



HAL
open science

Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP

Pierre-Alain Millet

► **To cite this version:**

Pierre-Alain Millet. Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP. Autre [cs.OH]. INSA de Lyon, 2008. Français. NNT : . tel-00343560

HAL Id: tel-00343560

<https://theses.hal.science/tel-00343560>

Submitted on 2 Dec 2008

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

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

N° d'ordre 2008-ISAL-0071

Année 2008

Thèse

Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle

Application aux systèmes d'informations de type ERP

Présentée devant
L'institut national des sciences appliquées de Lyon

Pour obtenir
Le grade de docteur

École doctorale
École doctorale Informatique et Information pour la Société

Par
Pierre-Alain Millet
(Consultant, Professeur Associé)

Soutenue le 14 octobre 2008 devant la Commission d'examen

Jury MM.

Khalid Benali	Maître de conférence HDR, Nancy Université	Rapporteur
Valérie Botta-Genoulaz	Professeur, INSA de Lyon	Directeur
Jacques Erschler	Professeur, Université de Toulouse	Président
Alain Guinet	Professeur, INSA de Lyon	Examineur
Hervé Pingaud	Professeur, Univ. de Toulouse, Mines d'Albi	Rapporteur
Michel Schneider	Professeur, ISIMA Clermont	Examineur
Kurt Weiss	Professeur, Resp. relations académiques SAP	Examineur

Laboratoire de recherche : LIESP, Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production

Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP

Résumé

Les systèmes d'information (S.I.) d'entreprise se construisent à partir de progiciels configurés, intégrés et déployés dans des organisations en mouvement. Les enjeux d'efficacité des projets, d'efficience des usages, de performances opérationnelles, d'alignement aux stratégies d'entreprise sont connus. Ils fondent la problématique de l'intégration organisationnelle et informationnelle, avec la généricité nécessaire à la diffusion des bonnes pratiques et normes, dans une démarche continue mêlant analyse de l'existant, conception et mise en œuvre par l'organisation. Un cadre d'ingénierie dirigée par les modèles se diffuse progressivement à partir des travaux en modélisation d'entreprise et en système d'information. Ce mémoire propose une approche centrée sur l'intégration organisationnelle et informationnelle afin d'enrichir ce cadre dans les phases de conception, d'intégration et d'usage pour prendre en compte les interdépendances entre les éléments d'un système et entre les points de vue différents sur ce système. Ce cadre étendu repose sur un méta-modèle de l'intégration et une démarche d'alignement entre les points de vue. Il s'appuie sur la théorie des graphes pour définir une « distance » et un « voisinage » permettant de représenter les différentes formes d'intégration qui conditionnent, permettent ou limitent les résultats des projets. L'analyse de différents cas issus de référentiels métiers permet de valider la pertinence du cadre proposé pour enrichir les représentations de ces modèles.

Mots-Clés : Modélisation, Système d'information, Intégration, ERP, graphe, partitionnement...

An analysis of organizational and informational integration. Application to ERP Based Information Systems

Abstract

Enterprise Information Systems are built with commercial software packages, configured, integrated and implemented in moving organizations. Mains issues are known regarding project's success, use efficiency, operational performances, and strategic alignment. They based the problematic of organisational and informational integration with the genericity required for the dissemination of best practices and norms. This suppose a continuous approach including as-is analysis, system design and implementation through the organization. A framework of model-driven engineering emerges from works on enterprise modeling and information system. This dissertation proposes an approach focused on organizational and informational integration to enhance this framework in design, implementation and use phases. This approach highlights dependencies between system elements and between the different model views of this system. This extended framework is based on a meta-model of integration and on an alignment approach between model views. It uses graph theory to define a « distance » and a « neighbourhood » and represents different kinds of integration which condition, allow or limit project results. The analysis of different cases resulting from business reference models, allows validating the relevance of the proposed framework to enhance model representations.

Keywords : Modeling, Information System, Integration, ERP, graph, clustering...

Merci,

à Micheline et Jacques, syntaxe et syntacte mêlées qui m'ont donné la vie... et un certain sens de la dialectique,

à Maryvonne et Joel qui m'ont permis de découvrir l'INSA et la recherche,

à Guy et Yannick dont les soutenances ont relancé utilement ma motivation,

à France-Anne et Lorraine qui m'ont fait la cadeau inespéré d'un lieu de travail plein de musique, de jeunesse et de fraternité,

à Alain, Jean, Pierre, Louis qui m'ont conseillé, aidé ou inspiré,

aux membres du LIESP et du département informatique de l'INSA qui m'ont accueilli dans un incroyable espace de liberté,

à mes collègues du privé qui ont fait ce collectif de travail solidaire où ont germées les interrogations de cette thèse,

aux nombreux contacts de la communauté scientifique du GDR MACS qui ont écouté, questionné, commenté, conforté et souvent orienté les présentations de mon travail,

à Valérie qui a dirigé, accompagné, soutenu, contrôlé mon travail de recherche... des premiers articles à l'effort exigeant de rédaction pour lequel son soutien a été déterminant,

à Marie-Christine qui a supporté dans tous les sens du terme ce long défi qui n'avait pourtant d'autre justification que mon ego,

à mes filles qui restent et de très loin le plus important et le plus réussi de ma vie...

Ce document a été réalisé avec OpenOffice 2.4
La base bibliographique a été gérée dans le document grâce à Zotero 1.0
Les calculs ont été réalisés avec Scilab 4.1

Nous avons tellement été habitués à penser que la démarche des « sciences dures », avec son recours à la quantification, l'expérimentation et la réplication, est fondamentalement supérieure, et la seule qui soit véritablement orthodoxe, que toutes les autres démarches ne peuvent paraître que bien faibles en comparaison. Mais les sciences de type historique procèdent en reconstituant des séries d'évènements contingents, en expliquant rétrospectivement ce qui n'aurait pu être prédit. Que les preuves soient suffisantes, et l'explication peut devenir aussi rigoureuse et sûre que n'importe quelle autre dans le domaine de la science expérimentale

Stephen Jay Gould, *Comme les huit doigts de la main* (Editions du Seuil, Paris, 1993, p83)

*Qu'est donc dans le tout ce quelque-chose à expliciter qui n'est pas la simple addition de ses parties et qui pourtant ne saurait leur être étranger sans ressortir au **deus ex machina** ? Ce quelque chose, c'est son **organisation** en tant que tout, **la connexion d'ensemble** de ses éléments et sa **logique**, laquelle, dans la situation d'émergence, est justement l'effet inédit de la nouvelle mesure surgie au « point spécifiant ». Étayée pas sa double négation, telle est donc en fin de compte l'affirmation dialectique à quoi nous conduit Hegel : le nouveau quelque-chose ne s'explique pas plus **par ses éléments** que **sans eux**; il s'explique par **leurs rapports**, base explicative de sa qualité, qui mutent à des seuils de quantité.*

Lucien Sève, *Emergence, complexité et dialectique. Sur la dynamique des systèmes non linéaires* (Edition Odile Jacob, 2005, p151)

Table des matières générale

Partie 1	
Introduction.....	9
Chapitre 1.1	
Pertinence économique et académique.....	13
1.1.1 Le sigle et la chose.....	14
1.1.2 Réussites, échecs et tendances historiques.....	15
1.1.3 Efforts et résultats économiques pour l'entreprise.....	17
1.1.4 Enjeux organisationnels et culture d'entreprise	20
1.1.5 Positionnement académique.....	22
Partie 2	
Etat de l'art industriel et académique.....	29
Chapitre 2.1	
Caractéristiques et définitions de l'ERP.....	33
2.1.1 Des origines aux définitions.....	34
2.1.2 Méthodologies et spécificités des projets ERP.....	46
2.1.3 Enjeux de la standardisation.....	55
Chapitre 2.2	
Modélisation d'entreprise.....	65
2.2.1 Evolution des méthodes de modélisation	66
2.2.2 Vers le cadre 19439 et le méta-modèle 19440	70
2.2.3 Modélisation et système d'information.....	75
2.2.4 Modélisation et modèles de référence.....	86
Chapitre 2.3	
Systèmes d'information et usages.....	97
2.3.1 De l'informatique au système d'information.....	98
2.3.2 Ingénierie des Systèmes d'Information.....	102
2.3.3 Maturité des usages d'un S.I.	110
Chapitre 2.4	
Intégration organisationnelle et informationnelle.....	117
2.4.1 Intégration et organisation.....	118
2.4.2 Intégration et standardisation.....	129

Partie 3	
Démarche d'ingénierie orientée intégration.....	135
Chapitre 3.1	
Cadre et méta-modèle de l'intégration.....	139
3.1.1 Cadre de modélisation de l'intégration.....	140
3.1.2 Méta-modèle de l'intégration.....	145
3.1.3 Référentiels métiers pour les modèles d'entreprise.....	159
Chapitre 3.2	
Graphe d'intégration du modèle d'entreprise.....	181
3.2.1 Graphe des dépendances.....	182
3.2.2 Sous-graphes d'intégration.....	189
3.2.3 Définition de mesures de l'intégration.....	197
3.2.4 Partitionnement d'un graphe d'intégration.....	201
3.2.5 Couplage et voisinage d'intégration.....	203
3.2.6 Complexité des algorithmes.....	207
3.2.7 Dépendances et maturité des usages des S.I.....	208
Chapitre 3.3	
Ingénierie d'entreprise orientée intégration	213
3.3.1 Démarche d'alignement.....	215
3.3.2 Démarche d'ingénierie	217
3.3.3 Démarche d'alignement et graphe d'intégration.....	223
Chapitre 3.4	
Illustration sur des cas académiques et réels.....	233
3.4.1 Illustration sur un cas académique.....	234
3.4.2 Illustration sur le cas BAAN.....	245
3.4.3 Illustration sur le cas SCOR.....	252
Partie 4	
Conclusions et Perspectives.....	257
Chapitre 4.1	
Conclusions et perspectives académiques.....	259
4.1.1 Conclusion au détour du terrain.....	260
4.1.2 Perspectives pour le cadre de modélisation.....	265
4.1.3 Perspectives pour le graphe d'intégration.....	267
Chapitre 4.2	
Perspectives d'applications industrielles.....	271

4.2.1 Navigation non hiérarchique dans un ERP	272
4.2.2 Re-conception architecture applicative ERP	273
4.2.3 Vers un configurateur de projet ERP.....	274

Partie 5

Annexes	279
Annexe 1 Liste des fonctions de l'ERP BAAN.....	280
Annexe 2 Liste de construits de modélisation.....	281
Annexe 3 Liste des blocs de construction SAP A1.....	282
Annexe 4 Définition des briques applicatives.....	283
Annexe 5 Algorithmes utilisés.....	287
Annexe 6 Bibliographie.....	291
Annexe 7 Listes des figures	305
Annexe 8 Listes des Tableaux.....	307

Partie 1

Introduction

Dans cette première partie, nous introduisons notre problématique à partir des enjeux émergents des projets d'intégration de système d'information à base de progiciel et nous précisons le plan général de ce document. Nous présentons ensuite les enjeux économiques et industriels de ces projets à partir des échecs et des gains potentiels, en identifiant notamment la dimension organisationnelle des difficultés qui fondent la nécessité de nos travaux. Nous illustrons enfin le positionnement académique de la recherche d'une définition claire des conditions de réussite des projets de système d'information et d'efficience des usages de ces systèmes.

Chapitre 1.1	
Pertinence économique et académique.....	13
1.1.1 Le sigle et la chose.....	14
1.1.2 Réussites, échecs et tendances historiques.....	15
1.1.3 Efforts et résultats économiques pour l'entreprise.....	17
1.1.4 Enjeux organisationnels et culture d'entreprise	20
1.1.5 Positionnement académique.....	22

Les systèmes d'informations (S.I.) des organisations privées ou publiques sont désormais le plus souvent construits à partir d'applications standard du marché qui doivent être configurées, paramétrées et intégrées dans un environnement spécifique à chaque entreprise. Ils deviennent des « Systèmes d'informations intégrés » dans le double sens d'un plus fort couplage entre leurs composants applicatifs et d'une plus forte interdépendance entre les outils informatiques et les pratiques collaboratives que développent les organisations avec le support de ces outils.

Dans le cycle de vie de ces systèmes d'information, l'intégration est devenue un facteur critique de la configuration, de la mise en œuvre et de l'usage. Cette intégration informationnelle accompagne et permet en effet l'intégration des processus opérationnels dans un contexte d'accélération des flux physiques, informationnels et financiers et de réduction des temps de cycles de conception, de production et de distribution.

Concrétisant les idées générales de l'intégration des systèmes de production étudiée dans le « Computed Integrated Manufacturing » (CIM) des années 80 qui ont connu des applications nombreuses sur l'organisation de la production et commencé à peser sur les systèmes de gestion, les S.I. sont de plus des « systèmes socio-techniques » dans lesquels le facteur humain joue un rôle prépondérant qui ne peut se réduire à un mécanisme. Les compétences mises en

œuvre, les modes de management, les conflits d'intérêts, les réorganisations économiques conditionnent et parfois transforment les usages des S.I. qui sont ainsi des systèmes évolutifs et complexes. Comprendre et maîtriser l'intégration des S.I. est un élément essentiel de la maîtrise de leurs usages, de leur amélioration continue au service de leur contribution à la performance.

Cette intégration peut s'analyser de l'intérieur des S.I par la compréhension des contraintes d'intégrité, d'interopérabilité, de synchronisation qui traduisent dans les objets techniques des S.I leur interdépendance fonctionnelle. Elle nécessite aussi d'étudier les S.I. comme outils supports des processus d'entreprises, donc d'articuler objets techniques et processus métiers dans un modèle permettant d'évaluer la contribution des composants aux performances des processus ou d'évaluer les conséquences de la ré-ingénierie de processus sur les S.I. L'articulation entre cette vue interne ou technique et une vue externe ou d'usage des S.I permet de proposer une modélisation de la complexité organisationnelle, fonctionnelle et informationnelle qui soit à la fois un outil d'évaluation et un outil opérationnel de pilotage.

La place des applications appelées « Enterprise Resource Planning » (ERP) est significative de cette tendance lourde à la construction de S.I à partir d'applications standards. Leur étude comme application informatique, en tant que projet de mise en œuvre et en tant que système d'information en exploitation est donc représentative des problématiques actuelles de contribution des technologies de l'information à la performance du pilotage des organisations. Nous proposerons au chapitre 2.1 un historique des définitions de ce trigramme en nous limitant dans un premier temps à l'acception courante de progiciel standard de gestion intégrée d'entreprise diffusé sur le marché et qui conduit à la traduction de « Progiciel de Gestion Intégré » (P.G.I.).

Cette première partie présente le contexte du travail réalisé et souligne les enjeux industriels et financiers que représentent la tendance longue vers plus d'intégration et de standardisation des systèmes d'information, la nécessité de coordonner les points de vue des sciences de gestion, de l'information et de l'ingénieur. Elle définira ainsi la pertinence économique et académique de l'objet d'étude « ERP » pour mieux caractériser la problématique d'intégration, dans une démarche de retour d'expérience.

La deuxième partie présentera un état de l'art des recherches académiques sur les ERP et leurs conséquences sur les systèmes d'information et proposera une histoire des définitions de l'ERP afin d'en dégager les tendances de fond que recouvrent la profusion des sigles et des offres. Elle éclaircira notamment l'enjeu de la modélisation d'entreprise comme cadre de conception, d'intégration et de pilotage des S.I. et élargira leur approche en prenant en compte leur usage dans ses

dimensions humaines et organisationnelles, avant de caractériser le concept d'intégration comme un ensemble de dépendances. Cette partie contient des contributions réalisées dans une activité de recherche préparant cette thèse dans les années 2000-2005 notamment sur la caractérisation de l'intégration sous-jacente aux ERP, les méthodologies spécifiques des projets, les conditions d'efficacité des usages des systèmes d'information à base d'ERP.

La troisième partie étudie l'intégration organisationnelle et informationnelle en utilisant les concepts et outils de la modélisation, des systèmes d'information et de l'intégration présentés précédemment. Elle propose un cadre et une démarche d'ingénierie autour d'un modèle de cohérence organisationnelle et informationnelle reposant sur un « graphe d'intégration ». Ce graphe d'intégration enrichit la modélisation et repose sur l'étude des objets, modèles et référentiels existants. En permettant une « mesure » de l'intégration, il permet d'outiller la prise en compte des modes d'intégration dans la modélisation, de construire des représentations utilisables des dépendances organisationnelle et informationnelle. Il permet ainsi de proposer une ingénierie d'entreprise orientée par l'analyse de l'intégration mettant l'accent sur la maîtrise de l'alignement des composantes du modèle d'entreprise et notamment des systèmes d'information aux stratégies d'entreprise. Le cadre et la démarche proposée sont illustrées sur un cas académique et des cas réels issus de l'expérience.

La quatrième partie présente les perspectives industrielles et académiques ouvertes par le cadre proposé, esquisse des applications support de cette prise en compte de l'intégration dans l'ingénierie des S.I. et propose en conclusion d'ouvrir un champ de recherche sur une ingénierie dirigée par les modèles orientée pour et par l'intégration.

Chapitre 1.1

Pertinence économique et académique

Dans ce chapitre, nous présentons le sigle répandu symbole de notre problématique, « ERP », et l'histoire des enjeux perçus des projets de systèmes d'information construits à partir de ce type de progiciel standard. Nous éclairons la pertinence d'un travail de connaissance sur cette présence désormais incontournable de « briques » standard dans l'ingénierie d'entreprises, à partir du constat des échecs initiaux et des enjeux économiques constatés par les acteurs. Nous insistons sur leur forte dimension organisationnelle qui fonde la pluridisciplinarité de notre objet de recherche.

La réalité d'un marché généralisé et ses différentes formes de communication dans les entreprises utilisatrices ou prestataires ne représentent pas nécessairement un enjeu de recherche ou d'innovation. Mais les enjeux économiques confirment la nécessité d'un effort de recherche aidant à mieux caractériser les facteurs de succès et d'échec pour proposer des approches et méthodes facilitant leur maîtrise. Cet effort de recherche se développe dans les années 1990/2000 et constitue le contexte de cette thèse.

1.1.1 Le sigle et la chose

Le terme ERP est proposé en 1990 comme une extension du sigle MRP par un organisme de conseil des états-unis, le Gartner Group (Wylie 1990). Comme tous les sigles qui apparaissent régulièrement sur le marché informatique, il est d'abord une dénomination marketing, mais peut révéler une évolution historique réelle. C'est le cas puisque après sa diffusion rapide au cours des années 90 et sa mise en cause autour de l'année 2001, il est resté un terme communément utilisé, parfois de manière extensive pour désigner toute application de gestion proposée sur le marché, de celles destinées à de très petites entreprises et assurant les fonctions de base de gestion comptable et commerciale, jusqu'à de grandes applications dont l'étendue fonctionnelle s'enrichit à chaque version pour couvrir les besoins évolutifs de très grandes multinationales, de l'aide à la décision ou la planification stratégique à l'exploitation, de la maintenance de sites industriels, la gestion internationale des ressources humaines à la gestion prévisionnelle des flux de devises.

Le sigle est loin de résumer les réalités des entreprises utilisatrices. Le plus souvent, elles n'intègrent pas réellement les fonctions de **planification**, ne gèrent pas non plus précisément les **ressources** au delà du contrôle de gestion. Mais le troisième terme portant sur l'**entreprise** traduit la vraie ambition de l'ERP; la capacité d'intégrer toutes les fonctions de l'entreprise autour d'un seul système servant les besoins des différents départements (Koch et al., 2000). Cette intégration est mise en valeur par la traduction française de Progiiciel de Gestion Intégré (P.G.I.) qui oublie malheureusement le terme entreprise. Mais quelque soit le sigle, les définitions retenues et les différences importantes constatées selon les projets et les usages, le terme ERP reste pertinent pour identifier une tendance de fond et de longue durée à l'évolution des systèmes d'information d'organisations vers une intégration toujours plus forte.

D'autant que les ERP mis en œuvre d'abord dans de grandes entreprises se sont progressivement généralisés jusqu'aux petites et moyennes entreprises. Une enquête de 2002 en France évalue à 54% les entreprises de plus de 100 personnes étant en exploitation ou en cours de mise en œuvre auxquels s'ajoutent 13% d'entreprises étudiant un tel projet (Canonne et Damret 2002). Le phénomène n'a pas été stoppé par la crise internet des années 2000-2001. La durée des projets étant le plus souvent supérieure à 1 an (64% entre 1 et 4 ans) tout comme la durée de vie

de l'ERP installé estimée selon la même étude à 81% de plus de 5 ans et même pour 31% de plus de 10 ans, conduit à constater que ce phénomène est durable et représente une réelle transformation des systèmes d'information. Ces chiffres confortent les études réalisées aux USA (Mabert et al., 2000) qui montrent que plus de 75% des entreprises industrielles de toute taille ont installé un ERP ou sont en cours de projet, comme celles réalisées dans de nombreux pays (Kumar et al., 2002) au Canada, (Olhager et Selldin 2003) en Suède ou (Zhe Zhang et al. 2005) en Chine.

Le niveau de pénétration des ERP sur un marché semble être aussi dépendant des caractéristiques nationales et culturelles comme le montre le nombre d'éditeurs en Europe du Nord et le taux élevé d'installations en entreprise y compris de taille moyenne (75% en 2003 dans les entreprises industrielles de taille moyenne en Suède). Ce développement se diffuse dans tous les secteurs, y compris loin de l'industrie discrète, dans la construction (Bergstrom et Stehn 2005), ou le secteur public au Canada (Kumar et al., 2002). L'ERP est bien une réalité de l'entreprise.

1.1.2 Réussites, échecs et tendances historiques

La littérature académique et économique relate de nombreux échecs de projets de type ERP, décrit les difficultés de ces systèmes à répondre aux attentes des entreprises, et propose souvent des alternatives possibles aux acteurs dominants de ce marché.

