet, 2004] P.-A. MILLET. Analyse de l'intégration dans les ERP, Séminaire du GT ERP, Journées STP du GdR MACS, 21-22 octobre, Aix-en-Provence, (2004).
- [Millet, 2005] P.-A. MILLET. A reverse engineering approach of integration with ERP, Conference IFIP 5.7 Advanced in Production Management Systems (APMS), September 18-21, Rockville (MD, USA), 15p. (2005).
- [Min et Zhou, 2002] H. MIN and G. ZHOU, Supply Chain modeling: past, present and future. *Computers and Industrial Engineering*, 2002, 43 (1-2): 231-249.
- [Minegishi et Thiel, 2000] S. MINEGISHI and D. THIEL. System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 2000, 8, 321-339.

- [Moe 1998] T. MOE. Perspectives on traceability in food manufacture. *Food Science and Technology*, 1998, 9 (5): 211-214.
- [Monczka et Morgan, 1997] R. MONCZKA and J. MORGAN. What's wrong with supply chain management? *Purchasing*, 1997, 122 (1): 69-73.
- [Mouelhi, 2005] W. MOUELHI. Une étude sur les différentes stratégies de production guidée par les critères de choix et les indicateurs de performance associés. Master Recherche en Informatique, INSA de Lyon (2005).
- [Moulin, 2002] C. MOULIN. Enquête ERP 2002 : les principaux résultats. Communication présentée à la 21ème Journée régionale de la Productique, Pôle Productique Rhône-Alpes, Roanne, France, Juin 2002.
- [Neubert et al., 2003] G. NEUBERT, V. BOTTA-GENOULAZ, P.-A. MILLET et A. BOIREAUX. Démarche d'implémentation d'un ERP : le cas des Hospices Civils de Lyon. 1ère Conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH'03), 17-18 janvier, Lyon (France), Actes p.160-169 (2003).
- [Ng et al., 1998] J.K.C. NG, W.H. IP and T.C. LEE. A Paradigm for ERP and BPR integration. *International Journal of Production Research*, 1998, 37 (9): 2093-2108.
- [Ng et al., 2002] C.S.P. NG, G.G. GABLE and T. CHAN. An ERP-client benefit-oriented maintenance taxonomy. *Journal of Systems and Software*, 2002, 64 (2): 87-109.
- [Nicolaou, 2004] A.I. NICOLAOU. Quality of post implementation review for enterprise resource planning systems. *International Journal of Accounting Information Systems*, 2004, 5 (1): 25-49.
- [O'Donnell et David, 2000] E. O'DONNELL and J.S. DAVID. How information systems influence user decisions: a research framework and literature review. *International Journal of Accounting, Information Systems*, 2000, 1 (3): 178-203.
- [Olhager et Selldin, 2003] J. OLHAGER and E. SELLDIN. Enterprise Resource Planning survey of Swedish manufacturing firms. *European Journal of Operational Research*, 2003, 146 (2): 365-373.
- [Olhager et Selldin, 2004] J. OLHAGER and E. SELLDIN. Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 2004, 89 (3): 353-361.
- [Opara, 2003] L.U. OPARA. Traceability in agriculture and food supply chain: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *Food, Agriculture & Environment*, 2003, 1 (1): 101-106.
- [Oral et al., 2003] E.L. ORAL, G. MISTIKOGLU and E. ERDIS. JIT in developing countries – a case study of the Turkish prefabrication sector. *Building and Environment*, 2003, 38, 853-860.
- [Orlikowski et Barley, 2001] W.J. ORLIKOWSKI and S.R. BARLEY. Technology and institutions: what can research on information technology and research on organizations learn from each other? *MIS-Quarterly*, 2001, 25 (2): 145-65.
- [Pailleux, 2000a] N. PAILLEUX. Enquête sur l'utilisation des ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2000).
- [Pailleux, 2000b] N. PAILLEUX. Modélisation et ERP. DEA ISCE, INSA de Lyon (2000).
- [Paulus, 2002] P. PAULUS. ERP III : les applications secondaires prennent-elles de l'importance ? *Technique et Management*, 2002, 106-109.
- [Persson et Olhager, 2002] F. PERSSON and J. OLHAGER. Performance simulation of supply chain designs. *International Journal of Production Economics*, 2002, 77, 231-245.
- [Petit, 2004] M. PETIT. Un modèle permettant l'amélioration de la chaîne logistique au sein des Petites et Moyennes Entreprises. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2004).
- [Pirard et al., 2004] F. PIRARD, F. RIANE et V. BOTTA-GENOULAZ. Reconfiguration des réseaux logistiques : problématique, modélisation et résolution. In: *La logistique entre management et optimisation*, Direction. P. Lievre et N. Tchernev, Hermes Science Publication (Paris), p.285-295 (2004).