Dans un premier temps, des applications connexes à l'ERP ont joué un rôle grandissant et semblait mettre en cause l'intégration sur une seule plateforme. Le CRM à la fin des années 90, puis le SCM aux débuts des années 2000 ont joué ce rôle « alternatif » à l'ERP dans la construction des architectures applicatives. Autour des années 2000, dans le contexte de la crise de la « nouvelle économie » liée au développement d'Internet, des professionnels ont même parlé de fin d'un mythe, ou de « mort de l'ERP » (Bond et al., 2000). Mais les années suivantes ont montré la permanence et la généralisation du phénomène ERP notamment dans les entreprises de taille moyenne, et dans le déploiement en interne dans les multinationales.

De fait, les principaux éditeurs d'ERP ont progressivement pris en compte ces solutions (souvent par rachat externe) pour les intégrer dans leur plateforme principale. Cela a conduit certains à parler d'ERP II, évolution du sigle proposée encore par le Gartner Group qui n'aura pas le succès du sigle initial bien que repris par d'autres auteurs pour illustrer l'extension de l'intégration des fonctions de l'entreprise sur les nouvelles versions des ERP (Paulus 2002), (Weston Jr. 2003), (Møller 2005), (Beatty et Williams 2006).

De plus, si les enquêtes menées dans les années 1990 faisaient ressortir que seuls moins de 20% 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. Le marché de l'ERP est désormais un marché plus mature, les compétences disponibles dans les entreprises utilisatrices, comme chez les éditeurs et les prestataires sont expérimentées et les processus de décision autant commerciaux que techniques sont mieux connus et maîtrisés.

Enfin, le nombre d'éditeurs d'applications de gestion couvrant tous les domaines applicatifs continue à se réduire par concentration économique des acteurs¹. Les solutions applicatives s'intègrent ainsi progressivement sur quelques plateformes technologiques communes, des bases de données centralisées, des processus métiers transverses tournés vers l'intégration.

Si la réalité des systèmes d'information d'entreprise reste marquée par la diversité des applications cohabitant, c'est d'abord le fait de l'histoire de ces systèmes dans les fusions, cessions, restructurations de ces entreprises. L'objectif le plus souvent affiché de standardisation et de centralisation se réalise dans des projets pragmatiques qui conduisent souvent à conserver une certaine hétérogénéité quand le coût de l'intégration n'est pas justifié dans un contexte économique donné.

Le constat de cette diversité des applications existantes dans une entreprise a conduit à proposer la standardisation de l'interopérabilité entre applications comme une alternative à la standardisation et la concentration des applications sur quelques leaders. Une telle approche permet à des « équipementiers » du logiciel de proposer des applications ciblées sur un domaine ou une fonction particulière dans des conditions assurant la facilité de leur intégration à de « grands » systèmes de type ERP.

Pourtant les tendances du marché jusqu'en 2006 n'ont pas réellement confirmé ces attentes. Si le sigle « EAI » (Enterprise Application Integration)² a progressivement laissé la place au « SOA » (Service Oriented Architecture)³, les innovations technologiques proposées sont en fait intégrées par les grands éditeurs d'ERP. Et si les principaux acteurs annoncent des stratégies d'ouverture aux produits partenaires, c'est toujours dans le cadre de leur plateforme technologique. Les produits partenaires doivent alors être compatibles avec les structures des objets métiers, les protocoles d'échange, la gestion des données de base des ERP avec lesquels ils veulent interagir.

¹voir le site www.erpgraveyard.com qui liste la succession des rachats)

²http://fr.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Application_Integration

³http://fr.wikipedia.org/wiki/Service_Oriented_Architecture

Ces innovations confortent ainsi la prédominance économique de solutions standardisées même si la présentation commerciale cherche à couvrir la diversité des besoins. On voit ainsi se multiplier les versions « pré paramétrées » adaptées à un marché ou un pays particulier, reproduisant ainsi les mécanismes de « différenciation retardée » de l'industrie automobile, puisque ces versions pré paramétrées sont de fait des solutions standard adaptées par un travail de « packaging » à des secteurs d'activité précis. Certains évoquent des architectures à base de progiciels « commercial off the shelf (COTS) » (Abts et Boehm 1997) (Albert et Brownsword 2002) et proposent de nouvelles démarches de projets associées.

1.1.3 Efforts et résultats économiques pour l'entreprise

Les enjeux économiques sont classiquement ceux des dépenses informatiques et du célèbre paradoxe de Solow

« You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics. »⁴.

Mais les enjeux des projets ERP sont surtout mesurables à l'importance des risques d'échecs et de leurs conséquences pour l'entreprise. Un des échecs les plus connus est celui de la Fox Meyer Drug, géant de la distribution pharmaceutique conduit à la faillite après un projet ERP et revenue pour une part infime de sa valeur précédente (Boston Group 2000). En 1997, aux dires de ses dirigeants, après 2 ans ½ d'efforts et plus de 100 millions de dollars d'investissements, l'entreprise ne traitait plus que 2,4 % des commandes quotidiennes gérées avec l'ancien système, et ce, avec de nombreuses erreurs. D'autres cas sont connus comme l'abandon d'un projet jugé trop rigide pour la croissance rapide de DELL après 10 millions de \$ de dépenses (Trunick 1999). Ce constat n'est pas limité aux projets ERP proprement dit mais est général aux projets S.I. dont 2/3 sont abandonnés (Kim 2004). Plus globalement, les titres d'articles de la presse économique sont significatifs de la prise de conscience des risques (Buckhout et al., 1999), « *Au secours, l'ERP arrive dans mon entreprise!* » (Chardavoine 2002). De nombreux autres témoignages illustrent cette réalité des risques économiques, comme le cas de la société GRAINGER qui voit ses bénéfices réduits de 45% selon elle, suite à l'installation d'un ERP (Stedman 2000). Une étude plus générale évoque la controverse sur la réalité des retours sur investissements (Donovan 2000).

⁴(Robert Solow, New York Review of Books, 12 juillet 1987)

Les enjeux se mesurent aussi aux coûts de possession de ces systèmes étudiés par le META Group qui publie une étude sur le coût total de possession (Total Cost of Ownership : TCO) des ERP, incluant le matériel, les logiciels, les prestations de services et les coûts des acteurs internes, pour le projet d'installation et les deux premières années de fonctionnement avec les coûts réels de maintenance, amélioration et évolution du système. Les résultats font apparaître pour un panel représentatif de la diversité des entreprises en terme d'activité et de taille, un TCO de 15 Millions de \$, le minimum étant de 400 000\$ et le maximum de 300 millions de \$. Cette étude permet de constater que le coût de possession de l'ERP est élevé quelque soit le type de l'entreprise concerné (Koch et al., 2000). De fait, les gains économiques ne sont pas toujours au rendez-vous, notamment concernant les coûts de structure, et pire, les difficultés du projet peuvent conduire à une augmentation des coûts comme le montre une étude du cabinet AMR Research :

« Studies show that while inventory may be reduced, planned headcount reductions are often unachieved. After years of lean manufacturing operation, many companies find little opportunity to further reduce cost under traditional ROI metrics,[...] Worse yet, experienced managers know that ERP implementations done badly can create more transactions and increase costs.» (Caruso 1999)

Cela conduit certains à prendre en compte des éléments qualitatifs dans les calculs de retour sur investissements (Murphy et Simon 2002) en considérant que des résultats immatériels peuvent influencer à terme sur les prix, les coûts et le volume des ventes. Dans cette perspective, certains considèrent l'ERP comme une immobilisation incorporelle qui peut apparaître en tant qu'élément d'actif dans un bilan. C'est ce que souhaitent 80% des analystes financiers de la Société Française des Analystes Financiers qui constatent que le capital immatériel prend une part toujours plus importante dans la vie économique, plus de 80% de l'investissement en système d'information des entreprises, plus de 4,5% du PIB des USA en technologie de l'information et processus organisationnels associés (CIGREF 2006).

Sans nier la réalité des échecs et des actions correctrices significatives nécessaires, certains considèrent que ces difficultés viennent d'abord de projets mal définis et mal planifiés, sans objectifs réalistes d'amélioration des processus.

« Positive ROI comes from changing the way business was performed in the past to more streamlined, faster and lower cost processes that better serve the needs of customer » (Donovan 2000).

Ces résultats potentiels positifs sont confirmés par les résultats de l'usage à moyen terme établis par les analystes financiers. Une étude longitudinale sur les performances financières comparées de 60 entreprises américaines ayant mis en

œuvre un ERP (adopters) comparées à des entreprises similaires ne l'ayant pas fait démontre un avantage clair à moyen terme :

« Results indicate that return on assets (ROA), return on investment (ROI), and asset turnover (ATO) were significantly better over a 3-year period for adopters, as compared to non adopters » (Hunton et al., 2003).

Cette étude confirme des résultats antérieurs qui, tout en soulignant l'absence de résultats mesurables financièrement à court terme, montraient à partir de 3 ans de mise en exploitation un impact significatif sur le prix de revient des marchandises vendues, ainsi que sur la productivité totale exprimée en effectifs comparés aux revenus (Poston et Grabski 2001). De nombreux témoignages montrent qu'une fois passée la première année difficile de fonctionnement, des améliorations sont obtenues par une meilleure intégration de l'ERP dans l'organisation (Lombard 2002).

La problématique du projet ERP ne concerne pas que la phase initiale de découverte par l'entreprise et de mise en œuvre dans un périmètre souvent plus réduit que prévu. La situation plus ou moins avancée résultante du projet initial est une étape dans un cycle de vie complet des S.I. dans lesquels les phases de changement de version, d'évolution de périmètre peuvent impliquer des décisions d'investissements aussi importantes que le projet initial. Un exemple illustratif est donné par (Shepherd et Boulanger 2000) à partir d'une étude sur un panel d'entreprise ayant mis en œuvre SAP R/3 et dont la plupart n'ont pas réalisé le projet dans le périmètre prévu, laissant pour des phases ultérieures de nombreuses entités ou filiales. Ces entreprises sont alors confrontées à des décisions stratégiques liées à la poursuite ou non de la transformation de leur S.I. autour de l'ERP choisi : mise en œuvre d'une nouvelle version majeure de l'éditeur (de SAP à mySAP), poursuite du déploiement dans l'organisation, réorientation des ressources sur des domaines liés à la relation client ou la chaîne logistique. Ces questions sont bien sûr fortement dépendante de l'appréciation sur la capacité de l'éditeur à fournir les technologies et les applications nécessaires à un marché mondial.

L'enjeu économique des projets ERP n'est donc pas limité à une période historique qui serait terminée et correspondait à la diffusion d'une innovation technologique, mais bien à une transformation du rôle des S.I. qui oblige à s'interroger sur leur contribution à la performance de l'entreprise.

1.1.4 Enjeux organisationnels et culture d'entreprise

La dimension organisationnelle des projets ERP est soulignée bien entendu par les sociologues du travail comme l'Association Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT) qui, étudiant les conséquences des projets ERP souligne que

« L'usage et la mise en place de cet outil demandent du temps et de l'investissement. (...) seule une véritable réflexion sur l'organisation peut permettre à ce système de révéler ses capacités. (...) Les effets attendus des applications informatiques sont de grande ampleur quand on fait évoluer en même temps l'organisation, les hommes et les systèmes d'information » (ANACT 2004).

L'étude conduite pour l'ANACT révèle les conséquences fortes sur l'organisation et les acteurs humains d'une mise en œuvre d'un ERP :

- ◆ changement du travail, voire du métier dans certaines fonctions,
- ◆ structuration de fonctions qui n'existaient pas auparavant comme telle,
- ◆ perception nette des conséquences d'une saisie de donnée désormais effectuée une seule fois et utilisée par tous les services concernés...
- ◆ rôle du contrôle renforcé car les erreurs sont beaucoup plus coûteuses,
- ◆ représentation du système de travail des utilisateurs clefs leur donnant enfin une vision de ce que les autres font dans l'entreprise. Ce qui, à terme, a des effets positifs sur la coordination d'ensemble.

Cette dimension organisationnelle des projets ERP explique l'importance des conflits qui peuvent être révélés ou provoqués par les changements qu'un tel projet génère. Ces conflits peuvent être

« des conflits concernant les tâches à réaliser et les moyens optimaux de le faire, des conflits de définition des postes et de la perception de leur contenu et de leur valeur selon les sites ou les pays, enfin des conflits de gouvernance concernant la répartition des pouvoirs et les contributions de chaque acteur à la performance » (Besson 1999).

Ces conflits révèlent souvent des enjeux « culturels » liés aux représentations que les acteurs se font de leur rôle et de la nature du contrôle que l'entreprise exerce sur eux. C'est la conclusion d'une étude sur des entreprises considérant avoir « réussi » leur projet ERP. Les auteurs concluent que la difficulté principale n'était ni dans le nouveau système, ni même dans le fait du changement par lui-même, mais dans l'introduction d'une discipline contrôlée dans une organisation « relativement indisciplinée » :

« This was a major cultural change - one that to many employees did not immediately seem an improvement » (Ross et Vitale 2000)

Les mêmes constats sont faits dans des cas de réussite de projet ERP lourd comme le projet Rolls Royce (Yusuf et al., 2004).

Une étude dans les grandes entreprises françaises identifie des caractéristiques communes aux projets ERP et soulignent des enjeux organisationnels typiques (Dubarry et Bauvais 1999) :

- ◆ de nouveaux processus, profils et compétences pour les utilisateurs,
- ◆ des projets qui échappent à la direction informatique,
- ◆ la nécessité de la création d'un centre de compétences ERP.

Des études plus précises montrent des changements effectifs de certains métiers fortement impactés par l'existence d'ERP. Bien que les ERP furent critiqués pour leur insuffisante aide à la décision, la construction d'une base de données commune à l'ensemble de l'entreprise permet de mettre en relation les résultats et les événements ayant contribué à ces résultats, transformant profondément les métiers du contrôle de gestion et plus généralement l'aide à la décision. Des fonctionnalités clefs des ERP transforment les processus de décision : base de donnée intégrée, disponibilité d'informations transversales, volume de donnée disponible, responsabilité des données, données multi-organisationnelles, indicateurs financiers et non financiers disponibles (O'Donnell et David 2000).

Les enjeux organisationnels ne peuvent être pris en compte seulement par un effort de formation ou de « préparation » des acteurs humains au projet. Au contraire, les attitudes dépendantes des métiers et des positions dans l'entreprise sont un facteur crucial des projets.

« Employee attitudes toward ERP systems and how these systems are introduced into organizations can either hinder or facilitate implementation success, despite the rational approach to change an organization may take. Furthermore, employee attitudes toward ERP systems are dynamic, changing over time as employees experience the ERP system more directly » (Abdinnour-Helm et al., 2003)

Ces attitudes préalables peuvent être considérées comme des « croyances » qui ne peuvent évoluer que par une interaction humaine dans les pratiques même du projet ERP et qui nécessitent des moyens importants de formation et de communication afin d'agir sur les représentations que les acteurs se font de l'utilisabilité et de l'utilité de la technologie :

« both training and project communication influence the shared beliefs that users form about the benefits of the technology and that the shared beliefs

influence the perceived usefulness and ease of use of the technology » (Amoako-Gyampah et Salam 2004).

Plus généralement, le rôle des technologies de l'information dans la collaboration rendue virtuelle par la distance entre les acteurs que créent les réseaux et la centralisation suppose une « confiance » qui doit être créée par le management :

« higher utilization of ICT for supporting collaborative work is largely dependent on the business strategy, which promotes trust among parties » (Hossain et Wigand 2004).

C'est enfin dans le cycle de vie des entreprises que doivent être envisagés les ERP dont les projets sont impactés ou même parfois provoqués par des restructurations d'entreprise à l'occasion de fusions ou cessions, notamment dans un contexte international (Bouillot 1999).

1.1.5 Positionnement académique

La recherche sur les ERP s'est construite progressivement selon les disciplines et s'est accéléré avec la généralisation de ces systèmes dans les entreprises. Des numéros spéciaux ERP apparaissent d'abord dans le domaine du management des systèmes d'information (S.I.) .

« Several recent, or about to appear, journal special issues on ERP (Journal of Information Technology, Journal of Decision Systems, Database, Journal of Management Information Systems, Business Process Management Journal, and Australian Accounting Review... » (Klaus et al., 2000).

Les auteurs présentent une analyse des thèmes des articles parus entre 1997 et 2000 dans les conférences S.I. qui concerne les problèmes de mise en œuvre, l'enseignement avec les ERP et la description de recherches en cours. Ils proposent une explication du « retard » apparent des recherches académiques sur le déploiement des ERP sur le marché à partir d'un questionnaire complété par 12 chercheurs réputés dans le domaine des systèmes d'information qui parfois contestent ce retard, parfois le considèrent comme normal compte tenu du temps nécessaire pour évaluer et prendre en compte une tendance du marché, ou parfois soulignent les difficultés logistiques et de compétences que pose une recherche appliquée sur des systèmes de très grande taille, certains évoquant cependant une « mise en cause » des compétences existantes induites par ce « packaging » à grande échelle des applications.

Sans doute la rapidité du phénomène commercial a-t-elle des explications économiques. L'importance du marketing dans un contexte de croissance forte d'un marché innovant ou les parts de marché à acquérir pour fonder les gains futurs a pu masquer les tendances de fond à l'intégration qui étaient pourtant connues au plan académique et faisaient l'objet de nombreuses publications qui ne semblaient pas avoir d'effet sur les décisions d'investissements.

« Enterprise and business process modelling is still seen as the domain of consultants in re-engineering projects rather than as a decision support tool in day-to-day operation. Therefore, an information dissemination and demonstration campaign is still needed to get the industrial community to know and to accept enterprise engineering and integration as a new tool helping them » (Kosanke et Nell 1999).

Les statistiques montrent cependant que la recherche sur les ERP devient mature en 2000 avec de premiers numéros spéciaux de revues comme le montre la Figure 1.1 (Klaus et al., 2000).

Il est vrai que la prise en compte des compétences nécessaires aux projets ERP dans les cursus universitaires devient un enjeu (Watson et Schneider 1999). C'est de la confrontation entre l'expérience concrète des projets ERP et les problématiques de recherche académique existantes qu'il a été nécessaire d'identifier les pistes de recherche adaptées induites par ces projets d'intégration basés sur des ERP (Millet et Botta-Genoulaz 2002).

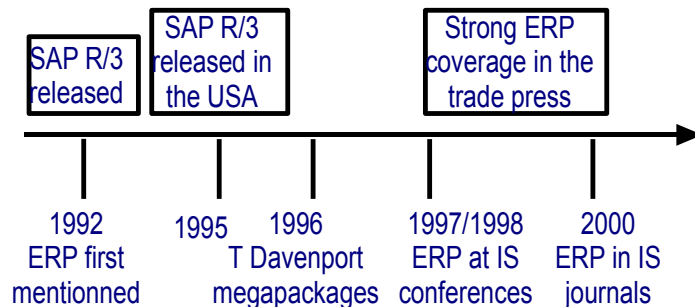


Figure 1.1: Adoption of the ERP concept in IS academie .

Ces recherches sont toujours d'actualité comme le note l'éditorial d'un numéro spécial de la revue European Journal of Operational Research :

« Overall, what we see in this special issue is that we are still early in the research life cycle on ERP systems where we are still trying to understand what is making them work and what does and does not work in organizations » (Sarkis et Gunasekaran 2003).

L'état des lieux des recherches dans un numéro spécial de la revue « Computer In Industry » confirme une croissance des publications académiques au-delà des revues spécialisées en système d'information (Botta-Genoulaz et al., 2005). La recherche porte notamment sur les enjeux organisationnels de ces projets (Davenport 1998), (Bouillot 1999), (O'Donnell et David 2000), (Ross et Vitale 2000). De nombreuses études illustrent encore plus profondément l'enjeu culturel de ces projets comme le montre une analyse d'un projet de gestion des ventes dans une grande entreprise pharmaceutique en Europe du Nord :

« Results provide evidence for an association between organisational culture and ERP implementation problems but no direct evidence for an association between national culture and implementation problems » (Krumbholz et Maiden 2001).

De même les phases amont des projets sont étudiées pour prendre en compte les aspects culturels et les spécificités nationales, les stratégies organisationnelles et les processus de prise de décisions, dans les démarches de Business Process Reengineering (BPR) des projets . (Saint-leger et al., 2002) .

De nombreuses études ont portées sur les méthodologies de projet donnant désormais un cadre reconnu des principales phases d'un projet ERP (Poston et Grabski 2001), (Boutin 2001), (Kumar et al., 2003), (Deixonne 2001), (Markus et Tanis 2000), (Ross et Vitale 2000). Ces méthodologies sont associées à des facteurs clefs de succès largement discutés eux-aussi (Al-Mashari et al., 2003), (Holland et Light 1999) et (Mabert et al., 2001). De premières études ont portés sur la relation entre les facteurs clefs de succès des projets et les facteurs critiques de performance dans les phases d'après-projet et la perception des utilisateurs (Nicolaou 2004), (Somers et Nelson 2004), (Calisir et Calisir 2004). Il en ressort 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 » (Botta-Genoulaz 2005).

C'est d'ailleurs dans l'étude d'un projet ERP « *comme une suite de conflits qui s'accélèrent et s'amplifient à mesure que le projet se concrétise* » que la recherche en management cherche les conditions de la maîtrise de ce rapprochement (Besson 1999).

Il ressort de l'ensemble de ces études à la fois la nécessité de méthodes de conduite de projet tournées vers l'alignement entre les systèmes d'information et la stratégie d'entreprise et l'importance de ne pas considérer uniquement les phases de mise en œuvre de projet, mais de prendre en compte le cycle de vie complet depuis les phases amont qui définiront le contexte de réalisation du projet avec ses dimensions culturelles et managériales, et les phases aval qui sont de fait les phases

ou les résultats pourront ou non être construits par le « bon usage » des systèmes au service de la performance de l'entreprise.

Dans ce cadre, comme le note le rapport de l'action spécifique PRODLOG du CNRS il est essentiel d'avancer dans la « *modélisation et mesure de la complexité organisationnelle, fonctionnelle et informationnelle* » (Erschler 2003). Cet enjeu est abordé par Lam et Shankararaman (2004) proposant un « mapping » des processus sur les composants, ou par Verwijmeren (Verwijmeren 2004) et Choi (Choi et al., 2004) qui étudient dans une démarche sociotechnique les caractéristiques des standards de modélisation de processus et leur capacité à faire converger les technologies.

De même, si les publications sur le cadre méthodologique des projets ou les facteurs clefs de succès sont désormais nombreuses, leur efficacité à représenter le cycle de vie des ERP dans l'entreprise reste incomplète comme le montre l'étude comparant pour les acteurs et activités significatives des projets, l'importance évoquée dans la littérature académique et l'importance mesurée en questionnant les acteurs clefs d'un grand nombre de projets (Somers et Nelson 2004). Les auteurs concluent sur l'importance des phases de pré-projet et post-projet qui représentent les écarts les plus importants :

« Its focus beyond the adoption and acceptance stages of implementation to include both pre- and post-implementation behavior. This appears to be particularly important for ERP systems ».

L'objectif de cette thèse est de prolonger les travaux reliant le point de vue interne de ces systèmes de gestion intégré, et notamment la modélisation de leur complexité informationnelle, avec les points de vue externes explicitant les conditions d'efficacité des usages et leur contribution à la performance d'une organisation. Pour cela, elle mobilise les points de vue de la modélisation d'entreprise et de la modélisation des systèmes d'information afin de repérer les concepts nécessaires à la modélisation de l'intégration, autant au plan des rôles, responsabilités, processus, organisations et de leurs relations qui permettent d'explicitier l'intégration organisationnelle, qu'au plan des applications, fonctionnalités, données programmes, interfaces et de leur interopérabilité qui permettent d'explicitier l'intégration informationnelle. Pour ces différents concepts, des « modèles de référence » sont recherchés afin de tenir compte de l'impact des solutions standard et des « bonnes pratiques » sur cette double intégration organisationnelle et informationnelle. L'intégration est explicitée sous forme de « dépendances » entre différents types d'objets organisationnels ou informationnels afin de proposer un modèle de la complexité des systèmes d'information intégrés.

Cette cohérence entre point de vue externe et interne oblige à s'interroger avec les sciences sociales et humaines, les sciences de la gestion et du management sur les interactions entre les technologies et l'organisation, entre les systèmes et les acteurs, c'est-à-dire à proposer un double point de vue : systémique à partir des disciplines des sciences de l'ingénieur, de la modélisation des systèmes, mais aussi « sociologique » en interrogeant le point de vue des utilisateurs et la réalité des « usages » dans leur dimension conflictuelle et incertaine.

Les enjeux économiques que soulève la place des ERP dans les systèmes d'information sont bien réels, concernent les entreprises de toutes activités et de toutes tailles, et sont, au-delà des projets ERP eux-mêmes, des enjeux permanents sur la place et le rôle des systèmes d'information comme composant et support de la stratégie d'entreprise.

Les ERP ne constituent pas un défi uniquement technique, centré sur les systèmes d'informations et leur support informatique. Au contraire, tout montre que les principaux enjeux relèvent de l'organisation et du facteur humain dans les entreprises. Les projets ERP conduisent à des transformations de l'organisation, depuis de simples changements de procédure et de mode d'interaction entre acteurs, à des redéfinitions de postes de travail, voire de services, et toujours à une redéfinition des modes de pilotage et de contrôle. Ces transformations ont une dimension culturelle et sociale dont la prise en compte est essentielle à la réussite des projets.

La recherche sur et autour des ERP s'est progressivement développée à partir des approches « système d'information » et « management ». Elle est devenue indispensable à la maîtrise de la contribution des systèmes d'information à la performance des organisations, mêlant ainsi dans une approche pluridisciplinaire les technologies informatiques (architectures, interopérabilité, intégration), l'ingénierie d'entreprise et les pratiques managériales (pilotage d'entreprise, conduite du changement, différenciation, performance) dans la conception, l'intégration et l'usage de ces systèmes. Elle fait une grande place aux approches processus à la fois comme facteur de réussite des projets et comme cadre de représentation conceptuelle des relations entre système d'information et pratiques métiers dans l'organisation.

Cette première partie nous a permis d'établir la pertinence économique et académique d'un champ de recherche lié aux projets d'intégration de système d'information en entreprise. Sa nature profondément pluridisciplinaire mêlant problématique informatique, d'ingénierie, de management nous conduit à mettre au cœur de nos travaux la notion d'intégration dans ses dimensions informationnelles et organisationnelles. Nous formulons ainsi la problématique générale de l'alignement des S.I. comme la recherche de cohérence entre les points de vue possibles sur l'intégration, cohérence que nous chercherons à caractériser dans un cadre de modélisation d'entreprise.

Partie 2

Etat de l'art industriel et
académique

Si le terme « ERP » a acquis une légitimité due essentiellement à sa notoriété et à sa lisibilité sur le marché, il n'en reste pas moins très flou pour identifier l'objet de la recherche qui est rendue nécessaire. Si une définition usuelle de « progiciel regroupant sur une même base de donnée le plus grand ensemble possible de fonctionnalités de gestion d'entreprise » semble dans un premier temps suffisante, on peut évoquer derrière ce sigle le progiciel conçu, développé et distribué par un éditeur (le « produit » ERP), le projet de mise en œuvre de tels progiciels dans une entreprise (le « projet » ERP), le système d'information en exploitation construit sur de tels progiciels (l'ERP en « usage »), ou plus profondément encore les transformations de long terme des systèmes d'information que révèle le marché de l'ERP comme l'intégration et la centralisation, tendances qui concernent aussi d'autres types de progiciels ou même des développements spécifiques reproduisant certaines caractéristiques des ERP.

Après avoir identifié ce que recouvre le terme « ERP », défini les principaux enjeux et points de vue rencontrés, proposé une définition et un cadre d'étude pluridisciplinaire de cette réalité, prenant en compte les systèmes et leurs usage, les méthodologies de projet et le cycle de vie des systèmes, caractérisé la tendance longue à la standardisation des systèmes d'information, nous proposerons successivement :

- *une étude des méthodes de modélisation d'entreprise et des systèmes d'information et de leur contribution à la maîtrise des projets ERP sur lesquels nous nous appuierons ensuite pour établir un méta-modèle et identifier notre cadre de modélisation.*
- *une étude des systèmes d'information, dans leurs dimensions technologiques et humaines pour caractériser l'importance des usages et des pratiques dans la contribution de ces systèmes à la performance organisationnelle.*
- *une étude de l'intégration dans l'entreprise d'un point de vue organisationnel et inter-organisationnel, des rapports entre intégration et systèmes d'information, technologies et modélisation pour identifier les enjeux d'une intégration organisationnelle et informationnelle.*

Chapitre 2.1	
Caractéristiques et définitions de l'ERP.....	33
2.1.1 Des origines aux définitions.....	34
1 Diversité des origines.....	34
2 Définitions et évolutions.....	37
3 Outils et usages.....	44
2.1.2 Méthodologies et spécificités des projets ERP.....	46
1 Facteurs clefs de succès.....	46
2 Méthodologies de mise en œuvre.....	48
3 Cycle de vie et centres de compétences.....	53
2.1.3 Enjeux de la standardisation.....	55
1 Standardisation des technologies, des applications et des pratiques.....	55
2 Standardisation, intégration et modélisation.....	57
3 Standardisation et centralisation.....	59
4 Standardisation et innovation	61
Chapitre 2.2	
Modélisation d'entreprise.....	65
2.2.1 Evolution des méthodes de modélisation	66
1 Suite IDEF.....	66
2 Méthode GIM et modèle GRAI.....	66
3 Méthode CIM-OSA.....	67
4 Méthode ARIS.....	68
5 Méthode GERAM.....	69
6 Synthèse proposée par le modèle ATHENA.....	69
2.2.2 Vers le cadre 19439 et le méta-modèle 19440	70
2.2.3 Modélisation et système d'information.....	75
1 Modélisation d'entreprise et de système d'information.....	75
2 Modélisation d'entreprise et ERP.....	78
3 Outils de modélisation pour les projets ERP.....	83
2.2.4 Modélisation et modèles de référence.....	86
1 Manuel de processus du MIT.....	88
2 Norme ISA S95.....	90
3 Modèle SCOR : référentiel des processus de la chaîne logistique.....	91
4 Modèles de références, taxonomies et ontologies.....	93

Chapitre 2.3	
Systèmes d'information et usages.....	97
2.3.1 De l'informatique au système d'information.....	98
2.3.2 Ingénierie des Systèmes d'Information.....	102
1 Zachman : un premier cadre d'ingénierie des S.I.	103
2 Approche USDP.....	105
3 Alignement des S.I. et de l'organisation.....	106
2.3.3 Maturité des usages d'un S.I.	110
1 Apprentissage et confiance.....	110
2 Modèles de maturité	111
3 Matrice de maturité d'usage d'un système ERP.....	113
Chapitre 2.4	
Intégration organisationnelle et informationnelle.....	117
2.4.1 Intégration et organisation.....	118
1 Intégration et coordination.....	118
2 Intégration informationnelle.....	121
3 Intégration, dépendance et couplage.....	122
4 Intégration et partitionnement.....	125
2.4.2 Intégration et standardisation.....	129
1 Intégration et ERP.....	129
2 Intégration et modélisation d'entreprise.....	131

Chapitre 2.1

Caractéristiques et définitions de l'ERP

Les origines des différents systèmes se présentant comme des ERP sont très diverses. Depuis les offres construites pour les centres de décision de très grandes multinationales jusqu'aux « produits sur l'étagère » destinés aux très petites entreprises, de l'industrie manufacturière aux activités de services à la personne, des exigences de haute sécurité des industries de la défense aux besoins de flexibilité de l'industrie de la mode, les produits, les projets et les pratiques liés à l'ERP se sont construits dans une grande variété de situations. Les définitions qui ont été proposées se sont progressivement dégagées des origines dominantes de l'industrie manufacturière et du MRP pour se généraliser autour des concepts d'intégration, de modèles, d'alignement organisationnel.

Ce chapitre propose un historique des tentatives de compréhension de cette « vague » ERP qui a déferlé sur les entreprises avant d'être étudiée par les chercheurs. Il discute les définitions qui ont été proposées, les caractéristiques de ce que recouvre le sigle, autant en terme de produits, de systèmes que de projets et de pratiques. Il propose ainsi d'identifier les tendances de fond qui transforment les systèmes d'information des entreprises de tout type, et plus généralement des organisations économiques et sociales.

2.1.1 Des origines aux définitions

1 Diversité des origines

Les définitions proposées pour ces systèmes de gestion intégrés d'entreprise sont marquées à la fois par la diversité des entreprises engagées dans leur mise en œuvre et par la prédominance dans les premières années des secteurs de l'industrie discrète, qui ont été les premiers à généraliser les ERP. C'est sans doute ce qui explique que de nombreuses définitions proposées s'inscrivent dans la continuité du MRP considéré comme une étape dans l'intégration des fonctions de l'entreprise autour de la production, l'ERP venant étendre cette intégration de manière plus systématique autour de la gestion financière. (Klaus et al., 2000). Une revue américaine donne ainsi après les premières années de la vague commerciale ERP un taux de pénétration par secteur économique (Tableau 2.1) très différencié selon les secteurs :

Secteur Industriel	Pas de projet	Recherche ou projet	En place
Tous secteurs	47%	34%	19%
Ingénierie de production	25%	35%	40%
Ingénierie mécanique	5%	31%	64%
Electronique	4%	33%	63%
Distribution	50%	32%	18%
Banque et Finance	39%	48%	13%
Assurance	65%	27%	8%
Santé	64%	26%	10%
Secteur public	50%	34%	16%
Transport	57%	33%	10%
Administrations	62%	25%	13%

Tableau 2.1 : Taux de pénétration ERP par secteur (Harriss et Huneke 1999)

Cette diversité du niveau de pénétration des ERP se retrouve aussi dans le niveau de satisfaction des utilisateurs (Tableau 2.2) très différencié selon les fonctions, avec 89% de satisfaits et très satisfaits pour la finance contre 41% de très mécontents pour la R&D et un équilibre de 32% de très satisfaits et 24% de très mécontents pour la planification ou seulement 37% de très satisfaits pour le contrôle de gestion présenté pourtant souvent comme le point fort de l'ERP.

L'étude serait sans doute très différente selon les ERP dont les marchés d'origine ont marqués l'étendue et l'enrichissement fonctionnel; SAP pour la

finance notamment dans les grands groupes et la capacité à modéliser des organisations complexes, PeopleSoft pour la gestion des ressources humaines, ou BAAN pour la gestion industrielle et la recherche d'une mise en œuvre des concepts du MRPII définis par l'APICS.

Comme le souligne un mémoire sur les ERP la diversité des situations vécues en regard de l'ERP explique une diversité de perceptions et donc de définitions (Mourlon et Neyer 2002). C'est la parabole de l'éléphant⁵, comparant l'ERP à un objet d'une si grande taille que chacun n'en perçoit qu'un aspect, tirant alors des conclusions erronées.

Module	Satisfaction Utilisateur	<10%	<25%	<50%	<75%	<100%	100%
Finance / Comptabilité		0,0%	5,6%	5,6%	25,9%	57,3%	5,6%
Gestion des matières		3,5%	5,3%	15,8%	21,0%	38,6%	15,8%
Planification de production		6,8%	16,9%	15,2%	28,9%	27,1%	5,1%
Gestion Commandes client		0,0%	1,7%	15,5%	29,3%	36,2%	17,3%
Achats		1,7%	5,1%	11,9%	23,7%	49,1%	8,5%
Contrôle de gestion		7,7%	5,8%	11,6%	38,4%	30,7%	5,8%
Logistique et distribution		8,7%	6,5%	10,9%	41,3%	28,3%	4,3%
Immobilisations, RH, qualité		11,1%	11,1%	8,3%	25,0%	36,2%	8,3%
Maintenance		28,6%	4,7%	14,3%	14,3%	28,6%	9,5%
Gestion R&D		35,3%	5,9%	23,5%	5,9%	17,6%	11,8%
TOUT DOMAINE		10,3%	6,9%	13,3%	25,4%	35,0%	9,2%

Tableau 2.2. Satisfaction Utilisateur par Module (Canonne et Damret 2002)

Il faut cependant éclairer l'origine dominante des projets dans l'industrie discrète ; l'ERP comme prolongement des approches MRP. Ce point de vue se trouve légitimé par le constat que les éditeurs qui faisaient la une du marché en explosion des années 95 étaient des éditeurs de solutions MRP et de solutions financières dans les années 80. C'est le cas des principaux acteurs coté au Nasdaq à l'époque ; SAP, INTENTIA, BAAN, ORACLE, JD Edwards, QAD... SAP R/2 prédécesseur de l'ERP leader apparaît en 1973 comme une application de gestion intégrée bien avant le sigle ERP. Les premières applications logicielles packagées

⁵ « Il était une fois, en Hindoustan, six aveugles fort curieux qui décidèrent de « voir » l'éléphant. Le premier s'approche de l'animal, il heurte son large flanc. Aussitôt de s'exclamer : « Mon Dieu, que cet éléphant est dur ! sûr, ce doit être un mur. » Le deuxième palpe une défense, la trouve ronde et lisse et pointue : « Pour moi, c'est l'évidence, cet éléphant est une lance ! » Le troisième se trompe sur la trompe : « Cet éléphant tient vraiment du serpent ! » Le quatrième tâte le genou : « Je dis que c'est un arbre de chez nous. » Le cinquième, qui caresse l'oreille, conclut à un éventail tandis que le sixième, guère plus malin, s'agrippe à la queue comme au bout d'un filin. Et voilà nos six aveugles qui se disputent haut et fort, chacun ayant un peu raison, et tous globalement tort. » (Mintzberg et al, 1998)

l'ont été pour la comptabilité et le support de démarche MRP (sous le nom de GPAO en France). Mais malgré les concepts de « boucles » dans le MRPII, la plupart des mises en œuvre MRP ont été « linéarisés » compte tenu de l'absence d'outils facilitant la recherche de l'équilibre entre besoins et ressources (Scheer 1994b). La recherche d'une plus grande intégration a conduit à l'émergence du CIM « Computed Integrated Manufacturing » défini comme

« The integrated management of information for all business and technical functions of a manufacturer » (Scheer 1994b).

Basé sur le MRP et les fonctions de conception aidée par informatique (CAO, CFAO), ce cadre orienté industrie a pu être facilement étendu à des secteurs comme la distribution (Beckert et al., 1997). Cette intégration du CIM se concentrait sur les aspects industriels tout en insistant sur la recherche de modèles de données communs et de processus partagés, bien que les applications packagées ne soient pas encore disponibles. De ce point de vue l'ERP est la continuation de la recherche de l'intégration du CIM, un des premiers articles académiques évoquant l'ERP le situant d'ailleurs sous le titre de « CIMII the integrated manufacturing enterprise » (Lopes 1992).

La filiation au MRP est soulignée par Davenport pour qui l'ERP est :

« a turbocharged version of manufacturing resource planning (MRP II), modified and strengthened to help manufacturers face the competitive challenges of the 1990s ». (Davenport 1996)

L'ERP est considéré à cette époque par l'APICS simplement comme un nouveau support technique de mise en œuvre complète de l'approche MRPII

« Un Système d'Information orienté finance pour identifier et planifier les ressources globales de l'entreprise nécessaires pour fabriquer, livrer, et facturer aux clients. Un système d'ERP diffère d'un système typique MRP II suivant des impératifs techniques tels que l'interface utilisateur, la base de données relationnelle, l'utilisation d'un langage de développement évolué et d'outils d'ingénierie logicielle, l'architecture client/serveur, et la définition d'un système ouvert et portable. » (APICS 2002)

Cependant, l'ERP introduit plusieurs nouveautés, étendant le domaine de l'intégration de la fabrication que traitait le CIM à l'ensemble de l'entreprise dans ses relations avec ses partenaires fournisseurs et clients. Contrairement à son acronyme insistant sur la gestion des ressources, l'ERP est d'abord centré sur une vue processus et ne propose pas généralement de solutions de planification de ressources plus avancées que les applications MRP précédentes. De nombreux auteurs proposent des termes plus généraux, comme « *Enterprise Systems* » (Davenport 2000), (Laudon et Laudon 2000).

Cette diversité d'origine des offres et des projets est soumise à une phase de concentration économique dans les années 2000 qui provoque une nouvelle vague de standardisation. Cette phase de concentration se constate sur tous les segments de marché. C'est le cas des plus grands (Oracle rachetant en 2005 PeopleSoft qui avait racheté en 2003 JdEdwards, soit les numéros 2,3 et 4 du marché), mais aussi des offres de taille moyenne : intégration de Geac, Infor, SSA, BAAN pour produire un groupe de taille mondiale intégrant des dizaines de solutions dont la plupart sont en fin de cycle de vie, et encore du marché des petites entreprises pour lesquelles se déroule une guerre des moyens avec le rachat par Microsoft de Great Plains et Navision qui venait de racheter Damgaard, de Sage achetant Concept et Timberline, et de SAP achetant Business One pour être présent sur ce segment. Cette concentration provoque bien sûr une standardisation des fonctionnalités portées par les différents offreurs, mais a aussi comme conséquence d'élargir toujours plus la diversité des activités concernées par l'ERP et donc la diversité des fonctionnalités nécessaires, des processus à supporter, des contextes juridiques et métiers à respecter.

2 Définitions et évolutions...

Le terme a été utilisé pour la première fois par le Gartner Group (Wylie 1990) organisme de conseil qui avait été un des promoteurs du concept du MRP et avait diffusé le sigle MRPII. Il est cité comme le nouveau paradigme des systèmes d'information dans un article proposant le concept de « CIMII » allant au-delà du MRPII dans l'intégration des fournisseurs et clients (Lopes 1992) .

Davenport introduit le terme dans le monde académique des systèmes d'informations en proposant le terme de « mega-package » (Davenport 1996) soulignant l'assemblage de plusieurs applications souvent préexistantes que représente l'ERP. Il utilisera ensuite l'expression « *Enterprise System* » pour étudier comment la standardisation des processus impliqués par les ERP est une contrainte qui peut être transformé en une aide efficace à la ré-ingénierie et l'optimisation de ces mêmes processus (Davenport 1998). Les années suivantes voient se multiplier les présentations en conférences puis les articles de revues qui proposent des définitions et des caractérisations diverses des ERP.

La littérature a beaucoup tergiversé sur la « définition » d'un ERP. Les premières définitions « informatiques » insistent sur les conséquences techniques de l'intégration et de la centralisation notamment des données. C'est ainsi que l'ERP est initialement défini comme un système transactionnel émanant d'un concepteur unique et garantissant l'unicité d'une information mise à jour en temps réel, avec un

audit permettant la traçabilité des opérations de gestion et couvrant plusieurs fonctions de gestion. (Tomas et Miranda 1999). Complétant ces premières caractéristiques par l'existence d'un référentiel unique des données, d'autres définitions prennent en compte la relation entre spécificité de l'entreprise et standardisation en demandant à l'ERP une capacité d'adaptation rapide aux règles de fonctionnement de l'entreprise et l'existence d'outils de personnalisation de compléments applicatifs (Lequeux 1999). Dans le même souci, d'autres auteurs soulignent que les modules de l'ERP doivent être fortement paramétrables et qu'ils embarquent dans les processus et méthodes codés dans le logiciel les « meilleures pratiques » des processus d'un secteur d'activité.

Une des premières conséquences de cette unicité de l'information est la centralisation qu'implique toujours l'ERP et ses effets sur les systèmes existants souvent associés à chaque direction de l'entreprise, et dans le résultat sur un système cible proposant dans une base unique de répondre aux besoins transversaux de toute une entreprise.

« That is a tall order, building a single software program that serves the needs of people in finance as well as it does the people in human resources and in the warehouse. Each of those departments typically has its own computer system, each optimized for the particular ways that the department does its work. But ERP combines them all together into a single, integrated software program that runs off a single database so that the various departments can more easily share information and communicate with each other. » (Koch et al., 2000).

C'est encore ce que traduit la définition proposée par le Club des Directions Informatiques des Grandes Entreprises Françaises.

« On définit par ERP (Enterprise Resource Planning), un sous-ensemble du système d'information capable de prendre en charge la gestion intégrale de l'entreprise, incluant la gestion comptable et financière, la gestion de la production et de la logistique, la gestion des ressources humaines, la gestion administrative ainsi que la gestion des ventes et des achats. » (Dubarry et Bauvais 1999).