- [Poston et Grabski, 2001] R. POSTON and S. GRABSKI. Financial impacts of enterprise resource planning implementations. *International Journal of Accounting Information Systems*, 2001, 2 (4): 271-294.
- [Poumpalova, 2001] N. POUMPALOVA. An investigation into the use of ERP systems in the service sector. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2001).
- [PPRA, 2003] Collectif OPT-ERP du PPRA¹. Utilisation et Amélioration des ERP dans le milieu industriel : résultat de l'enquête « Optimisation des ERP en Rhône-Alpes ». Journées Réseau OPERA, 16 septembre, Lyon, 74 pages (2003).
- [Ramesh et al., 1995] B. RAMESH, D. DWIGGINS, G. DEVRIES and M. EDWARDS. Towards requirements traceability models. International Symposium and Workshop on Systems Engineering of Computer Based Systems, Mars, Los Alamitos CA, IEEE Computer Society Press, 229-232 (1995).
- [Reiner et Trcka, 2004] G. REINER and M. TRCKA. Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry. A simulation based analysis. *International Journal of Production Economics*, 2004, 89 (2): 217-229.
- [Reix, 2002] R. REIX. *Systèmes d'information et management des organisations*. Paris, Vuibert, 2002.
- [Rivera Gonzalez, 2005] I.A. RIVERA GONZALEZ. La sélection d'un ERP : dynamiques collectives et processus d'apprentissage d'acteurs, Thèse en Génie Industriel de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 2005.
- [Rondeau et Bordron, 2002] M. RONDEAU et S. BORDRON. Étude d'un nouveau concept : le SCEM, Mémoire de master logistique, Groupe E.S.C. Brest (2002).
- [Rosemann, 2004] M. ROSEMAN, The Integration of SAP Solutions in the Curricula – Outcomes of a Global Survey, Queensland University of Technology, Centre for IT Innovation, December 2004, 26 pages.
- [Ross et Vitale, 2000] J.W. ROSS and M.R. VITALE. The ERP Revolution: Surviving vs. Thriving. *Information Systems Frontiers*, 2000, 2 (2): 233-241.
- [Rota-Franz et al., 2001] K. ROTA-FRANZ, C. THIERRY et G. BEL, Gestion des Flux dans les chaînes logistiques. In : *Performances industrielles et gestion des flux* (P. Burlat, J.P. Campagne) Hermès Traité IC2, 2001, 153-186.
- [Roth et Van Dierdonck, 1995] A.V. ROTH and R. Van DIERDONCK. Hospital resource planning: Concept, feasibility and framework. *Production and Operations Management*, 1995, 4 (1): 2-29.
- [Rouches et Bennani, 2002] S. ROUCHES et A. BENNANI. Indicateurs de performance pour les projets ERP. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2002).
- [Russel et Taylor, 2000] R. RUSSEL and B. TAYLOR. *Operations Management*. Prentice Hall, Inc – 2000.
- [Rutner et al., 2003] S.M. RUTNER, B.J. GIBSON and S.R. WILLIAMS. The impacts of integrated logistics systems on electronic commerce and enterprise resource planning systems. *Transportation Research*, Part E 39, 2003, 83-93.
- [Sabot, 2003] P. SABOT. An example of Supply Chain Management: APO for Cartier. Projet de fin d'études, Département Génie Industriel, INSA de Lyon (2003).
- [Sahay, 2003] B.S. SAHAY. Supply chain collaboration: the key to value creation, *Work Study*, 2003, 52 (2): 76-83.
- [Saint Léger et al., 2002] G. SAINT LEGER, G. NEUBERT et L. PICHOT. Projets ERP : Incidence des spécificités des entreprises sur les Facteurs Clés de Succès. Actes du 7ème congrès de l'AIM, 30 mai-1 juin, Hammamet, Tunisie (2002).