Si l'ERP semble conçu d'abord pour supporter des processus répétitifs (achats, production), il s'étend progressivement à des processus moins structurés et peu régulier comme le marketing ou la gestion de projet, ainsi qu'à d'autres secteurs économiques dont les services ou les administrations conduisant à l'intégration de nouvelles fonctionnalités liées aux métiers rencontrés dans ces secteurs (administration, hôpitaux, universités...) (Grimson et al., 2000), (Bakker et Leguit 1999), (S. V. Scott et Wagner 2003), (Kumar et al., 2002), (Pegah et al., 2003). Ce développement dans les services étend fortement l'intégration des

ressources humaines avec les fonctions de planification (Botta-Genoulaz et Millet 2006).

Un périmètre fonctionnel type d'un ERP de taille moyenne dans le secteur industriel est illustré par la liste des fonctions principales du modèle standard de référence de l'ERP BAAN⁶. Cette liste propose une décomposition modulaire qui représente une configuration grossière d'un périmètre applicatif (Tableau 5.1 en page 280). On trouve une traduction moins technique de ces définitions dans une note de l'association nationale pour l'amélioration des conditions de travail qui anime un groupe de réflexion sur les conséquences de l'informatisation sur les pratiques de travail

« Garantir l'unicité de l'information, assurer la mise à jour en temps réel des informations modifiées dans tous les modules affectés, fournir des possibilités d'audit basées sur la garantie d'une totale traçabilité des opérations de gestion » (ANACT 2004).

Ces premières définitions provenant d'utilisateurs ou de consultants insistent sur l'étendue fonctionnelle couverte par les ERP alors que les définitions provenant des sciences de gestion et du management sont plus tournées vers la conduite du changement et les enjeux organisationnels. Cette évolution est illustrée par les deux définitions anglo-saxonnes proposées à trois ans d'intervalles par l'association américaine d'ingénieurs en génie industriel, l'APICS. En 2002, la dixième édition de son dictionnaire définit l'ERP comme :

« An Enterprise Resource Planning system is an integrated software package composed by a set of standard functional modules (Production, Sales, Human Resources, Finance etc.), developed or integrated by the vendor, that could be adapted to the specific needs of each customer. It attempts to integrate all departments and functions across a company onto a single computer system that can serve all those different departments' particular needs. » (APICS 2002)

En 2005, la onzième édition du même dictionnaire la définition devient :

« Framework for organizing, defining, and standardizing the business processes necessary to effectively plan and control an organization so the organization can use its internal knowledge to seek external advantage. » (APICS 2005)

De fait, il faut un certain temps pour voir émerger une relative cohérence entre les points de vue technologique, fonctionnel et managérial dans la définition des ERP, chaque expert proposant une définition dépendante de sa perspective ou de son intention avant de premières définitions « multi vues »

⁶ dans sa version 6 (appelée depuis le rachat de BAAN par SSA puis INFOR, INFOR ERP LN)

« A comprehensive, packaged software solutions seek to integrate the complete range of a business's processes and functions in order to present a holistic view of the business from a single information and IT architecture » (Klaus et al., 2000).

Au-delà de la centralisation, cette définition met l'accent sur la transversalité que représente une approche processus support d'une plus grande intégration des rôles des acteurs, les auteurs précisant que le support d'un processus d'affaires à travers les fonctions conduit un utilisateur à interagir avec un système sans nécessairement savoir dans quel module fonctionnel il travaille.

De même, le suivi des activités de l'entreprise que permet l'ERP ne suffit pas à en assurer l'intégration. Les processus de décision et de pilotage sont (plus ou moins bien) supportés par l'entreprise. Les ERP sont ainsi difficilement classable dans les catégories traditionnelles des systèmes d'informations identifiés précédemment. L'ERP est à la fois un système transactionnel et un système décisionnel (Alter 1999).

Mais ces systèmes n'existent pas en dehors des projets qui les mettent en œuvre. L'ERP « sur l'étagère » est bien un produit dont les spécifications techniques et fonctionnelles sont plus ou moins documentées, mais qui est entièrement défini par elles. L'ERP installé dans une entreprise a été configuré dans un environnement technique donné (système d'exploitation, système de gestion de base de donnée, système d'authentification des accès, connexion aux ressources d'impression, de services réseau, langues d'utilisation, activation de particularités nationales ou de secteur d'activité, de certains modules et pas tous...). Il est accessible à travers des environnements de formation, de test, de développement, de production qui contiennent ou non des bases de données de test (jeux d'essais, scénarios de présentation...). Cet ERP « installé » est déjà en partie spécifique au projet qui va progressivement renforcer cette « spécialisation » aux caractéristiques de l'entreprise en positionnant de très nombreux paramètres, en codifiant des données de base qui vont en faire un « ERP configuré » (ou « paramétré »). De plus, l'entreprise va souvent adapter certaines parties de l'ERP à ses besoins propres en modifiant des écrans, des états ou même des programmes pour que le résultat corresponde à une pratique de gestion de l'entreprise non directement existante dans le standard. On obtient alors un ERP « adapté », (on dit souvent « personnalisé » à partir de l'anglicisme « customisé »). L'ERP installé, paramétré et adapté ainsi déployé dans une organisation qui va pouvoir produire des données et des documents devient un « système d'information ERP » ou ERP « utilisé ». On obtient ainsi une vue des transformations du « produit » ERP en système « ERP » qui représente le processus principal du « projet » ERP (Figure 2.1):

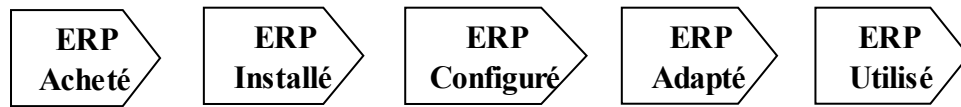


Figure 2.1: les différents "systèmes" ERP dans le cycle de vie d'un projet S.I.

Ces différentes étapes du cycle de vie d'un ERP au sein d'une entreprise conduisent à classer les actions d'adaptation d'un ERP au contexte spécifique d'une entreprise. On peut distinguer les actions suivantes (Brehm et al., 2001) :

- ◆ *Configuration (customization, dans le vocabulaire SAP)*; paramétrage ou codification d'une donnée de base
- ◆ *Mise en œuvre de modules tiers complémentaires*
- ◆ *Masques d'écrans*, adaptation des écrans de l'interface utilisateur
- ◆ *Editions*, réalisation d'état ou documents issus des données ERP
- ◆ *Programmation de procédures*, créant des procédures non standard utilisant des transactions standard de l'ERP
- ◆ *Déclencheurs de base de donnée*. Technique de base de donnée déclenchant un programme externe sur un évènement dans la base de donnée
- ◆ *Programmation ERP*, utilisation de l'environnement technique de l'ERP pour créer de nouveaux programmes, données et transactions
- ◆ *Développement d'interfaces*, échanger des données avec des systèmes externes
- ◆ *Modification de sources*, modification des sources de l'ERP avec un impact très important sur la maintenabilité du système résultant.

Mais ces activités techniques ne peuvent résumer un projet ERP. Au contraire, une analyse détaillée de ces activités confirme leurs caractères multivues centrés sur la construction d'un système « support » de processus et d'organisations. Une synthèse des différentes définitions de l'ERP en tant que produit support des processus de l'entreprise est proposé par Botta-Genoulaz.

« 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 » (Botta-Genoulaz 2005)

Mais cette définition n'évoque pas l'extension des offres ERP à des domaines couverts par des applications connexes sur lesquelles insistent les auteurs introduisant le sigle ERP II :

« 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; Møller 2005)

En 2005, l'APICS, situant le cœur de l'ERP dans l'intégration de la fabrication, du marketing, des ventes et de la finance dans un système d'entreprise, note l'extension du périmètre de l'intégration :

« Today, the ERP system is complemented by various add-on subsystems, like advanced planning systems, manufacturing execution system, EDI, data collection, etc. » (APICS 2005).

Le dictionnaire anglophone du Gartner Group⁷ propose trois définitions : la première concernant la stratégie d'intégration dans le pilotage de l'entreprise, la deuxième concerne l'ERP dans son périmètre initial d'application intégrant les domaines de l'entreprise dans un système unique pour optimiser ses processus et aider à la décision, la dernière associé au sigle ERP II intègre stratégie et application dans l'entreprise étendue aux relations avec ses partenaires :

« An application and deployment strategy that expands from traditional enterprise resource planning (ERP) functionality to achieve integration of an enterprise's key internal and external collaborative, operational and financial processes. ERP II starts as an application strategy, setting a vision for the integration of all enterprise centric, commerce-oriented business processes, without requiring a single-vendor strategy. As a deployment strategy, ERP II enables enterprises to determine the degree of single-vendor-centricity needed to fulfill enterprise process requirements and — through native integration capabilities — to include best-of-breed components from multiple vendors. ERP II includes capabilities specific to the enterprise, as well as the ability to connect the enterprise to key business partners directly or through a private e-marketplace. The process domain of ERP II includes all collaborative, operational and financial processes that have the enterprise at the center. See ERP and e-marketplace. » (GARTNER 2003)

Cette nécessité d'identifier l'ERP comme une stratégie d'intégration dans l'entreprise étendue est soulignée par un des promoteurs du sigle ERP II :

« the automation and integration of information, processes, and functions in a manufacturing (or other) environment with the result being a closed loop, functionally integrated, real-time planning, execution, and control system that is location- and language-independent and that increasingly includes customers, vendors, and partners » (Weston Jr. 2003).

Prenant en compte cette extension de l'intégration à la connectivité externe de l'entreprise et renforçant la dimension stratégique de l'intégration organisationnelle, nous proposons une réécriture de la définition de Botta-Genoulaz de la manière suivante :

⁷http://www.gartner.com/6_help/glossary/GlossaryMain.jsp

« une offre progicielle regroupant des applications paramétrables, modulaires, intégrées et ouvertes, s'appuyant sur un référentiel unique de données, de procédures et de règles de gestion. Configuré et adapté au contexte d'une entreprise, il devient le support d'une stratégie d'intégration qui vise à fédérer et à optimiser les processus de gestion de l'entreprise et de relation avec ses partenaires »

Cette définition orientée « ERP II » ne supprime pas la nécessité de définir aussi les sigles d'autres applications parfois présentés comme alternatifs à l'ERP qui seront présentés dans l'annexe 5 page 283) et qui rythment les évolutions des S.I. La Figure 2.2 croise les évolutions dans la nature des informations (des données nécessaires aux transactions aux connaissances utiles à la gestion des compétences) et le périmètre d'activité concerné (de la fonction isolée au réseau des partenaires de l'entreprise).

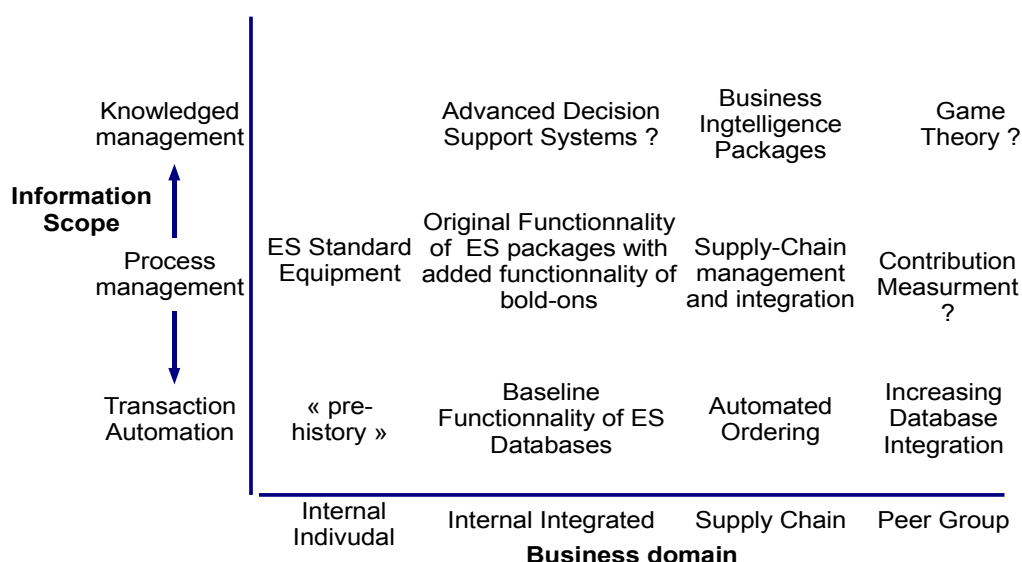


Figure 2.2: Future application of enterprise system (Davenport 2000)

Ces transformations de longue durée font évoluer les S.I. et leurs marchés dans une rencontre entre les logiques à l'œuvre du côté des demandes des entreprises et les logiques technologiques et économiques des éditeurs. Les demandes évoluent sur deux axes vers la gestion d'information de plus en plus riches et orientées vers les connaissances nécessaires aux décisions d'acteurs interagissant dans un réseau de partenaires. Les éditeurs d'ERP chercheront à faire évoluer leur offre pour étendre leur part de marché dans les dépenses en système d'information des entreprises et de nouvelles caractéristiques de leur progiciels

émergeront dans le futur. L'exercice des définitions a donc ses limites. Pourquoi tenter de définir une réalité en perpétuel mouvement. Comme l'écrit Wittgenstein, ceux qui demandent des définitions sont comme des

*« tourists who read Baedeker while they stand before a building and through reading about the building's history, origins, and so on are kept from seeing it »
cité dans (Klaus, Rosemann, et Gable 2000).*

3 Outils et usages

Comme le montre la Figure 2.1 page 41, l'ERP peut être étudié en tant qu'objet technique, progiciel commercialisé par un éditeur, comportant un certain nombre de composants (programmes, documents, export de bases de données...) qui deviendront un système informatique configuré pour une entreprise. Mais une fois adapté à un contexte d'utilisation donné, il devient un des éléments support d'un système d'information d'entreprise qui va héberger des données et documents représentant une part de la connaissance des acteurs de l'entreprise. Il est à la fois une « instanciation » de l'objet technique standard qui fait de chaque installation un système spécifique, et un « déploiement » de cet objet par les données que les utilisateurs vont manipuler et qui vont transformer l'objet technique en système d'information.

L'usage de l'outil ne peut donc se réduire à la définition technologique de cet outil. Si avec plusieurs milliers d'objets, un progiciel ERP est un outil compliqué, 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 « socio-technique » complexe. Dans de tels systèmes, les sciences de gestion ont depuis longtemps montré que les décisions ne pouvaient être des raisonnements parfaits ayant pour finalité l'atteinte de choix optimaux, mais doivent prendre en compte des processus plus itératifs dans lesquels des acteurs limités dans leur capacité d'accès et de traitement de l'information cherchaient des compromis acceptables dans des alternances de réflexion et d'action (Simon 1996).

L'étude des relations entre acteurs et technologies d'un point de vue sociologique conduit à distinguer les interactions « technologies – technologies » dans lesquelles les acteurs ont conçu l'interaction pour l'automatiser, les interactions « hommes – technologies » dans lesquelles les fonctions des systèmes sont en permanence le résultat des actions des acteurs pour adapter et piloter les systèmes techniques, et enfin les interactions « hommes – hommes » où ce sont les technologies qui servent de médiation à l'interaction humaine (Gilbert 2001). De ce point de vue, les ERP contiennent des éléments des trois catégories, automatisation

des échanges dans le pilotage d'un flux logistique établi, mise sous contrôle de processus de gestion comme les approvisionnements ou la planification impliquant des mesures régulières de performance et des actions correctrices de pilotage ou paramétrage des systèmes, et enfin processus collaboratifs de décision supportés par les indicateurs de performance et tableaux de bord fournis par l'ERP. Le facteur humain est très souvent cité dans les difficultés des projets ERP. Une étude sur un grand projet a montré l'importance de l'attitude des employés dans la réussite d'un projet :

« Employee attitudes are a key factor in determining ERP implementation success or failure. Early attitudes about ERP systems, even before these systems are implemented, shape employee views that may be difficult to change once the systems become fully operational » (Abdinnour-Helm et al., 2003)

Pourtant, les attentes des employés peuvent être contradictoires entre demande de fonctionnalités nouvelles, espoir dans les possibilités (souvent surévaluées) des technologies et crainte de changement dans leurs pratiques et relations de travail. L'impact des comportements des différents acteurs va ainsi marquer profondément le projet et son résultat, c'est-à-dire le système d'information résultant du projet. Loin de n'être qu'une simple « instanciation » du progiciel, il est une construction humaine dans laquelle la culture de l'organisation dans la prise en compte des êtres humains jouera un rôle décisif.

Plus généralement, la technologie ne peut être considérée comme le pilote de l'entreprise, même si elle a pris une place stratégique au même titre que les ressources financières ou humaines.

« ERP systems promise to allow managers to retrieve relevant information from the system at any time and one knows that information is the key determinant of wealth in the modern economy. However, companies need to realise that if the ERP system is given too much control, then the foresight that is essential to quickly adapt to changing external factors can become blunt by an over-reliance on the technology driving the business. A lack of foresight will almost certainly mean loss of business » (Davenport 1998)

Une étude sur les publications ERP de 1998 à 2002 montre ainsi que la standardisation recherchée le plus souvent dans les projets de même que la nécessité d'aboutir rapidement à un résultat positif ne permet pas de faire apparaître des avantages compétitifs de la mise en œuvre de l'ERP par lui-même. C'est au contraire dans la qualité de la mise en œuvre, le raffinement dans la définition des processus, et l'alignement entre l'ERP et la stratégie d'entreprise que réside les avantages potentiels :

« An examination of the existing research suggests that ERP systems may not provide a competitive advantage based upon the premises of system value, distribution, and imitability. This is largely due to the 'common systems' approach used for the implementation of most ERP systems. Instead, the source of competitive advantage may lie in the careful planning and successful management of ERP projects, refinement of the reengineering of the organization, and the post-implementation alignment of the ERP system with the organization's strategic direction. » (Beard et Sumner 2004).

C'est bien l'usage de l'ERP qui peut être créateur de valeur et non sa seule mise en œuvre comme le montre encore une étude régionale d'un groupe de travail du pôle productique Rhône-Alpes confirme l'importance d'un travail continu sur l'amélioration des usages en mesurant la permanence de budgets, de structures et de projets dans une enquête auprès d'entreprises de taille moyenne de la région (PPRA, 2003). Les conclusions d'études académiques ou professionnelles sont nombreuses pour le confirmer :

« Unarguably, ReturnOn Investment comes from process improvements ERP supports, not from new ERP software » (Donovan 2000) « In essence, ERP deployment in itself saves nothing and does not improve anything. It's the people and processes that create benefits » (Kumar et al., 2003). « la vraie question n'est plus de savoir si l'entreprise possède le meilleur outil, mais plutôt de se demander si elle forme les meilleurs artisans pour l'utiliser efficacement » (Tomas et Miranda 1999)

2.1.2 Méthodologies et spécificités des projets ERP

1 Facteurs clefs de succès

Les difficultés connues des entreprises confrontées aux ERP ont très vite conduit à étudier les caractéristiques de ces projets afin de rechercher des éléments de différenciation entre les projets maîtrisés et les projets difficiles, notamment les conditions de prise en compte des contraintes préexistantes de la solution progicielle dans les phases traditionnelles de spécification et de conception de l'ingénierie de système d'information. Tout montre que les ERP portent des « modèles implicites » qui doivent être pris en compte dans les projets (Boutin 2001). Les études vont très vite conduire à la définition de « facteurs clefs de succès » qui se diffuseront progressivement dans le monde académique et industriel (Mabert et al., 2003) Ils mettent en lumière l'importance de l'implication de la

direction générale se traduisant par un comité exécutif de projet fort, une stratégie claire de formation. Le Tableau 2.3 compare l'importance de différentes activités mesurée dans des projets ERP en séparant les projets qui sont restés dans le cadre du budget et ceux qui l'ont dépassé. L'écart mesure ainsi l'importance de l'activité en tant que « facteur clef » de maîtrise du projet (Labruyere et al, 2002).

La double dimension technique et organisationnelle de ces projets est donc très vite identifiée, avec de nombreuses études soulignant la nécessité d'aligner les projets concernant les systèmes d'information avec la stratégie compétitive de l'entreprise, ce qui rend nécessaire de prendre en compte les dimensions culturelles et nationales (Yen et Sheu 2004), (Saint-leger et al., 2002).

Activités de préparation du projet ERP	Hors budg et	Dans le Budget	Ecart
Définir des indicateurs de performance	53	50	-3
Définir un plan de communication ERP de l'entreprise	92	93	1
Créer une équipe projet ERP avec une salle dédiée	92	100	9
Diffuser les nouvelles données et les résultats juste rapidement	78	87	9
Développer les attendus en matière de gestion	72	87	15
Développer des stratégies claires de changement organisationnel	50	67	17
S'assurer d'un fort soutien de la direction	75	93	18
Définir clairement les résultats attendus	56	77	21
Développer des stratégies claires de formation	67	97	30
Créer un comité exécutif ERP ayant des pouvoirs	69	100	31
S'assurer d'une forte implication de la direction	42	77	35
Posséder les technologies et les infrastructures	50	97	47

Tableau 2.3 : Facteurs de différenciation / Budgets de projet

Les facteurs clefs de succès identifiés par Holland et Light (Holland et Light 1999) soulignent que les projets ERP sont des projets d'entreprise. Les facteurs « stratégiques » suivants sont identifiés :

- ◆ « *Legacy systems* » pour prendre en compte l'existant de l'entreprise en termes de processus, d'organisation et de système d'information.
- ◆ « *Business Vision* » dont la maîtrise par l'équipe projet conditionne les processus de prise de décision.
- ◆ « *ERP strategy* » qui peut aller du « Big Bang » sur un périmètre large à la mise en œuvre initial d'un « squelette » réduit aux processus principaux permettant une montée en puissance progressive de l'ERP dans le système d'information de l'entreprise.

- ◆ « *Top Management support* » sans lequel le projet ne peut être que vu comme un projet technique qui ne nécessite pas d'engagement de l'encadrement pour la conduite du changement.
- ◆ « *Project Schedule and plans* » qui suppose une connaissance préalable des spécificités des projets ERP.

Les facteurs tactiques sont ceux des projets IT de manière générale auxquels s'ajoute un élément propre aux projets ERP :

- ◆ « *Business Process Change and Software configuration* » ou l'adéquation entre l'organisation et le système d'information se joue dans la capacité à définir les "bonnes pratiques" pertinentes pour l'entreprise et configurables dans l'ERP.

Une taxonomie proposée de ces facteurs clefs de succès met en relation ces facteurs de succès et les résultats en termes de « réussite » du projet et de « bénéfiques » résultants pour l'entreprise. La réussite du projet est évaluée par rapport à l'adéquation du système d'information aux objectifs du projet, à la maîtrise du budget et du planning de projet, à l'attitude positive des utilisateurs envers le système et à la réponse aux attentes des utilisateurs. Ces facteurs de succès illustrent les spécificités et les enjeux pluridisciplinaires des projets ERP et la nécessité de méthodes de gestion de projet adaptés prenant en compte les dimensions organisationnels, technologiques et humaines (Al-Mashari et al, 2003).

2 Méthodologies de mise en œuvre

L'existence de progiciels conçus indépendamment d'un projet qui commençait traditionnellement par l'expression des besoins de l'entreprise bouleverse la démarche d'ingénierie de projet informatique (Figure 2.3), mêle les questions d'architecture et de conception, de marché et de contexte des besoins exprimés (Oberndorf 2000). Les éditeurs d'ERP ont très vite répondu à cette nécessité en

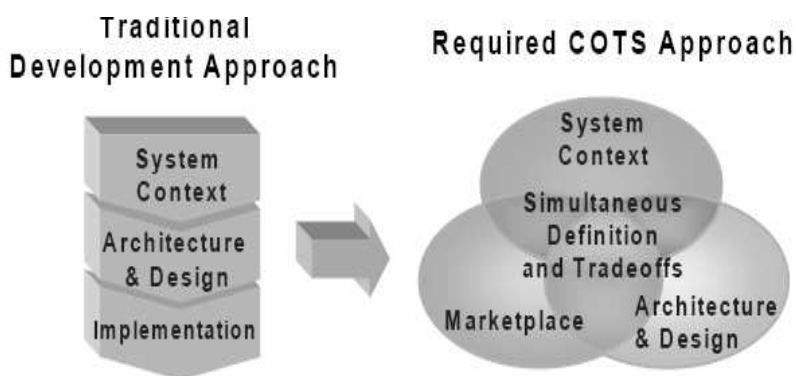


Figure 2.3: Approche traditionnelle/Approche progicielle

proposant une méthode et des outils de gestion spécifique; ASAP pour SAP (<http://help.sap.com>), TARGET pour BAAN (<http://infor.com>), SIMPLEX pour MOVEX... (<http://lawson.com>). L'étude de ces méthodes utilisées par les entreprises révèle une grande diversité de vocabulaire utilisé. Mais elles peuvent être facilement comparées pour identifier des phases communes dont peut émerger une généralisation. C'est ce que propose la qui résulte d'une étude de méthodes académiques et de prestataires de services.

Il apparaît ainsi des points communs qui permettent très vite d'identifier des caractéristiques propres à ces projets (Botta-Genoulaz 2005) :

- ◆ l'utilisation plus ou moins poussée de modèles, préexistant ou non,
- ◆ l'externalisation des compétences, ses avantages et limites, l'implication des différents 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 mise en œuvre 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 de déploiement multi-sites des solutions opérationnelles...

Il s'agit bien de méthodologies de gestion de projet différentes de celles issues du génie logiciel. Si des tentatives sont faites pour utiliser les approches existantes du génie logiciel, comme MERISE, elles se heurtent à la caractéristique principale des projets ERP : le logiciel, sa base de données et donc le modèle de donnée lui-même est prédéfini au projet alors que dans la méthode MERISE, comme dans les approches objets, le modèle de données (ou les diagrammes de classe) sont des outils utilisés en amont des projets dans les phases de conception, alors que la simple découverte du modèle de donnée d'un ERP est une tâche lourde qui n'est accessible qu'à des experts après un long apprentissage du référentiel de l'ERP. De plus, les méthodes classiques sont très fortement centrées sur les données, et plus limitées dans l'expression des processus pourtant au cœur de l'intégration dans l'ERP.

Une autre spécificité forte des projets ERP est la coopération nécessaire entre des acteurs de l'entreprise et des acteurs externes. Comme le montre Deixonne (2001), un projet ERP requiert une connaissance à la fois des métiers de l'entreprise et la maîtrise du produit choisi. Or cette double compétence existe rarement en début de projet ce qui implique un mode de fonctionnement en binôme entre intervenants internes (apportant la connaissance et le savoir-faire de l'entreprise au

niveau métier) et intervenants externes (apportant le savoir-faire vis-à-vis du produit choisi et de la mise en œuvre de ce type de projet)

La différenciation entre maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage est ainsi brouillée puisque les résultats du projet dépendent fortement de l'implication de l'entreprise. C'est ainsi que des avocats spécialisés préconisent la recherche d'un « intégrateur maître d'œuvre » qui ne soit pas le prestataire de compétences ERP (Meillassoux 2002). En dehors de ces situations limites, la cohérence entre les processus et les rôles décrits dans un projet et les compétences et connaissances des acteurs est essentielle (Worley et al., 2005). On parle de méthodologie en spirale processus-configuration-prototypage dans lequel l'étape processus est une étape de conception non pas du logiciel, mais de son usage, la configuration est une étape de production, non pas du logiciel mais de son paramétrage, et le prototypage une étape de test et recette qui est ici intimement lié à la conception puisque c'est de manière itérative à partir des simulations effectuées sur le prototype que les décisions se prendront sur les processus et la configuration correspondante.

La diversité des méthodes et le poids des méthodes propriétaires nécessitent un travail de standardisation des concepts et des vocabulaires propres aux projets ERP. La littérature académique va progressivement faire émerger différents modèles de phasage de projet ERP à partir d'études comparatives de méthodologies propriétaires et de retours d'expériences (Tchokogue et al., 2005)). Le Tableau 2.4 présente une liste de travaux ou méthodes en éclairant la diversité des phasages définis.

Authors	Type	Year	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Rogers	Academic	1983	Adoption	Implementation			
Cooper and Zmud	Academic	1990	Initiation	Adaption	Adoption	Acceptance	
Soh and Markus	Academic	1995	IT expenditure (adoption)	IT assets (implementation)	Organizational impacts (post-implementation)		
Target (Baan)	Vendors	1996	Project preparation	Business Mapping	ERP Piloting	EPR migration	
Markus and Tanis	Academic	2000	Project chartering	Project configuration	shakedown	onwards and upwards	
Parr and Shanks	Academic	2000	Planning	Project	Enhancement		
Asap (SAP)	Vendors	2001	Project preparation	Business blueprint	Realization	Final phase	Go live
Yussuf et al	Business Case	2004	Strategy & direction	Planning analysis & convergence	Early deployment	Focus on operations	Pilot focus

Tableau 2.4 : Méthodologies de mise en œuvre

Ces travaux ont convergés vers le cycle de vie du système ERP défini par Markus et Tanis (). Il recouvre d'autres études comme (Ross et Vitale 2000) qui évoque de manière imagée « l'approche » pendant la phase de « **design** », puis la « plongée » dans la phase d' « **implementation** », puis la « remontée à la surface » pendant la phase de « **stabilization** », avant la « nage » pendant la phase de « **continuous improvement** », permettant enfin à l'entreprise de maîtriser sa **transformation**). Les étapes du modèle de Markus et Tanis sont les suivantes :

- ◆ Phase de contractualisation ou “fondation” (“**des idées au budget**”). Cette phase porte les décisions qui conduisent à l'approbation du projet et à son financement. Elle implique les dirigeants, spécialistes informatiques, prestataires et offreurs. Elle peut être pilotée par l'informatique avec une faible implication des dirigeants ou piloté par la direction avec une faible implication de la direction informatique.
- ◆ Phase de projet (“**du budget aux dépenses**”). Elle regroupe les activités de mise en fonctionnement du système dans une ou plusieurs entités organisationnelles. Elle concerne un chef de projet et une équipe projet, divers experts techniques et consultants, les dirigeants membres du comité de pilotage, et d'autre acteurs de l'organisation dans un rôle consultatif.
- ◆ Fouille (“**des dépenses aux impacts**”). C'est la période commençant à la mise en exploitation jusqu'au retour à une situation normale ou les usages quotidiens ont été établis. Elle implique les responsables opérationnels, les utilisateurs, les acteurs restants de l'équipe projet, les ressources du support informatique et du support externe.
- ◆ Avancée et progrès (“**des impacts aux résultats**”). C'est la période d'exploitation jusqu'au remplacement du système qui nécessite d'organiser la maintenance du système, le support aux utilisateurs, mais aussi l'amélioration et le changement de version. Elle concerne encore les responsables opérationnel et utilisateurs, les ressources de support informatique et de support technique externe.

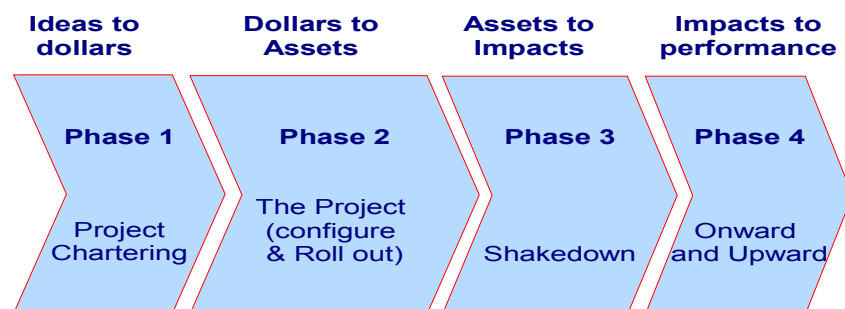


Figure 2.4: Enterprise System Experience Cycle (Markus et Tanis 2000)

La phase de projet est relativement bien détaillée désormais et on peut distinguer les étapes principales (Botta-Genoulaz et al., 2001) :

- ◆ Optimisation des processus. Etape qui peut se situer en amont du projet avec le risque de concevoir des processus optimisés en théorie sans tenir compte de l'ERP ou qui peut se situer après le choix du système avant la formation des acteurs, ou même après la formation des acteurs pour leur permettre d'y participer. De fait, cette optimisation des processus intervient souvent à la fois en amont et pendant le projet.
- ◆ Analyse du système et de l'organisation existante. Cette analyse ne devrait pas se réaliser dans l'objectif de « décrire une solution », mais au contraire d'identifier les critères de sélection et de décision nécessaire sur les priorités du projet.
- ◆ Choix du système ERP et contractualisation.
- ◆ Formation de l'équipe projet.
- ◆ Paramétrage de l'ERP et formalisation des procédures de travail.
- ◆ Réalisation des interfaces, outils de migration de données, et développements spécifiques.
- ◆ Formation des utilisateurs finaux et finalisation des procédures opérationnelles.
- ◆ Déploiement du nouveau système.
- ◆ Accompagnement à la montée en charge et à la stabilisation.

De nombreuses publications soulignent l'importance des compétences nouvelles que suppose le pilotage de ces projets souvent importants en nombre et diversité des acteurs concernés. Elles permettent de lister les compétences nécessaires à la réussite d'un projet (Kræmmergaard et Rose 2002) :

- ◆ Compétences organisationnelles (travailler avec l'organisation, sa culture, la répartition et l'historique des pouvoirs),
- ◆ Compétences stratégiques (relier l'usage de l'ERP aux objectifs et besoins de la stratégie d'entreprise),
- ◆ Compétence en gestion de projet (planification, objectifs et identification des acteurs qualifiés),
- ◆ Compétences technologiques (politiques informatiques appropriées),
- ◆ Compétences ERP (connaissances des modules et des données de configurations, spécifications des écarts),
- ◆ Compétences en ressources humaines (développer les connaissances des acteurs, évaluer les besoins en formation et les organiser) ,
- ◆ Compétences de direction (motiver les acteurs, piloter les adaptations organisationnelles et les rendre opérationnelles),
- ◆ Compétences en communication (communiquer les informations pertinentes de manière appropriée aux différents acteurs),

Les projets de mise en œuvre de solutions de type ERP nécessitent des méthodologies adaptées pour prendre en compte la diversité des acteurs internes et externes, la diversité des compétences dont la coopération est nécessaire, pour coordonner les activités techniques, applicatives, organisationnelles et humaines que nécessitent ces projets. Si le cadre général d'une méthodologie est désormais connu, il n'existe pas encore de référentiel académique ou normatif des activités, des rôles et des livrables de tels projets.

3 Cycle de vie et centres de compétences

Le projet ERP ne s'arrête pas à la première mise en exploitation. Au contraire, le système d'information construit va vivre et se développer ce qui conduit à considérer le cycle de vie global du système qui est souvent découpé en phases proches de la proposition de Markus et Tanis. La mise en œuvre proprement dite de l'ERP n'est qu'une phase dans le cycle de vie du S.I. qui commence par la préparation et l'organisation du projet, se poursuit par la configuration et le déploiement de l'ERP, puis vérifie la stabilisation des pratiques afin de maîtriser la maintenance et les évolutions nécessaires.

Un ERP en usage est en effet un système socio-technique qui nécessite une fonction de support à l'exploitation, autant pour le bon fonctionnement opérationnel des processus mis en place (maintenance logicielle, résolution des cas particuliers et des aléas, gestion des compétences acquises...) que pour l'accompagnement de l'évolution de l'entreprise (nouveaux produits, nouveaux moyens de production, formation des nouveaux acteurs, nouvelle activité, réorganisation,...) ou de l'évolution du système lui-même (performances, sécurisation en extranet, changement de version, intégration application tiers...).

Mais les attentes « post-projet » sont bien entendu très dépendantes des résultats du projet lui-même. Dans certains cas, les difficultés et les insuffisances du projet conduisent à des situations dégradées ou la première préoccupation est de recréer les conditions d'une maîtrise opérationnelle du système d'information avant une réelle contribution à la performance de l'entreprise. Les facteurs de succès des projets sont ainsi étroitement liés aux dimensions critiques des phases suivant la mise en œuvre comme le montre l'étude approfondie de deux situations réelles, l'une d'un projet maîtrisé dont les résultats initiaux étaient positifs et l'autre d'un projet difficile qui a nécessité une longue phase « post-projet » qui a été presque assimilée à un nouveau projet (Tableau 2.5).

Mais quelle que soit la situation résultante du projet initial, l'usage de l'ERP sans organisation de support se dégrade progressivement, autant par les pertes de compétences liées aux départs et restructurations, que par la non réponse

aux cas particuliers ou aléas qui génère la recherche par les acteurs de solutions de contournement qui, se multipliant, reconstruisent un système d'information en dehors, parfois contre les processus officiels de l'ERP.

Critical Factors of ERP Implementation	Critical Dimensions of Success in Post Implementation Stage
Top management support and commitment to project; fit to business strategy.	Evaluation of fit with strategic vision. Review of project planning effectiveness. Evaluation of infrastructure development.
Alignment of people, process, technology.	Review of fit resolution strategies. Evaluation of system integration attainment and reporting flexibility.
Anticipated Benefits from ERP implementation project.	Evaluation of level of attainment of expected system benefits.
Motivation behind ERP implementation (business- vs. systemled).	Review of driving principles for project. Review of project justification practices.
Scope of user training.	Review of user learning. Evaluation of effective knowledge transfer (among project team members and other users).

Tableau 2.5 Aspects critiques de projet et d'après-projet (Nicolaou 2004)

C'est ainsi que la notion de « centre de compétences » se répand progressivement dans la diversité des situations post-projet. Ce constat se confirme par de nombreux témoignages qui soulignent l'importance des ressources affectées à l'exploitation de l'ERP pour améliorer en permanence la contribution du système d'information aux processus. Cela conduit souvent à des automatisations de séquences de tâche standard dans l'ERP, des interfaces avec des systèmes externes ou des éditions de synthèse facilitant la prise de décision.

« La dizaine d'améliorations principales a coûté 0.45 million d'euros incluant 60 mois de développement soit environ une personne par an. Elles ont rapporté 1,7 million d'euros, soit environ 50% du résultat ARO-France avant impôts. Concernant l'effectif informatique affecté à l'implémentation et à l'amélioration de l'ERP, le total de l'ERP représentait 8 personnes au démarrage, 3.5 personnes aujourd'hui » (Lombard 2002).

2.1.3 Enjeux de la standardisation

1 Standardisation des technologies, des applications et des pratiques

La croissance des revenus des éditeurs ERP, malgré la crise des années 2000 traduit un processus continu de standardisation des systèmes d'information. Cette standardisation concerne bien sûr les technologies qui jouent un rôle clef dans la réduction du coût des échanges entre entreprises, ce qui pousse malgré la multiplication des acteurs sur le marché au développement de normes et d'outils ou plateformes d'échange les supportant. Elle concerne aussi les applications avec la progression continue du marché des progiciels. Elle concerne enfin les pratiques métiers, avec les efforts de diffusion de bonnes pratiques, les indicateurs de performances permettant la comparaison des résultats obtenus, la modélisation de processus qui ouvre la possibilité de comparer l'organisation de l'entreprise dans ses processus de gestion indépendamment de ses applications informatiques. De telles démarches de modélisation permettent la diffusion plus rapide de modèles de référence comme le modèle SCOR de pilotage de la chaîne logistique (voir section [3.1.3](#) de la partie 2).

Cette standardisation est identifiée comme un enjeu dans de nombreuses études sur les facteurs pertinents et les points clés de la contribution des S.I. à la performance des entreprises. Ainsi Gunasekaran, Ngai et Mc Gaughey (2006) caractérisant le rôle et l'implication des technologies de l'information dans la gestion de la chaîne logistique soulignent le besoin de développement de standards pour leur application à la gestion des chaînes logistiques et la nécessité de recherche complémentaire pour l'alignement du modèle d'information sur le modèle « supply chain ».

Cette standardisation sur tous les niveaux (informatique, applicatif et métier) conduit à un changement majeur du rôle de l'informatique dans l'entreprise. Les activités de « production » du système d'information ne sont plus centrées sur le code du logiciel mais comprennent des activités de paramétrage, de modélisation, de comparaison, de simulations... L'intégration technique des systèmes d'information (interfaces, échanges de données...) est une part essentielle des dépenses informatiques, notamment dans les projets ERP et l'intégration organisationnelle constitue l'essentiel des charges de mise en œuvre, depuis la modélisation support de la redéfinition du poste de travail à la conduite du changement pour créer les conditions de la mise en œuvre effective du progiciel. On peut parler de la naissance d'une nouvelle activité, le « génie progiciel », qui est

encore largement marqué par ses origines informatiques, mais nécessite des compétences et des méthodes spécifiques.

La standardisation est parfois opposée à la personnalisation nécessaire des ERP. Cette contradiction semble difficile à trancher. La moitié des projets suppose des développements spécifiques jugés « significatifs » ou « très importants », 48% selon Canone (2002)), mais on peut en déduire que la moitié des projets se limitent à des développements spécifiques mineurs (46% dans la même étude). Or les éditeurs continuent à faire évoluer fonctionnellement leurs solutions. Il est fréquent d'entendre dire sur le marché que la fonctionnalité manquante dans l'ERP dans sa version « i » sera disponible dans la version « i+1 » ou « i+2 », c'est-à-dire dans un délai de 2 à 4 ans.

Le Tableau 2.6 montre le résultat d'une étude cherchant à rapprocher l'importance de la personnalisation et le résultat perçu du projet. Elle montre une corrélation forte entre respect du standard et résultats perçus. Elle conduit les auteurs à considérer que :

« les entreprises qui maîtrisent leur budget mettent en œuvre davantage de fonctions que les autres, elles ont moins de modifications de toute nature que les autres. Ces modifications engendrent un accroissement de durée du projet de 50 % et un retard de 6 mois. »

Mesures concernant les fonctions	maîtrisant le budget	le sous-estimant le budget
Nombre moyen de fonctions/modules installés	8,1	7,3
Nombre moyen de fonctions/modules ayant subi une légère modification	1,7	2,2
Nombre moyen de fonctions/modules ayant subi une modification importante	0,6	1,6

Tableau 2.6 Personnalisation et Budget de projet ERP (Mabert et al 2001)

La standardisation est donc un phénomène réel qui n'épuise pas les besoins des entreprises mais modifie profondément la place de l'informatique dans l'organisation. Ce que confirment Tomas et Miranda (1999) :

« L'entreprise n'accroît pas sa compétitivité par le développement de sa propre solution applicative mais par sa juste configuration, son bon déploiement et sa pleine utilisation ».

Cette évolution s'accompagne d'ailleurs d'une réelle centralisation, de retour autant pour l'exploitation des serveurs que pour les architectures applicatives. Les informations de toute l'entreprise réunies dans une même base de

données mises à jour par tous les sites et services pousse à créer des indicateurs communs, à maîtriser les processus transverses et donc conduit à définir globalement les procédures de travail qui ne sont plus de la responsabilité locale des directions hiérarchiques, mais le résultat de projets de réingénierie supposant une approche plus globale cherchant les synergies et les dépendances transverses à l'organisation.

Bien sûr, l'ERP ne modifie pas la nature des relations hiérarchiques, mais il en modifie fortement le contexte et notamment la manière dont est obtenue une information et dont elle peut être utilisée. Ainsi, dans un système non intégré, chaque responsable prépare à partir des données sous sa responsabilité le tableau de synthèse qui lui permettra de présenter ses résultats en tenant compte de ses intérêts, de sa stratégie. Dans un système intégré, sa marge de manœuvre est beaucoup plus étroite. Les tableaux de bord sont produits par le système lui-même, ils utilisent des données partagées par plusieurs fonctions... il n'est pas possible de les « travailler » directement pour faciliter une présentation « orientée ». Les responsables intermédiaires sont ainsi souvent bousculés par les premiers mois d'utilisation d'un ERP avant que les équilibres ne se retrouvent dans le nouveau contexte. Il y a une véritable crainte de la perte du contrôle qui passait traditionnellement par la maîtrise de l'information.