¹ V. Botta-Genoulaz, L. Colas, P. Cosson, C. Lefevre, P.-A. Millet, F. Perraud, L. Redortier, C. Salomon, R. Vernet, M. Versini.

- [Saint Léger, 2005] G. SAINT-LEGER, Quel processus de changement peut permettre une mise en œuvre et une utilisation efficace et efficiente d'un système d'information de type ERP dans les moyennes structures de production de biens et de services ? Thèse de doctorat de sciences de gestion, Université Jean Moulin, Lyon III, Janvier 2005.
- [Sanders et Premus, 2002] N. SANDERS and R. PREMUS. IT applications in supply chain organizations: a link between competitive priorities and organizational benefits. *Journal of Business Logistics*, 2002, 23 (1).
- [Sarkis, 2003] J. SARKIS). Enterprise resource planning modeling and analysis. *European Journal of Operational Research*, 2003, 146, 229–232.
- [SCC, 2003] SUPPLY CHAIN COUNCIL, Supply Chain Operations Reference model V6, 2003, (<http://www.supply-chain.org/>).
- [Scheer, 1994] A.W. SCHEER. *Business Process Engineering: Reference Models for Industrial Enterprises*, Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- [Scheer, 2002] A.W. SCHEER. *ARIS : des processus de gestion au système intégré d'applications*, Springer Verlag, Berlin, 2002.
- [Schmenner, 1986] R.W. SCHMENNER. How can service businesses survive and prosper. *Sloan Management Review*, 1986, 21-32, in: Verma R. and S.T. Young (2000).
- [Schneider, 2000] I. SCHNEIDER. Information Please. *Bank Systems and Technology*, 2000, 37 (12) 46.
- [Scott et Shepherd, 2002] F. SCOTT and J. SHEPHERD. The steady stream of ERP investments, AMR Research Alert, august 26, 2002.
- [Siegler, 2000] O. SIEGLER, Réussir un projet de progiciel intégré de gestion, *Revue Option Finance* N°584, Février 2000.
- [Simatupang et al., 2002] T.M. SIMATUPANG, A.C. WRIGHT and R. SRIDHARAN. The knowledge of coordination for supply chain integration. *Business Process Management Journal*, 2002, 8 (3): 289-308.
- [Simatupang, 2002] T.M. SIMATUPANG. The collaborative supply chain. *International Journal of Logistics Management*, 2002, 13 (1): 15.
- [Simchi-Levi et al., 2000] D. SIMCHI-LEVI, P. KAMINSKY and E. SIMCHI-LEVI. *Designing and Managing the Supply Chain: concepts, strategies, and case studies*. Irwin McGraw-Hill, USA 2000.
- [Simon, 1969] H.A. SIMON. *The sciences of the artificial*. MIT Press, 1969.
- [Smith et al., 2002] D. SMITH, L. O'BRIEN and M. BARBACCI. A Roadmap for Enterprise Integration. 10th International Workshop on Software Technology and Engineering Practice, October 6-8, Montréal, Canada (2002).
- [Soh et al., 2000] C. SOH, S.S. KIEN and J. TAY-YAP. Cultural fits and misfits: Is ERP a Universal Solution? *Association for Computing Machinery, Communications of the ACM*, 2000, 43 (4): 47-51.
- [Soliman et Janz, 2004] K.S. SOLIMAN and B.D. JANZ. An exploratory study to identify the critical factors affecting the decision to establish internet-based interorganizational information systems. *Information & Management*, 2004, 41 (6): 697-706.
- [Somers et Nelson, 2004] T.M. SOMERS and K.G. NELSON. A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management*, 2004, 41, 257-278.
- [Souki, 2002] M. SOUKI. Planification de la supply chain : apport de modèles de planification avancée aux modèles classiques. DEA Génie des Systèmes Industriels, Ecole Centrale Lyon (2002).
- [Stadtler et Kilger, 2000] H. STADTLER and C. KILGER. *Supply Chain Management and Advanced Planning: concepts, models, software and case studies*, Editions Springer Verlag, 2000.
- [Stadtler, 2005] H. STADTLER. Supply Chain management and advanced planning – basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 2005, 163, 575-588.