Cette standardisation progressive est donc un enjeu technologique, organisationnel et humain qui rend nécessaire d'éclairer ses causes et ses conséquences, en un mot ses enjeux.

2 Standardisation, intégration et modélisation

La standardisation répond d'abord au besoin toujours plus grand de **l'intégration**. Face aux exigences de contrôle automatisé et régulier, bien au-delà du « reporting » manuel et périodique, comme l'est le traditionnel inventaire annuel, l'entreprise cherche constamment à rapprocher des informations, à corréliser des actions, à synchroniser des données, bref, à intégrer toujours plus fortement les systèmes de pilotage des différentes activités et fonctions. Cette intégration conduit à transformer les relations entre acteurs. Une donnée erronée ne peut plus être corrigée sans trace (ce dont les comptables ont l'habitude depuis longtemps !). Les erreurs de saisie se propagent immédiatement et peuvent être bloquantes pour des utilisateurs éloignés. L'utilisateur devient concrètement responsable de la qualité de la saisie que ses collègues proches ou lointains vont pouvoir utiliser immédiatement.

Un système d'information est intégré quand les logiques propres de chaque fonction et les liaisons entre ses fonctions sont transparentes à l'utilisateur opérationnel, qui travaille alors selon des processus métiers transverses. La mesure de performance opérationnelle se fait alors sur la base d'indicateurs par processus.

Nous étudierons en détail cette dimension essentielle des systèmes d'information dans le chapitre 2.4.

Si l'organisation est étroitement liée au système d'information, il est nécessaire de pouvoir la représenter de manière claire et utilisable le plus directement possible par les applications. Car cette organisation évolue toujours plus rapidement. C'est l'enjeu de **la modélisation** autant des systèmes d'information que des organisations elles-mêmes. C'est ainsi que se développe fortement depuis 2000 le marché du Business Process Management (BPM⁸), de l'urbanisation ou de la cartographie applicative. On trouve différents outils qui permettent de modéliser la structure d'une entreprise, les échanges entre sites ou entités, les processus transverses de l'entreprise, les relations entre applications, afin de permettre d'organiser et mesurer la performance en cohérence avec le S.I. et de conduire les changements nécessaires. Parfois, ces approches cherchent à piloter directement le S.I. à partir des processus, par exemple en gérant directement les autorisations, les menus et postes de travail, voire en contrôlant le flux d'activité directement (workflow). On parle ainsi de « **modélisation d'entreprise** » dans la mesure où c'est l'ensemble du système d'information (outils, données, procédures et rôles des acteurs) qui doit être « outillé » afin de permettre au management d'inclure le S.I. dans la stratégie de l'entreprise au même titre que les ressources humaines, le marché, ou les processus de conception, production et distribution. Nous étudierons l'enjeu de la modélisation dans le chapitre 2.2.

Mais cette modélisation ne peut aboutir à un système « automatisé » en dehors de quelques fonctions de pilotage (acquisition sur un flux, synchronisation de systèmes...). La caractéristique organisationnelle de l'ERP repose au contraire sur la réalité des pratiques des acteurs qui interagissent dans une organisation à travers le système. Les enjeux de la conduite du changement et des conflits que ce changement peut générer rendent nécessaire d'identifier au-delà du « système », ce qu'est la réalité du « système avec ses acteurs », de la **maturité des usages** acquis pour la contribution de ses systèmes d'information à sa performance. C'est ce que nous étudierons dans le chapitre 2.3.

⁸http://en.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Management

3 Standardisation et centralisation

Les difficultés des projets ERP ont souvent conduit certains acteurs à proposer des alternatives à ce qui était perçu comme une contrainte trop forte de centralisation et d'intégration. Après la généralisation des ERP dans les années 90, de nombreuses applications nouvelles se sont développées créant apparemment de nouveaux marchés pouvant apparaître comme concurrents ou alternatifs à l'ERP. Cela a conduit à proposer une approche plus distribuée laissant à chaque fonction le choix de la meilleure application possible ou « best of breed » (Light et al., 2001), renvoyant l'intégration à une fonction propre au pilotage du système d'information et supposant des outils et techniques permettant d'en réduire le coût. De nombreuses offres commerciales de services ou de technologie ont proposé de construire cette intégration du système d'information de manière plus progressive, sans rupture avec l'existant, acceptant l'hétérogénéité des systèmes et des acteurs. A l'image des architectures massivement parallèles d'ordinateur, une approche « faiblement couplée » des composants d'un système d'information se caractérise par des technologies et des méthodes facilitant l'interopérabilité entre systèmes. A l'inverse de l'ERP, système de grande taille dont un fournisseur assure l'intégration et la cohérence, ces approches tentent d'offrir un cadre de construction de l'intégration et de la cohérence entre des applications diverses, de plus petite taille, supportées par des acteurs différents.

L'intégration d'application d'entreprise (EAI), puis les architectures de « bus » applicatif, enfin les architectures orientées services (SOA) se présentent comme le cadre technique d'une telle intégration « faiblement couplée ». C'est ce qu'évoquait déjà Davenport :

« "monolithic" enterprise applications will become more modular and flexible. They will, according to this view, evolve to a model in which the basic ES is a "backbone" into which disparate "best of breed" applications can be plugged and played,... » (Davenport 2000)

Cette recherche d'une architecture distribuée fait écho aux approches informatiques « composants ». Mais pour 12 chercheurs seniors interviewés dans une étude, elle est peut-être comme le Saint Graal :

« tout le monde le cherche, mais il n'a jamais été trouvé » (Klaus et al., 2000)

Les bénéfices que les grands acteurs des solutions d'entreprise peuvent attendre de ces approches sont incertains. Comment générer des revenus plus importants en vendant un « bus » ou une « plateforme » par rapport à la vente d'applications ? Comment collaborer avec ses concurrents pour rendre ses applications massivement interopérables ? (Davenport 2000). D'autant que

l'intégration ne se résume bien entendu pas à ses supports matériels dont les conditions technologiques se diffusent progressivement avec la publication par les éditeurs de « connecteurs » respectant des normes d'interopérabilité pour les échanges inter-entreprises, ou avec le développement des prestataires d'interopérabilité que sont Ariba⁹, Elemica¹⁰ ou SupplyOn¹¹. Au contraire,

« l'ERP, qui cherche avant tout à assurer une couverture complète et dispose d'une ossature pérenne, demeure un pré-requis pour maîtriser l'intégration fonctionnelle et organisationnelle et résoudre les dysfonctionnements les plus courants. Malgré les nouveaux outils qui ne cessent de le défier, l'ERP reste une plate-forme pour assurer des avantages concurrentiels » (Deixonne 2001).

D'autant que si la plupart des éditeurs ERP ont une stratégie d'architecture SOA, la décomposition d'un S.I. en « services » pose de redoutables problèmes de granularité et de cohérence. Ainsi les données de toutes natures sont au cœur de l'ERP et de sa base de données. Ces données sont fortement corrélées. Elle doivent être pourtant « réparties » dans les différents services web recherchées ce qui nécessite de différencier les données « internes » au service, qui ne sont pas ou très faiblement corrélées aux données « externes » au service, qui doivent être transmises dans les messages que les services échangent. Ces messages pour être utilisables par des services autonomes doivent être définis de manière indépendante (normalisée) et extensible. La difficulté réside justement dans ce partitionnement des données entre services qui nécessite de créer des redondances, introduisant la nécessité de « versionner » et « d'historiser » les données, chaque service ayant des données internes « actuelles » et des données échangées qui peuvent dater du précédent message reçu et donc être désynchronisées des données équivalentes traitées au même moment par un autre service. Ces difficultés conduisent à introduire des notions de « collections partagées » et « d'artefacts historiques » comme différentes formes de données de référence des messages échangées entre services (Helland et al. 2000).

Afin de maîtriser ces enjeux de cohérence, SAP propose une approche SOA qui agrège des services à un niveau pertinent pour l'entreprise. L'offre de cet éditeur se structure sous forme de « services d'entreprise » qui décompose l'ancien ERP en entités plus petites, mais d'une taille suffisante pour assurer une cohérence forte, et facilitant aussi leur commercialisation. Si cette architecture permet à un service de faire l'objet d'une « prestation » fournie par un éditeur dédié proposant un composant ou par un hébergeur, il est clair que la cohérence nécessitera pour tous

⁹<http://www.ariba.com/>

¹⁰<http://www.elemica.com/>

¹¹<http://www.supplyon.com/>

les partenaires possibles de se conformer aux normes de fait que représentent les structures de données de base de SAP.

Ces architectures SOA ne représentent donc pas une alternative aux ERP, mais viennent plutôt accompagner leur évolution vers une plus grande flexibilité de configuration et d'intégration dans un système inter-entreprise. Cette tendance pousse à l'émergence de normes techniques. Ainsi en 2005 les principaux acteurs ont officialisé une nouvelle spécification d'architecture de composants orientées service (SCA¹²) permettant leur réutilisation et introduisant la notion « d'assemblages de services » représentant une application correctement configurée. Elle nécessite aussi la construction de normes métiers pour définir les objets échangés (ordre de vente, d'achat, de fabrication...) comme cela a été fait pour les échanges de données techniques. C'est ce que propose l'Open Management Group (OMG) avec la norme SBVR¹³ « Semantics of Business Vocabulary and Business Rules ».

4 Standardisation et innovation

La tendance à la standardisation ne limite pas l'évolution technologique des solutions. Ainsi, des alternatives sur la conception même des ERP continuent d'apparaître avec un succès plus ou moins important. Mais ces innovations ne conduisent pas à un retour vers un système d'information développé de manière spécifique à chaque entreprise. L'ERP est à la fois poussé par les innovations technologiques, mais aussi facteur influençant les innovations qui deviendront une réalité durable, quand elles sont portées par les acteurs principaux du marché (Loos 2000). Les innovations pertinentes sont prises en compte par les éditeurs dont les plus importants possèdent des moyens considérables pour faire évoluer l'architecture même de leurs solutions. Ainsi SAP est passé de son langage propriétaire ABAP au langage JAVA en assurant la compatibilité des deux approches pendant de longues années avant de développer de nouvelles solutions exclusivement en JAVA. Les promesses des architectures orientées service (SOA) devaient permettre à une entreprise de construire un système d'information par assemblage de services hétérogènes. Elles deviennent par la puissance des principaux acteurs, une facilité pour intégrer l'ERP leader dans un système d'information évolutif. C'est l'approche proposée par SAP des « Enterprise Services »¹⁴ dont l'objectif affiché en ouvrant la possibilité à des éditeurs partenaires de s'appuyer sur le middleware SAP est de fait de réduire la part des

¹² <http://www.osoa.org/display/Main/Service+Component+Architecture+Specifications>

¹³ <http://www.omg.org/docs/dtc/06-08-05.pdf>

¹⁴ <http://www.sap.com/france/solutions/esa/index.epx>

spécifiques modifiant les programmes standard afin d'augmenter les revenus de licence et de réduire les coûts de maintenance. De même, le développement des langages de modélisation de processus et des capacités à les exécuter, les orchestrer afin de faciliter l'interopérabilité de systèmes hétérogènes, l'apparition de normes comme BPEL¹⁵ pour exécuter les processus et BPMN¹⁶ pour les modéliser se diffusent chez les principaux éditeurs dont SAP¹⁷, et parfois deviennent pour eux des vecteurs marketing (Westervelt, 2005).

Il est possible que sur la base d'une technologie réellement innovante, de nouveaux acteurs puissent émerger mais la logique économique qui nécessite d'augmenter toujours le nombre de clients utilisateurs d'un progiciel conduira comme dans d'autres secteurs à une banalisation de ces alternatives. Les approches du logiciel libre en s'affranchissant de cette contrainte du revenu de licence peuvent être un facteur d'innovation. Pourtant compte tenu de la taille des grands systèmes ERP, la conception de la plupart de ces solutions libres s'est faite par analogie avec les spécifications existantes et en s'appuyant sur des environnements techniques éprouvés dans d'autres secteurs. Il faut noter toutefois la solution erp5¹⁸ qui propose une architecture nouvelle associant données et documents et proposant un méta-modèle générique innovant (Smets-Solanes et Atem de Carvalho 2003) et la solution OpenBluelab¹⁹ qui repose sur la génération du système par les modèles d'entreprise. De fait, les solutions libres doivent elles aussi trouver les modes de financement de l'investissement que représente l'innovation.

Cette innovation peut venir des approches issues du Workflow et des réseaux de Petri qui sont pour certains des architectures de support de plateforme orientée processus permettant d'utiliser des techniques de datamining pour produire par rétro-ingénierie le processus « tel que réalisé » à partir des journaux d'événements (van der Aalst et Weijters 2004; van der Aalst 2005)

De la même manière, l'intégration inter-entreprise dans une chaîne logistique multipliant les échanges et les besoins de synchronisation entre des progiciels de type ERP conduit à des propositions d'architectures étendues (Verwijmeren 2004) qui préfigure certains aspects des fonctionnalités multi-site des ERP ou surtout des modalités de coordination entre plusieurs ERP, au-delà des relations client-fournisseur et du support de l'EDI dans cet échange.

Pour l'instant, ces innovations technologiques qui semblent incessantes ne remettent donc pas en cause les tendances historiques d'évolution des systèmes d'information vers la standardisation, la centralisation, l'intégration et la

¹⁵<http://fr.wikipedia.org/wiki/BPEL>

¹⁶<http://fr.wikipedia.org/wiki/BPMN>

¹⁷<https://www.sdn.sap.com/irj/sdn>

¹⁸<http://www.erp5.org/>

¹⁹<http://www.openbluelab.org/content/index.html>

modélisation. De fortes logiques économiques les poussent, autant du côté de l'offre avec la concentration des éditeurs et le leadership désormais incontesté de SAP, que du côté de la demande avec les tendances longues à l'externalisation de l'exploitation où de la maîtrise d'œuvre informatique, à la ré-ingénierie continue des entreprises qui pousse à la standardisation des moyens d'échanges, de pilotage et d'exploitation.

L'évolution du marché dans les années récentes confirme ainsi une tendance longue à la construction de systèmes d'information de gestion à base de progiciels du marché. L'ERP est une réalité qui nécessite une nouvelle approche des systèmes d'information de gestion et donc de la place de l'informatique dans l'entreprise. Elle concerne tout le cycle de vie des systèmes d'informations, des phases amont de sélection aux phases aval de stabilisation et optimisation. Des facteurs clefs de succès sont désormais bien identifiés. Un cadre méthodologique académique se construit sans avoir pour l'instant de traduction opérationnelle dans la diversité des méthodes propres à chaque éditeur.

Les usages des systèmes de type ERP sont aussi importants que les outils eux-mêmes comme le souligne le témoignage industriel concluant la rencontres « Propos raisonnables sur les ERP » organisée en 2002 par l'Ecole des Mines de Paris et l'INSA de Lyon :

« Les ERP ont-ils finalement changé en profondeur la vie des entreprises ? Non, ce ne sont pas les outils qui changent mais plutôt les hommes et les femmes qui apprennent à les connaître et à les utiliser mieux. La vie de l'ERP commence donc aujourd'hui, nous sommes à l'aube de la connaissance. Après les outils, il nous faut repenser les usages, repenser le contexte de travail, et surtout utiliser la matière grise qui restera la matière première d'une entreprise. » (Corniou 2002)

Les promesses technologiques peuvent conduire à des ruptures pour de nouvelles conceptions d'ERP du futur. Mais les réalités du marché poussent toujours à la consolidation sur quelques vendeurs majeurs qui n'utiliseront certainement pas ces innovations pour réduire leur domination économique, mais au contraire pour étendre toujours plus leur capacité à accompagner les systèmes d'information des entreprises. Ce sont donc bien, derrière les technologies et les marchés, les tendances de fond qui structurent les transformations des systèmes d'information d'entreprise qui doivent être éclairées.

Nous avons vu dans ce chapitre que le sigle ERP permet d'identifier facilement les caractéristiques de S.I. se répandant dans les entreprises de toute taille, fortement intégrés, prenant en compte toujours plus de fonctions, de situations, d'activités, contribuant à un pilotage des S.I. centré sur l'alignement de la stratégie d'entreprise, de son organisation, de ses compétences, de ses outils. Ces systèmes d'information intégrés sont de plus en plus construits à partir de progiciels proposés dans un marché marqué par la concentration. Le compromis entre standardisation et différenciation, diversité et cohérence reste dans ce contexte un enjeu pour les acteurs. Nous avons proposé une définition et un cadre d'étude des « systèmes construits à base de progiciels intégrés de type ERP » dont nous avons identifié les évolutions de long terme qui feront l'objet des chapitres suivants :

- *La modélisation des entreprises et des systèmes nécessaires à la maîtrise des projets de l'expression du besoin au pilotage de la performance obtenue,*
- *L'appropriation des systèmes d'information par les acteurs pour une plus grande maturité des usages dans un contexte de centralisation des systèmes.*
- *L'intégration informationnelle et organisationnelle par la standardisation des technologies, applications et pratiques*

Chapitre 2.2

Modélisation d'entreprise

La modélisation d'entreprise fait l'objet d'un groupe de standardisation ISO TC184 SC5 WG1 dénommé « Industrial-automation systems and integration, Architecture, communications, and integration frameworks, Modelling and architecture ». Ce groupe de travail propose des standards dans quatre domaines qui révèlent la multiplicité des points de vue nécessaires : process representation, integrating infrastructure, semantics-resolving utility, and representation of human involvement.

La modélisation est donc tout à la fois organisationnelle, informationnelle et humaine. Elle repose sur une forte diversité des usages et des acteurs, depuis les fonctions de management de ressources humaines, aux fonctions de simulation de flux et de capacités ou encore à l'aide au pilotage de projet de mise en œuvre de systèmes d'information.

C'est pourquoi nous étudierons dans un premier temps les techniques de modélisation existantes, pour situer les efforts de normalisation et de standardisation. Nous caractériserons alors leur rapport avec le système d'information, les usages de la modélisation dans les projets ERP avant d'aborder la notion essentielle de modèles de référence au cœur de la contribution de la modélisation à la standardisation des systèmes d'information.

2.2.1 Evolution des méthodes de modélisation

1 Suite IDEF

La suite IDEF²⁰ (Icam DEFinition) a été développée dans les années 70 par l'US Air Force dans un projet nommé ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing). Elle contient les vues suivantes (NIST 1993) :

1. IDEF0 : Formalisme du « point de vue fonctionnel ». Le point de vue fonctionnel est la représentation structurée des fonctions, activités ou process du système modélisé ou du sujet d'étude ; Plus connue sous le nom de SADT (Structured Analysis Design Technique), elle propose un point de vue fonctionnel sous la forme d'un graphe d'activités transformant un flux « entrant » en un flux « extrant » sous la directive de « contrôles » et avec le moyen de « mécanismes ». La représentation est hiérarchisée sous forme d'un enchaînement de diagrammes.

2. IDEF1 : Formalisme du « point de vue informationnel ». S'appuyant sur un dictionnaire contenant une définition explicite de chaque élément du modèle, elle propose des diagrammes contenant les règles et les procédures caractérisant la vue fonctionnelle dans l'objectif de définir et construire la base de donnée correspondante.

1. IDEF2 et IDEF3 : Utilisées pour obtenir un « point de vue dynamique » qui représente les caractéristiques comportementales par rapport au temps du système modélisé ou du sujet d'étude. Le formalisme IDEF2 base la modélisation de la dynamique du système sur le principe des files d'attente. Le formalisme IDEF3 complète la représentation des processus de IDEF0 en introduisant des connecteurs logiques pour expliciter les situations de synchronisation, séquence, parallélisme d'activités.

2 Méthode GIM et modèle GRAI

La méthode GIM (GRAI Integrated Methodology) a été développée par le laboratoire GRAI de l'université de Bordeaux dans le cadre des projets européens ESPRIT Open CAM et IMPCAS (Doumeingts 1984). Elle s'appuie sur le

²⁰<http://www.idef.com/>

modèle de référence GRAI et ses différents langages de modélisation, une approche structurée permettant de faire évoluer un système par étape d'un état existant vers un état cible, et un ensemble d'indicateurs permettant d'évaluer différents points de vue (cohérence, fiabilité...). Elle propose une méthode orientée utilisateur et une méthode orientée technologie. La première transforme les besoins utilisateurs en spécifications en termes de fonctions, informations, décisions et ressources. La deuxième transforme les spécifications utilisateurs en spécifications techniques en termes d'information, de composants technologiques nécessaires à la mise en œuvre du système.

Cette approche propose une démarche originale reposant sur un modèle du système décisionnel de l'entreprise, la « grille GRAI » qui définit des « centres de décision » par le croisement d'une fonction de l'entreprise et d'un couple horizon/période de décision. Cette notion conduit à différencier les échanges de décision qui représentent une dépendance fonctionnelle entre centres de décision des simples échanges informationnels. Un centre de décision est détaillé en un réseau d'activité différenciant les activités de décision et d'exécution.

La méthode GIM utilise les formalismes entité-relation de la méthode MERISE (Tardieu, Rochfeld, et Colletti 1983) pour la vue informationnelle et le formalisme IDEF0/SADT pour la vue physique et la vue fonctionnelle.

3 Méthode CIM-OSA

Le consortium ESPRIT « AMICE » a développé une architecture système ouverte pour l'intégration des entreprises industrielles (Computed Integrated Manufacturing, Open System Architecture **CIM-OSA**) comme un langage de modélisation pouvant devenir normatif (Zelm et al., 1995), (Kosanke 1995). L'objet principal de CIM-OSA est de supporter la modélisation orientée processus d'entreprises industrielles et de proposer un environnement support aux opérations des systèmes d'entreprise basés sur ces modèles. Elle identifie trois phases dans un projet d'entreprise (la spécification des besoins, la conception et la mise en œuvre). Ces phases représentent un des trois axes de l'architecture de référence dénommée usuellement le « cube CIMOSA ». Le deuxième axe (génération) est constitué de quatre vues (fonction, information, ressource et organisation) dont sont issus les « construits » de base du langage de modélisation. Enfin, le troisième axe de spécialisation (instanciation) est celui de la méthodologie descriptive supportant le cycle de vie du modèle d'entreprise et permettant de transformer le modèle générique en modèle partiel représentant un modèle de référence, puis d'adapter ce modèle partiel pour le spécialiser en un modèle spécifique à l'entreprise considérée.