- [Steinman, 2000] A. STEINMAN. L'installation d'un ERP réduit les bénéfices de Grainger de 45%. 2000 (<http://www.journalinformatique.com>).
- [Stephens, 2001] S. STEPHENS. Supply Chain Operations Reference Model Version 5.0: A new tool to improve Supply Chain efficiency and achieve best practice. *Information Systems Frontiers*, 2001, 3 (4): 471-476.
- [Symeonidis et al., 2003] A.L. SYMEONIDIS, D.D. KEHAGIAS and P.A. MITKAS. Intelligent policy recommendations on enterprise resource planning by the use of agent technology and data mining techniques. *Expert Systems with Applications*, 2003, 25 (4): 589-602.
- [Tan, 2001] K.C. TAN. A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2001, 7, 39-48.
- [Tempelmeier, 2001] H. TEMPELMEIER. Supply Chain Planning with Advanced Planning System. 2001 (<http://pom-consult.de/docs/TempelmeierTinos2001.pdf>)
- [Terzi et Cavaleri, 2004] S. TERZI and S. CAVALERI, Simulation in the supply chain context: a survey. *Computers in industry*, 2004, 53, 3-16.
- [Themistocleous et al., 2004] M. THEMISTOCLEOUS, Z. IRANI and P.E.D. LOVE. Evaluating the integration of supply chain information systems: A case study. *European Journal of Operational Research*, 2004, 159 (2): 393-405.
- [Theulière, 2005] M. THEULIERE. Les partenariats des groupes industriels. *Le 4 pages des statistiques industrielles*, SESSI, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, N°206, juillet 2005.
- [Thierry, 2003] C.THIERRY. Gestion des chaînes logistiques : modèles et mise en œuvre pour l'aide à la décision moyen terme. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches de l'université de Toulouse II le Mirail, 2003.
- [Thomas et Charpentier, 2003] A. THOMAS and P. CHARPENTIER. Reducing simulation models for scheduling manufacturing facilities. *European Journal of Operations Research*, 2003, 161, 111-125.
- [Thompson, 1967] J.D. THOMPSON. *Organization in action*. New York, Mc Graw-Hill book Co., 1967.
- [Tomas, 1999] J.-L. TOMAS. *ERP et progiciels intégrés, la mutation des systèmes d'information*. Paris, Dunod, 1999.
- [Tourir et al., 2003] A. TOUIR, H. MATHKOUR and A.T. BIZARK. A reusable e-business architecture based on pattern-oriented technology. International Conference on Computer Systems and Applications ACS/IEEE, July 14-18.Tunis, Tunisia (2003).
- [Truong et Azadivar,2003] T.H. TRUONG and F. AZADIVAR. Simulation based optimization for supply chain configuration design. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice, eds, 1268-1275 (2003).
- [Valla et al., 2003] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET. Analyse d'une chaîne logistique interne à l'aide d'un outil de modélisation orienté processus. Journées du Pôle STP du GdR MACS, 16-17 octobre, Bordeaux, 26 pages (2003).
- [Valla et al., 2004a] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ et A. GUINET. Diagnostic d'une chaîne logistique interne orientée processus : Application à un cas industriel. 5^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et Simulation (MOSIM'04), 1-3 Septembre, Nantes (France), Actes p. 737-744 (2004).
- [Valla et al., 2004b] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ and A. GUINET. Supply chain Business process oriented analysis. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE SMC'04), October 10-13, The Hague (The Netherlands), Proceedings p.4527-4534 (2004).
- [Valla et al., 2005] A. VALLA, V. BOTTA-GENOULAZ, A. GUINET and F. RIANE. Business Process Improvement using Simulation: An industrial application. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'05), May 16-19, Marrakech (Morocco), Proceedings p. 884-893 (2005).