Ce modèle particulier peut être mis en œuvre dans le système opérationnel de l'entreprise.

Cette approche de modélisation des processus décrit toutes les activités de l'entreprise d'une manière commune (depuis les opérations industrielles en ateliers, jusqu'aux processus de gestion et d'administration). Pour cela, CIMOSA propose une approche modulaire et hiérarchisée définissant l'entreprise par « domain » (DM) décrit à travers des « domain process » (DP) détaillés en « business process » (BP). Ceux-ci sont finalement décrits en « Activity » détaillées en « Functional Operation ».

Des extensions du modèle CIMOSA sont proposées pour répondre aux attentes de processus simultanées et de leur coordination, aux besoins de modélisation des ressources techniques et humaines, aux besoins de modélisation des organisations. (Berio et Vernadat 1999).

4 Méthode ARIS

Une architecture de systèmes d'information intégrés (ARIS, The ARchitecture of Integrated Information Systems) est proposée pour les phases d'analyse et de définition des besoins d'un système d'information de gestion (Scheer 1994a). Elle prend en compte les vues suivantes :

- ◆ La vue organisationnelle modélise les relations entre les entités d'entreprise et leur hiérarchisation.
- ◆ La vue des données décrit les objets, leurs attributs et leurs relations. Elle contient les événements qui peuvent déclencher et contrôler les processus.
- ◆ La vue fonctionnelle représente les fonctions présentes dans les processus et détermine par la création et la modification des objets et événements.
- ◆ Les vues de contrôle permettent la définition de l'aspect dynamique liant les trois autres vues.

Les construits les plus importants sont les fonctions et les événements qui permettent de représenter les processus sous la forme de « chaîne de processus dirigée par les événements » ou « Event driven Process Chain » (EPC). Le modèle EPC contrôle le flux dans le processus et permet de représenter la dynamique des processus jusqu'au niveau opérationnel. D'autres modèles sont proposés par cette méthode dont une vue plus globale des processus permettant de représenter la chaîne de valeur (Value Chain). La représentation sous forme EPC a acquis une notoriété liée à la place des projets SAP. Mais cette technique n'est pas formellement et sémantiquement complètement définie et ne peut donc faire l'objet des mêmes « preuves » qu'un formalisme de réseau de Petri. Une traduction des

EPC en Réseau de Petri est proposée pour permettre de vérifier ainsi l'exactitude de l'EPC (van der Aalst 1999).

5 Méthode GERAM

La méthode GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology) a été développée dans le cadre d'un groupe de travail IFAC/IFIP sur la modélisation d'entreprise à partir du constat que les méthodes existantes devaient être étendues pour devenir une architecture complète et une méthodologie guidant les entreprises de la conception initiale jusqu'à la mise en œuvre et l'utilisation. La méthode GERAM organise ainsi des méthodes et langages existants (Bernus et Nemes 1996). Elle est le résultat de généralisations basées sur les trois architectures précédentes les plus complètes (CIM-OSA, GIM et PERA). Elle permet de lier les cycles de vie des produits, des entreprises et des projets.

L'objectif affiché de GERAM est d'aboutir à la normalisation d'une méthode d'ingénierie d'entreprise (GEEM : Generic Enterprise Engineering Methodology, qui suppose un langage, Generic Enterprise Modelling Language GEML et des outils associés, Generic Enterprise Modelling tools, cohérents avec des modèles d'entreprise, Generic Enterprise model (GEM). GERAM distingue les concepts orientés "humains", les concepts "processus" et les concepts "technologiques". Des langages de modélisation devant permettre de décrire un processus de manière compréhensible par l'homme et par les outils.

6 Synthèse proposée par le modèle ATHENA

Le projet ATHENA²¹ « Advanced Technology for interoperability of Heterogeneous Enterprise networks and their Applications » est une initiative dans le cadre du 6^{ème} plan de recherche européen destiné à proposer un cadre de réponse aux besoins d'interopérabilité entre entreprises que suscitent leurs collaborations croissantes (ATHENA 2006). Ce projet auquel ont participé de nombreuses entreprises industrielles, éditeurs de logiciels et prestataires de services européens a produit une version finale d'une « carte » des recherches sur l'interopérabilité identifiant les pistes prometteuses pour sortir de l'émiettement des initiatives, normes et modèles. Le rapport s'inscrit dans une vision d'un environnement économique constitué d'une diversité d'écosystèmes d'entreprises, en évolution continue à travers lesquels les entreprises collaborent et sont en

²¹<http://www.athena-ip.org/>

compétition les unes avec les autres. Les activités de recherche scientifique et technique ont porté notamment sur la modélisation d'entreprise (projet A1) dans l'objectif d'étendre les méthodes existantes et de les intégrer sur des plateformes d'exécution. La modélisation peut être utilisée seule pour produire différentes vues d'un modèle, comme portail d'un autre système, ou pour contribuer à fournir un environnement utilisateur contextuel dans :

- ◆ L'ingénierie et la ré-ingénierie d'entreprise,
- ◆ La gestion du cycle de vie des produits,
- ◆ Le choix et la mise en œuvre de solution informatiques ,
- ◆ L'architecture d'entreprise pour le support des opérations.

Un langage d'échange entre différents langages de modélisation d'entreprise est proposé sous la dénomination de « POP* » pour (Process, Organisation, Product...) (Grangel et al. 2006). Il propose cinq dimensions qui caractérisent un élément d'entreprise :

- ◆ La dimension processus décrit les activités et tâches réalisées dans l'entreprise et les objets nécessaires pour les réaliser,
- ◆ La dimension organisationnelle décrit les structures et les parties prenantes et relations qui forment cette organisation,
- ◆ La dimension produit décrit les produits et services proposés,
- ◆ La dimension décisionnelle décrit les processus de décision et les structures qui leur sont nécessaires,
- ◆ La dimension infrastructure décrit l'infrastructure informatique.

Le modèle POP* identifie des « objets d'entreprise » comme tout ce qui concourt ou est une part d'une activité de l'entreprise. Ils jouent des « rôles » dans l'entreprise et peuvent avoir des « aptitudes » et un « emplacement ». Les objets peuvent être représentés selon les différentes dimensions. Celle des processus permet d'identifier les différents types de rôles qu'un processus peut avoir dans l'entreprise : « contrôle » en fonction d'un « évènement », « entrée » ou « sortie » et « ressource ». Ces rôles sont portés par des « flux » qui relient deux « points de décision », concept générique représentant tout ce qui définit la séquence globale du processus.

2.2.2 Vers le cadre 19439 et le méta-modèle 19440

Les efforts de recherche des années 1990 conduisent à un cadre normalisé pour répondre aux besoins d'une approche systémique de l'entreprise. La modélisation d'entreprise est définie par le projet ATHENA comme la capacité à

« extérioriser, construire et partager » des connaissances sur l'entreprise (ATHENA 2006). Elle est utilisée pour :

- ◆ comprendre et analyser la structure et le fonctionnement de l'entreprise,
- ◆ prévoir le comportement et les performances des processus opérationnels avant leur implantation,
- ◆ choisir la (ou les) meilleure(s) alternative(s) d'implantation(s),
- ◆ identifier les risques d'implantation à gérer,
- ◆ justifier les choix d'implantation sur des critères liés aux ressources et aux coûts,
- ◆ bâtir une vision commune du fonctionnement de l'entreprise et la communiquer facilement au plus grand ensemble possible du personnel.

Ses dimensions informationnelles, organisationnelles et économiques sont ainsi étroitement liées et en font une activité pluridisciplinaire impliquant les sciences de gestion et du management, des systèmes d'information et de l'informatique, de l'ingénierie d'entreprise. Cette diversité de points de vue est illustrée par la classification des usages qu'en propose le Tableau 2.7, identifiant ses objectifs, ses utilisateurs potentiels et les bénéfices qui en sont attendus.

User	Used to	How to use	Benefits
Supervisor	Define process guidelines in accordance with enterprise policies and strategies	Evaluate alternative scenarios	Improved validation of guidelines and policies
Designer	Design enterprise operationnal processes according to process guidelines, professional exprience and examples (reuse of models)	Create, validate and verify process design through simulation. Evaluate process alternatives	Reduced effort in process design and improved process quality (less redesign efforts)
Process owner	Support decision making in exception handling	Monitor processes. Evaluate alterantive in exception handling	Faster decision malingand improved decision quality
Operator	Perform operation and train operationnel staff	Support operation activities and provide on-line training courses	Improved Product quality. Reduced training time

Tableau 2.7.: Utilisation potentielle des modèles de processus

La multiplication des méthodes et des normes a conduit à de nombreux travaux de synthèse présentant les différents aspects de la modélisation, modèles, outils, technologies support. En 1999, un programme de travail est ainsi défini pour identifier les normes existantes, groupes de travail et perspectives à partir de l'état de l'art que représente à cette date la méthode GERAM (Kosanke et Nell, 1999). Ce

programme illustre les efforts d'unification progressive des représentations existantes vers un vocabulaire reconnu et partagé.

- ◆ La norme ISO 14258, (Concepts and rules for enterprise models, ISO 14258 2003) propose une approche systémique de l'entreprise pour permettant d'analyser, de concevoir, voir d'opérer une entreprise.
- ◆ La norme ISO 15704, (Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies, ISO 15704 2005) définit les exigences attendues d'une architecture de modélisation d'entreprise pour être complète.
- ◆ La norme ENV12204 propose une première spécification des éléments nécessaires à la modélisation dénommés des « constructs » que nous traduirons de manière littérale par « construits » dont les principaux sont les suivants : « Enterprise Activity », « Business Process », « Event », « Resource », « Enterprise Object », « Object View », « Object State ».
- ◆ La proposition de norme ISO18629 issu de travaux du « National Institut for Standard of Technology » (NIST) définit un langage dénommé « Process Specification Language » (PSL) pour l'interopérabilité entre les outils de modélisation de processus. Ce langage est construit comme un réseau de modules spécialisant des concepts de modules sous-jacents avec au cœur le module « PSL core » qui utilise les construits suivants : « activity », « activity-occurrence », « object », et « timepoint ». La grammaire de PSL est définie dans un langage formel de premier ordre permettant de réaliser des transformations en un autre langage défini formellement (XML) (Schlenoff, 1997).

A partir des travaux parallèles sur PERA aux USA, et GRAI et CIMOSA en Europe, GERAM a représenté une première convergence dans les années 1991,1995. Le processus de normalisation s'est poursuivie pour aboutir en 2002 à la norme ISO EN 40003. Chen et Vernadat (2001) ont proposé une classification de ces normes en les classant en « modèles d'entreprise », cadre d'ingénierie, langages de modélisation et infrastructures informatiques. Les travaux de comparaison ou de synthèse de méthodes conduiront à une tentative de normalisation des échanges entre modèles représentés dans des méthodes différentes. Ce sera l'objet du projet UEML qui propose un état de l'art en 2002 des nombreuses méthodes, outils et projets industriels existants et identifie les concepts et besoins d'une norme assurant l'interopérabilité entre les différentes méthodes et outils (Petit et Doumeings, 2002).

Cet état de l'art confirme la recherche de standardisation et d'interopérabilité qui fait évoluer les normes existantes pour prendre en compte toujours plus globalement les besoins émergents de modélisation (Figure 2.5). La norme ENV12204 est ainsi reprise dans la proposition de norme CEN/ISO 19440 qui définit les construits de modélisation nécessaires. La norme CEN/ISO 19439

définit les dimensions de phases, de vues et de généricité. Elle répond au x exigences de la norme ISO15704 en proposant un cadre de modélisation dans les trois dimensions ; les phases du cycle de vie du projet, la généricité permettant d'aller du générique au particulier, les vues permettant de filtrer le modèle pour en simplifier la lecture.

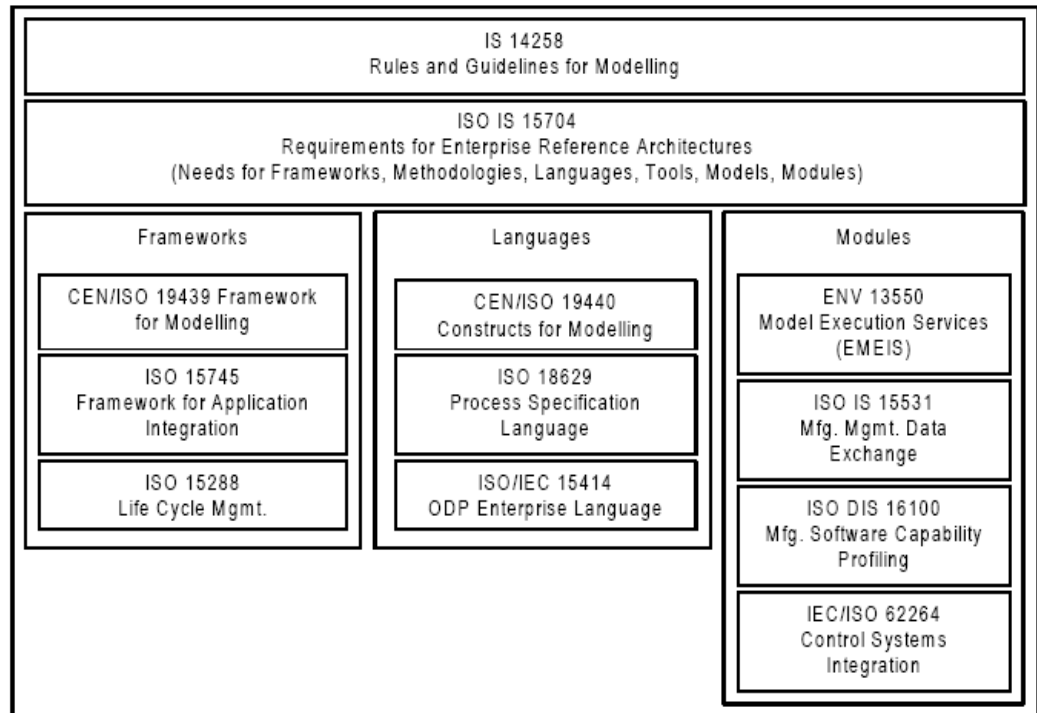


Figure 2.5: Standard de l'ingénierie d'entreprise (UEML)

La norme ISO19439 présenté sous forme de cube dans la Figure 2.6 identifie sept phases dans le cycle de vie des modèles :

- ◆ La définition du domaine étudié : Do (Domain Identification),
- ◆ La définition des concepts nécessaires : C (Concept Definition),
- ◆ La définition des besoins de l'entreprise : R (Requirements Definition),
- ◆ La conception du modèle : D (Design Specification),
- ◆ La mise en œuvre du modèle : I (Implementation description),
- ◆ L'usage du modèle dans les opérations : O (domain Operation),
- ◆ Le retrait ou l'arrêt des opérations : Dc (Decommission definition).

Elle propose quatre vues sur ces modèles :

- ◆ la vue organisationnelle
- ◆ la vue informationnelle
- ◆ la vue fonctionnelle

◆ la vue des ressources

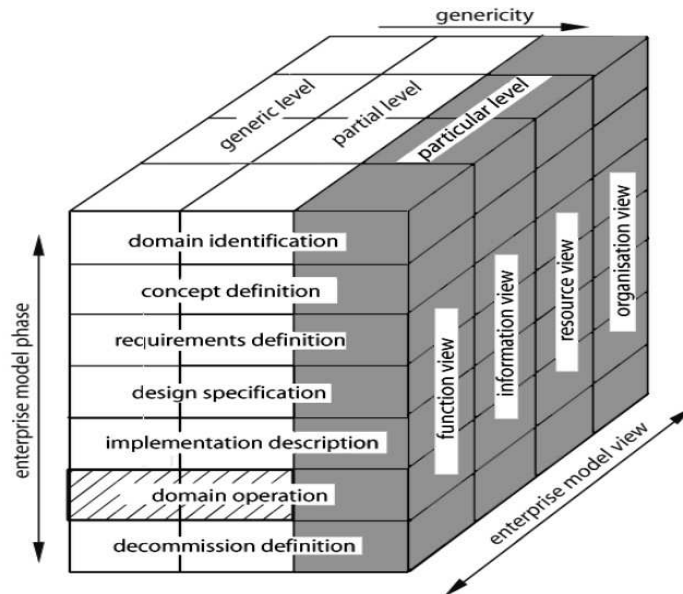


Figure 2.6 le cadre de modélisation 19439

Enfin, les trois niveaux de généricité sont :

- ◆ Le niveau générique des construits réutilisables dans tout contexte,
- ◆ Le niveau partiel des prototypes adaptés à des typologies d'entreprise,
- ◆ Le niveau particulier, modélisant un domaine particulier d'une entreprise.

Dans ce cadre de modélisation, Les construits proposés par la norme 19440 constituent le vocabulaire d'un langage de modélisation d'entreprise et sont présentés dans la Figure 2.7.

Ce modèle de construits rejoint sur de nombreux points les résultats du projet UEML qui présente un « méta-modèle » dépendant du contenu et spécifique au domaine de la modélisation d'entreprise. Ces efforts de mise en cohérence des méta-modèles restent un enjeu de recherche comme le montre la comparaison des construits UEML et ISO 19440 (Wohed et al., 2006) ou la proposition résultante du projet ATHENA d'une norme d'échange entre formalismes dénommé « POP* » (Process, Organization, Product,...), ou encore la proposition d'un langage complémentaire pour la modélisation des compétences (UCML) (Pépiot et al. 2007).

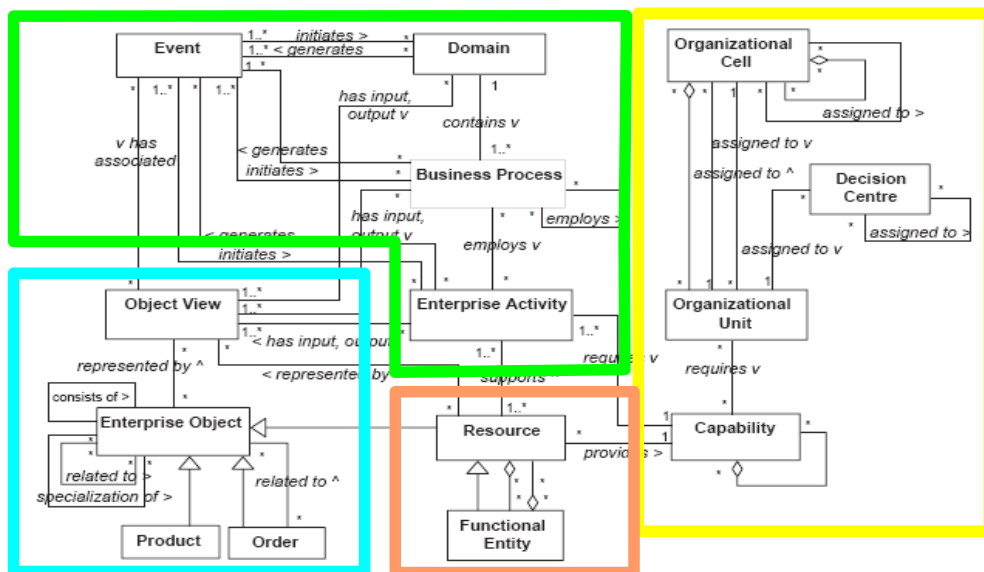


Figure 2.7 Les construits du méta-modèle 19440 et les 4 points de vue

Le cadre représenté par les normes ISO19439 et ISO19440 peut être considéré comme un état de l'art opérationnel pour étudier le pilotage par les modèles des entreprises et des systèmes d'information.

2.2.3 Modélisation et système d'information

1 Modélisation d'entreprise et de système d'information

Dès l'origine de la modélisation d'entreprise, la différence entre la modélisation des processus de l'organisation et la modélisation des systèmes informatiques qui la supporteront sont clairement différenciés. Ainsi si le modèle CIMOSA propose des « construits » orientés informatique, ils ne font pas partie du modèle de processus lui-même :

« These constructs cover all the important aspects of a manufacturing process. IT oriented modelling constructs complement this set for use by system design and implementation experts. However, these constructs are not part of the CIMOSA Business Modelling Process as described... » (Zelm, Vernadat, et Kosanke 1995)

De fait, les acteurs concernés par la modélisation d'entreprise sont multiples, depuis le décideur du type d'organisation recherché, du niveau d'intégration ou au contraire d'autonomie des différentes entités, jusqu'à l'utilisateur opérationnel réalisant les activités décrites dans le modèle en utilisant des outils décrits dans le modèle, en passant par l'utilisateur qui aura la possibilité d'adapter certains processus à des niveaux de détail divers pour tenir compte d'aléas ou de cas particulier. C'est ainsi que deux méthodes de modélisation sont proposées pour l'expert en modélisation et l'utilisateur métier dans le cadre de la méthode CIMOSA :

« Whereas the modelling expert will be involved in creating new models, structuring the model contents and developing new modelling components, the business user will use process models for decision support. The latter therefore has a need to modify and adapt enterprise models to represent operational alternatives. » (Kosanke et Zelm 1999).

Dans cette approche, la différence entre le point de vue expert et le points de vue utilisateur relève de la méthode qui fait l'objet de l'étude, mais qui s'appuie pour les deux points de vue sur un modèle et un outil de représentation commun. De fait, c'est le périmètre d'usage des outils et de la contribution au modèle qui constitue la différence, l'expert intervenant en amont et l'utilisateur en aval sur les objets CIMOSA créé par l'expert.

Considérant que « “enterprise engineering” projects are of broader scope than “software engineering” projects », il est tentant de chercher à assurer la cohérence d'un point de vue « métier » et d'un point de vue « informatique » en proposant d'associer deux techniques de modélisation adaptées. C'est ainsi qu'une démarche d'intégration en modélisation d'entreprise est proposée en utilisant en amont des projets UML une définition des besoins utilisant les normes IDEF (Kim et al., 2003) . Pour ces auteurs, la modélisation d'entreprise utilisée comme frontal de la modélisation de logiciel, permet d'assurer la cohérence entre plusieurs points de vue de modélisation. Ils soulignent que les systèmes d'entreprise à base de composants auront besoin dans un futur proche d'être conçu, réalisé, distribué, mis en œuvre et modifié dans un contexte global commun (« a big picture »). Cela suppose d'approfondir les synergies entre les concepts, modèles et outils des modèles d'entreprises et des architectures de systèmes d'information distribués.