- [Valla, 2003] A. VALLA. Analyse d'une chaîne logistique interne à l'aide d'un outil de modélisation orienté processus, DEA ISCE, INSA de Lyon (2003).
- [Van der Aalst, 2002] W.M.P. Van der AALST. Making Work Flow: On the Application of Petri Nets to Business Process Management. In: *Lecture Notes in Computer Science*, J. Esparza and C. Lakos Eds. Vol. 2360: 23rd International Conference on Applications and Theory of Petri Nets, June 24-30, Adelaide, Australia (2002).
- [Van der Vorst et al., 2000] J.G.A.J. Van der VORST, A.J.M. BEULENS and P. Van BEEK. Modelling and simulating multi-echelon food systems. *European Journal of Operational Research*, 2000, 122, 354-366.
- [Van Donk, 2001] D.P. Van DONK. Make to stock or make to order: the decoupling point in the food processing industries. *International Journal of Production Economics*, 2001, 69, 297-306.
- [Van Dorp, 2002] C. A. Van DORP. Extending ERP with recipe and material traceability. Eighth americas conference on information systems, R. Ramsower, J. Windsor and J.I. DeGross Eds, 9-11 Août 2002, Dallas USA, 934-944 (2002).
- [Van Wezel et Van Donk, 1996] W. Van WEZEL and D.P. Van DONK. Scheduling in food processing industries: preliminary findings of a task oriented approach. Second International Conference on Computer Integrated Manufacturing in the Process Industries, Eindhoven, the Netherlands, 545-557 (1996).
- [Verma et Young, 2000] R. VERMA and S.T. YOUNG. Configurations of low-contact services. *Journal of Operations Management*, 2000, 18, 643-661.
- [Verwijmeren, 2004] M. VERWIJMEREN. Software component architecture in supply chain management. *Computers in Industry*, 2004, 53 (2): 165-178.
- [Vidal, 2000] O.VI DAL. Collaborer pour se créer un avantage concurrentiel durable, Enquête du groupe Accenture, 2000 (<http://www.accenture.com/xdoc/fr/locations/france/pdf/pdcicoll.pdf>)
- [Vincent et al., 2004] L. VINCENT, G. NEUBERT, D. LLERENA et C. PELLEGRIN. Synthèse des approches SCM existantes (livrable 4.1). In : Annexe 5 du rapport de 1ère année du projet COPILOTES, 47-73 (2004).
- [Viruega et Vernet, 1999] J.L. VIRUEGA et M. VERNET. Le nouvel usage de la traçabilité dans le secteur français de la viande bovine. *Revue française de gestion industrielle*, 1999, 18 (4) : 81-97.
- [Watanabe et Hobo, 2004] C. WATANABE and M. HOBBO. Creating a Firm Self-propagating Function for Advanced Innovation-oriented Projects: Lessons from ERP. *Technovation*, 2004, 24 (6): 467-481.
- [Werner et Vetter, 2003] T. WERNER, C. VETTER. From Order to Production: A distinct View on integration of Plant floor and Business Systems. *IEEE Transactions*, 2003, 276, 277-281.
- [Williamson et al., 2004] E.A. WILLIAMSON, D.K. HARRISON and M. JORDAN. Information systems development within supply chain management. *International Journal of Information Management*, 2004, 24, 375-385.
- [Wu et al., 2002] J.H. WU, Y.M. WANG, M.C. CHANG-CHIEN, W.C. TAI. An examination of ERP user satisfaction in Taiwan. Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Science, Big Island, Hawaii (2002).
- [Wu et Wang, 2003] J.H. WU and Y.M. WANG. Enterprise Resource Planning Experience in Taiwan: An Empirical Study and Comparative Analysis. 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, January 6-9, Big Island, Hawaii (2003).
- [Yen et Sheu, 2004] H.R. YEN and C. SHEU. Aligning ERP implementation with competitive priorities of manufacturing firms: An exploratory study. *International Journal of Production Economics*, 2004, 92 (3): 207-220.
- [Yusuf et al., 2004] Y. YUSUF, A. GUNASEKARAN and M.S. ABTHORPE. Enterprise information systems project implementation: A case study of ERP in Rolls-Royce. *International Journal of Production Economics*, 2004, 87 (3): 251-266.

- [Zhang et al., 2003] L. ZHANG, M.K.O. LEE, Z. ZHANG and P. BANERJEE. Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Systems Implementation Success in China. 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, January 6-9, Big Island, Hawaii (2003).
- [Zoryk-Schalla et al., 2004] A.J. ZORYK-SCHALLA, J.C. FRANSOO and T.G. De KOK. Modeling the planning process in advanced planning systems. *Information & Management*, 2004, 42 (1): 75-87.

Conclusion Générale

Ce mémoire présente une synthèse de mes activités en enseignement, en recherche et en administration, accomplies ces douze dernières années.

Après une première expérience en 1988, mes travaux de recherche ont débuté en 1993 et ont été réalisés au laboratoire de **P**roductique et **I**nformatique des **S**ystèmes **M**anufacturiers (PRISMa), d'abord en tant que doctorante à l'Université Claude Bernard LYON 1, puis en tant qu'ATER et depuis 1997 en tant que Maître de Conférences au département Génie Industriel de l'INSA de Lyon.

Ce document de synthèse concerne principalement ma contribution en recherches sur la problématique d'aide à la décision et pilotage des systèmes de production, et en particulier dans les domaines de la conduite et de l'évaluation de projets d'intégration, de l'analyse des systèmes de production étendus aux chaînes logistiques et de l'optimisation de leur pilotage, et de l'impact de l'intégration sur le pilotage des chaînes logistiques. Cette contribution est positionnée vis-à-vis de l'état d'avancement des travaux dans ces domaines, et des perspectives de recherche sont proposées.

Les résultats de ces travaux ont été diffusés à travers des publications dans différentes revues scientifiques internationales (8), des actes de congrès internationaux (18) ou francophones (10), des ouvrages collectifs (2) ou présentés à l'occasion d'autres congrès ou séminaires (27).

Ce mémoire témoigne de ma participation active à la vie et à l'animation de la recherche de la communauté scientifique en sciences et techniques de la production, notamment dans le cadre du groupe ERP et du GdR MACS, qui comprends essentiellement des enseignants chercheurs des sections CNU 27, 60 et 61. J'ai participé à la définition et à la mise en place d'un nouvel axe de recherche au laboratoire sur la problématique d'intégration.

J'ai développé mes activités de recherche et d'encadrement de la recherche en collaboration avec le monde socio-économique dans une optique de recherche finalisée.

Mon implication dans l'organisation et l'administration de la recherche et de l'enseignement est traduite par ma participation dans des instances comme la commission de spécialistes 61^{ème} section CNU de l'INSA de Lyon, l'équipe de Direction du pôle AIP-Priméca Rhône-Alpes Ouest., le Comité de Direction du GdR MACS, et le programme « University Alliance » de SAP AG.

Lecteur pour des revues internationales, membre de comités d'édition et de comités scientifiques de congrès internationaux, je co-organise en mai 2006 la première conférence internationale ILS *Information systems, Logistics and Supply chain* qui se veut devenir un lieu de rencontres et d'échanges entre industriels et académiques dans le domaine de la recherche sur les systèmes d'information et la gestion des chaînes logistiques.

De plus, j'ai développé une synergie entre mes activités de recherche et d'enseignement notamment dans le domaine de la conduite des projets d'intégration et des systèmes intégrés de gestion, en développant un partenariat avec un des principaux éditeurs du domaine.