Le projet UEML identifie ainsi comme perspective de recherche après la réalisation de l'interopérabilité entre méthodes de modélisation d'entreprise, la clarification du lien entre modélisation d'entreprise et les logiciels du système d'information. Cette relation concerne autant les spécifications de sélection d'applications standard (ERP, SCM, CRM...), que les outils d'intégration de type EAI ou encore les spécifications de logiciels spécifiques (Figure 2.8).

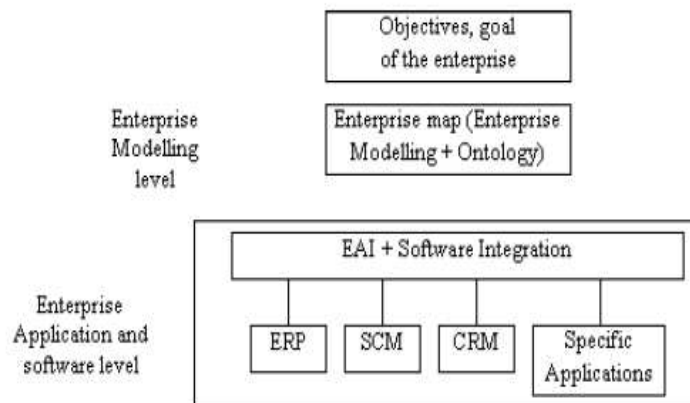


Figure 2.8: Modélisation d'entreprise et application informatique (UEML)

Cette vision conduit à considérer que les applications standard d'entreprise devront perdre leur architecture centralisée au profit d'une architecture distribuée permettant la sélection de fonctions à partir de la granularité souhaitée dans le modèle d'entreprise. Une telle transformation ne peut pourtant être pensée en dehors des réalités économiques qui poussent au contraire à la concentration toujours plus forte des éditeurs de telles applications d'entreprise autour de leaders mondiaux comme SAP. La problématique de la cohérence entre un modèle d'entreprise et le modèle implicite porté par les applications standard est donc un enjeu de recherche essentiel au cœur de cette thèse. Il faut noter cependant que si les acteurs de la modélisation d'entreprise cherchent à « piloter » les systèmes d'information, les acteurs des systèmes d'information cherchent à « modéliser » les organisations et processus d'entreprises. C'est ainsi que de nombreux travaux portent sur l'extension de UML par l'ajout de nouveaux formalismes dédiés à la représentation de processus métiers. Un exemple de ce type de représentation se diffuse progressivement dans les outils UML (Eriksson et Penker 1997). De même, l'organisme OMG propose de travailler à une évolution des modèles d'activité de UML avec une nouvelle méthode dénommée Business Process Definition Metamodel (BPDM).

Cette dualité est illustrée concrètement dans l'architecture de l'ERP BAAN qui sera le support d'une application de nos travaux présentée dans la partie . Les entités de l'organisation sont modélisées dans l'outil de modélisation de cet éditeur (DEM) mais sont aussi des données de base des applications informatiques. Cela se traduit très concrètement par un module gérant les entités organisationnelles d'un point de vue modélisation d'entreprise (le module « Enterprise Management »,

tcemm) et d'un point de vue système d'information (le module « system tables », tcems). On retrouve dans les deux modules les notions de magasins, centres de charge, service achat, service commercial, dans leur double sens d'entité organisationnelle et informationnelle.

2 Modélisation d'entreprise et ERP

L'enjeu de la modélisation comme outil support des méthodes de projets ERP apparaît très tôt comme une condition de réussite des projets, afin d'aider à la conduite des décisions de projet et au compromis entre adaptation de l'ERP et adaptation de l'organisation. La conduite des changements décidés devient en effet l'enjeu principal des projets et suppose une capacité de représenter ces changements et leurs impacts sur les processus et l'organisation de l'entreprise. Cette confrontation entre besoin de l'entreprise et solutions standard de l'ERP est identifiée comme une évolution de projets 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 » (Botta-Genoulaz 2005).

Dans cette démarche, la modélisation est d'abord identifiée comme complémentaires aux tâches d'implémentation d'un ERP, notamment comme outil de spécification des besoins d'un projet ERP :

« The finality of the specifications book is to evaluate the appropriateness between an answer of both integrator / editor of packages and the requirements of the enterprise » (Doumeingts et al. 2000).

Si la connaissance la plus précise de l'existant et des améliorations nécessaires est le meilleur critère de réussite du projet ERP, la réalisation du projet ainsi défini relève souvent d'abord de tâches techniques de paramétrage :

The use of parameterized or standard components does not render business models redundant, but shifts the modeling focus even more from technical aspects to the real-world business processes. (Gulla et Brasethvik 2000)

Une comparaison est faite avec la modélisation de produit pour prendre en compte la variabilité en cherchant à rendre les modèles « configurables » pour représenter une entreprise particulière (JC Wortmann 2001) La notion de variabilité est commune aux modèles (configurables) et aux applications (paramétrables).

Des outils de modélisation apparaissent dans les projets (ARIS Tool Set, DEM, Workbench, Livemodel...), ce qui permet de premiers travaux permettant de les situer par rapport aux techniques de modélisation du génie logiciel (Merise,

UML, IDEF0...) ou de la modélisation d'entreprise (CIM-OSA, GRAI-GIM...). La multiplicité des points de vue nécessaires est illustrée par une classification des pratiques de modélisation constatées dans un grand projet européen. Celles-ci sont classées selon trois axes : modélisation « fonctionnelle » qui décrit ce que propose la solution ERP, modélisation « workflow » qui décrit la dynamique des acteurs et modélisation « business » qui décrit les objectifs d'entreprises, les risques et la performance. (Gulla et Brasethvik 2000). Une approche issue des sciences de gestion conduit à identifier quatre modèles (Figure 2.9) en jeu dans un projet ERP à partir du croisement entre les processus, le système d'information et la culture de l'organisation :

- ◆ Le modèle de l'existant « ASIS » qui décrit la culture existante dans l'organisation, les processus et le système d'information existant.
- ◆ Le modèle cible « TOBE » qui décrit le système objectif idéal dont les changements nécessaires dans l'organisation, les rôles, les règles de gestion, donc comprenant
- ◆ Le modèle ERP (EMM), qui est marqué par la culture de ses concepteurs
- ◆ le modèle probable « MIGHTBE » qui est le résultat de la mise en œuvre des nouveaux processus et des nouveaux logiciels par les acteurs dans le contexte de leur culture

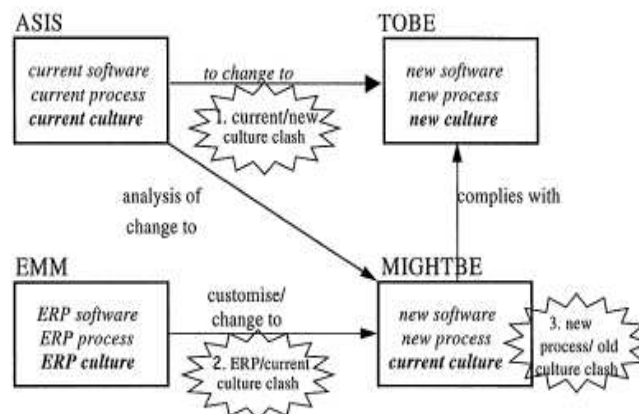


Figure 2.9: Les modèles d'un projet ERP (Krumbholz et Maiden 2001)

La réalité d'un modèle propre à l'ERP ne fait pas de doute malgré la capacité de ces systèmes à s'adapter à des situations variées. De fait, un processus est supporté par des fonctionnalités logicielles qui sont des programmes standard s'appuyant sur des modèles informatiques. C'est notamment le cas pour le modèle de données qui se traduit dans toutes les applications de gestion par une base de données relationnelle dont les contraintes d'intégrité sont figées dans l'application.

Leur modification est toujours lourde de conséquences dans la maintenance future du système. Il y a donc bien des contraintes dans la capacité du logiciel à supporter tel ou tel processus. Ces contraintes pourraient être levées en supprimant les contrôles d'intégrité de la base pour les réaliser dans les programmes eux-mêmes afin de les rendre paramétrable en fonction des processus. L'efficacité de la base de données repose pourtant sur sa performance dans l'optimisation des requêtes complexes, ce qui suppose au contraire le maximum de règles dans la base de données.

Le modèle de référence implicite de l'ERP et son rapprochement avec le besoin de l'entreprise doit alors être placé dans le cadre de référence. C'est ce que propose Darras (2004) qui place la solution standard, le système d'information résultant, le modèle de référence et le modèle cible dans les deux axes de généralité et d'instanciation du cadre GERAM (Figure 2.10).

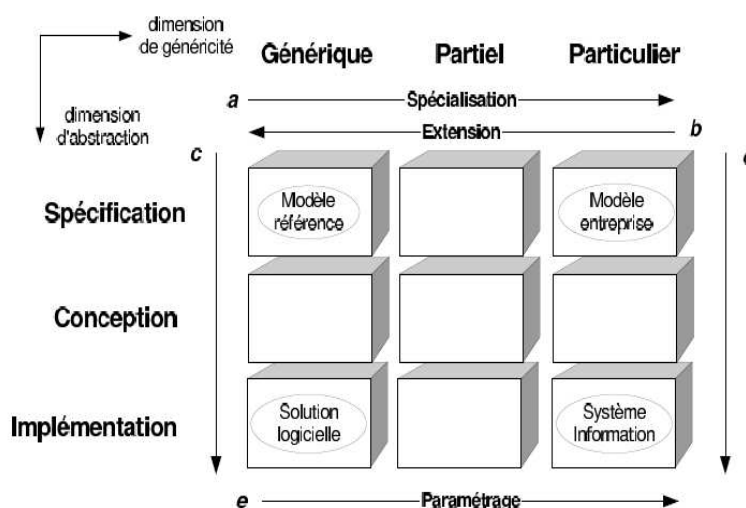


Figure 2.10: Un cadre de référence (Darras 2004)

Cette recherche de généralité dans le modèle se retrouve dans les tentatives « d'extraire » de l'application la définition des processus en les formalisant dans un système de Workflow venant piloter des actions élémentaire sur la base de données. En effet, un ERP peut être vu comme un système de gestion des processus qui sont déclenchés par et provoquent des transactions informatiques et des flux d'informations. Mais la différence essentielle entre les deux types de systèmes concerne bien le modèle de processus qui représente le comportement du système dans une situation donnée. Un système de Workflow se comporte exactement sur la base du processus spécifique modélisé de manière spécifique dans la conception du

système, alors qu'un ERP se comporte sur la base du processus standard défini par le concepteur de l'ERP tenant compte des paramètres défini dans le projet ERP. La comparaison peut être formulé ainsi :

- ◆ le modèle de processus dans un ERP est implicite, standard et paramétrable
- ◆ le modèle de processus dans un Workflow est explicite et spécifique

C'est aussi ce qu'affirme les promoteurs de l'approche des « commercial off the shelf (COTS) » ou produit sur l'étagère, qui fondent leur approche méthodologique des projets progiciels sur le constat suivant :

« Products have built-in assumptions about how they will be used. These may not match the processes of the system's users, resulting in clashes. Each product is built around some idea of how it will be used, whether those ideas are explicit or implicit; if those process ideas do not match the end-users' ideas, then clashes result » (Oberndorf 2000).

L'ERP est donc bien porteur d'un modèle de référence propre, mais le plus souvent largement implicite si des actions n'ont pas été réalisées pour en proposer des représentations complémentaires à l'ERP, le plus souvent supporté par des outils de modélisation externes aux applications transactionnelles. C'est le cas du référentiel de processus SAP utilisé dans l'outil de modélisation ARIS ou du modèle de référence utilisé dans le module DEM de BAAN. Il faut donc des architectures rendant ce modèle plus explicite, voire le plus externe possible à l'ERP lui-même, tout en conservant la pertinence d'un référentiel standard et son intégration avec l'ERP pour en faciliter le paramétrage et la mise en œuvre.

Ce contexte de la place de la modélisation dans un ERP peut être éclairé par les activités de projet qui sont les cas concrets d'utilisation de la modélisation d'entreprise dans un projet ERP (Botta-Genoulaz et al., 2001).

- ◆ La modélisation est utilisée dans les projets de mise en œuvre d'ERP pour aider à la configuration de l'ERP en plaçant les paramètres nécessaires dans le contexte des processus de gestion clairement définis,
- ◆ Elle est aussi utilisée dans le pilotage du changement dans les S.I. basées sur un ERP pour tenir compte d'une nouvelle activité de l'entreprise,
- ◆ Elle peut être enfin utilisée pour la génération d'environnement d'exploitation de l'ERP correspondant à l'organisation définie par les processus. Ce peut être le cas par exemple de la génération des autorisations, des postes de travail...

Cette modélisation n'a donc pas pour but de « concevoir » ou « générer » le logiciel qui existe déjà. C'est ce « point de vue » de modélisation qui différencie la modélisation ERP de la modélisation du S.I. La modélisation doit avoir pour but de « configurer », « paramétrer », « intégrer » les processus standard de l'ERP.

Une architecture distribuée de « composants logiciels » peut supporter les différentes vues d'un modèle CIMOSA en plaçant l'ERP, le PLM, le CRM..., comme des ressources échangeant des messages avec les processus pilotés par l'application conçue avec CIMOSA (Abdmouleh et al., 2004). Mais la modélisation qui porte l'intégration de l'entreprise est alors externe aux ERP qui ne jouent qu'un rôle de « transaction » échangeant des messages avec l'architecture assurant le pilotage. Or l'ERP porte les dépendances qui représentent l'intégration. Il peut y avoir conflit entre l'intégration assurée par l'ERP et le processus modélisé dans l'architecture d'entreprise. Cette approche ne suffit pas à prendre en compte la place structurante prise par les ERP dans les architectures des systèmes d'information d'entreprises.

La relation profonde entre modélisation d'entreprise et modèle implicite de l'ERP suppose de mieux identifier les objectifs de la modélisation, de l'automatisation d'une transaction au pilotage de la conduite du changement organisationnel. La méthode GRAI situe ainsi la modélisation d'entreprise dans l'aide au pilotage de projet ERP. Dans le contexte de cette méthode, la modélisation aide à la construction du cahier des charges pour la recherche d'un éditeur/intégrateur. Le contenu des besoins détaillés de ce cahier de spécifications est classique (fonctionnal requirements, data description, interfaces, constraints..) ce qui conduit à un questionnaire pondéré. Le modèle d'entreprise est réutilisé pendant le projet pour aider au compromis entre « adapter l'entreprise au progiciel ou adapter le progiciel à l'entreprise ».

Pour assurer la cohérence entre les deux niveaux, il faut rechercher les conditions d'un pilotage par les modèles du système d'information d'entreprise, clef d'une compréhension globale de l'entreprise, ce que certains proposent de désigner sous le sigle ERPIII (Delen et al., 2005). Des architectures de pilotage par les modèles (MDA) proposées en informatique permettent de formaliser les processus, informations, entités organisationnelles et systèmes afin de rapprocher les modèles d'applications hétérogènes comme un ERP et une solution CRM (Charalabidis et al., 2005).

Pour éclairer cette relation entre modélisation et ERP, les différentes approches doivent être situées dans leur objectif, de l'aide à la décision humaine comme objectif « managérial » à l'instanciation informatique comme support d'exploitation des objets modélisés. C'est ce que propose le cadre de positionnement des techniques de modélisation proposée par Katzy et Sung (2003). La Figure 2.11 situe les techniques de modélisation sur un premier axe définissant le destinataire de la modélisation, acteur humain ou informatique, et sur un deuxième axe définissant l'objectif de l'utilisation du modèle, modèle de compréhension ou modèle support à l'exploitation. Le positionnement dans la

matrice à des conséquences importantes sur le niveau exigé de granularité et donc d'effort nécessaire et de flexibilité possible. Une démarche d'intégration de la modélisation d'entreprise dans l'ingénierie des S.I. doit se situer dans ce cadre.

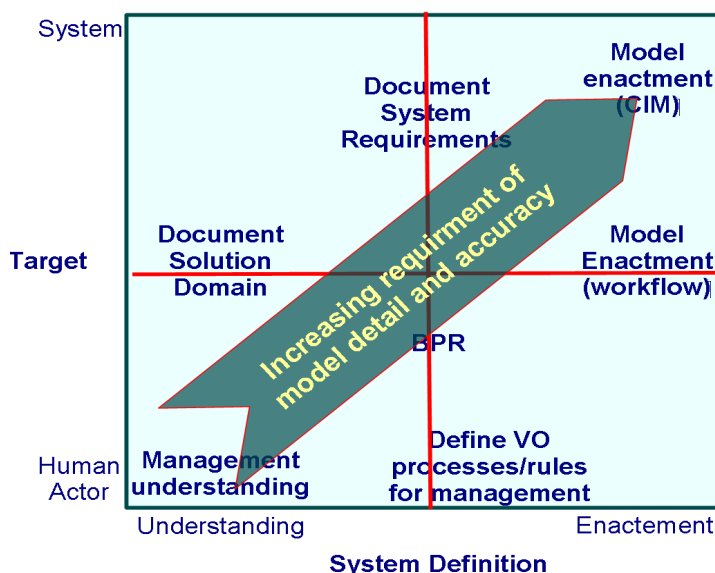


Figure 2.11: Cadre de positionnement des techniques de modélisation

3 Outils de modélisation pour les projets ERP

Les outils de modélisation existants sont nombreux mais de nombreux projets utilisent uniquement des outils de représentation graphique facilitant la communication entre acteurs dans l'équipe projet. Nous nous intéresserons aux outils de modélisation qui proposent un cadre spécifique de modélisation d'entreprise et/ou une intégration particulière avec un ou plusieurs ERP. Ces outils sont les mieux à même d'illustrer la problématique évoquée précédemment. En effet, pour que la modélisation soit le support du pilotage du projet et du système d'information, il faut que le paramétrage et l'adaptation du système d'information puisse se faire en conformité avec le modèle. Cela nécessite une cohérence entre le référentiel de l'ERP et celui de modélisation :

If business processes are properly redesigned and business process models document the improved situation accordingly, ERP systems can be configured by these conceptual models. However, this requires that the process models are linked with the repository of the respective ERP system (Scheer et Habermann 2000)

Certains outils sont directement issus des méthodes académiques de modélisation d'entreprise. La méthode GRAI-GIM est ainsi traduite dans un outil de modélisation : IMAGIM de la société créée par les auteurs de la méthode GRAISOFT. Il permet la représentation graphique des différents modèles de la méthode : Actigramme, Grille GRAI, réseau GRAI et entités/rerelations. Les auteurs soulignent l'enjeu de la modélisation d'entreprise pour maîtriser la difficulté d'un projet ERP (Doumeingts et al, 2000). La méthode CIM-OSA a été traduite dans plusieurs outils génériques de modélisation dont CimTool de la société RGCP (Gaches et Chaumont 1999) principalement dédié à la mise en œuvre de CIM-OSA et FirstSTEP Process Modeler développé par la société Interfacing Technologies Corporation qui est un outil de modélisation générique (Levi et Klapsis 1999). Les projets s'appuyant sur une modélisation CIMOSA ont deux résultats reconnus selon l'éditeur de CimTool :

- ◆ une aide à la compréhension et à la communication auprès des utilisateurs,
- ◆ la possibilité d'outiller le modèle dans une approche Workflow

Cependant, l'utilisation de tels modèles dans un contexte ERP n'est pas évoquée. Le cas étudié se déroule pourtant dans une grande entreprise équipée d'un ERP. Les activités de maintenance et de réparations sur les installations qui font l'objet du projet ont nécessairement des conséquences de gestion, entre autres sur le suivi des stocks consommés et des temps passés. Ces conséquences de l'intégration dans l'entreprise et qui sont traduites dans l'ERP ne peuvent être prises en compte qu'à travers le travail de modélisation par les acteurs du projet. Le « modèle » implicite de l'ERP doit être reconstitué dans un processus nécessitant des simulations, donc de nature « essai/erreur ». Il est tout à fait possible qu'un modèle valide du point de vue CIM-OSA ne soit pas réalisable dans l'ERP sans modification substantielle de l'ERP. L'outil de modélisation d'entreprise n'est pas encore en situation de « piloter » le système d'information.

La méthode ARIS a été dès l'origine traduite dans un outil de modélisation aux capacités larges, mais dont le développement a accompagné la diffusion de la méthode elle-même. Cet outil permet de représenter de nombreux modèles différents tout en assurant leur cohérence à travers des vues de contrôle permettant de relier les objets des différents modèles. L'outil qui était dénommé « ARIS Toolset » et s'appelle désormais « Business Architect » pour un usage avancé et « Business Designer » pour un usage de base. De nombreux modules complémentaires sont proposés dans la suite (simulation, gestion de performance). De plus, une version propre à l'ERP SAP intègre la capacité de synchroniser les modèles réalisés dans ARIS avec des objets de l'outil de gestion de projet SAP, SAP Solution Manager. La synchronisation peut être utilisée dans les deux sens. Elle permet de réaliser une forme de « rétro ingénierie » des processus SAP en créant le

modèle ARIS correspondant à un ensemble de fonctions SAP. Elle permet à l'inverse de gérer de manière dynamique le périmètre fonctionnel SAP correspondant à un ensemble de modèles de processus ARIS (Scheer et Habermann 2000).

Le concept de modélisation dynamique d'entreprise a été proposé par l'éditeur de l'ERP BAAN (Van Es et Post 1996), aujourd'hui édité par la société INFOR. Il propose la modélisation de l'organisation et des processus de l'entreprise comme outil de configuration de l'ERP et de pilotage des projets. En complément de l'outil, des modèles de référence, adaptés à différentes typologies et secteurs d'activités sont proposés. Cet outil et ces modèles de référence sont utilisés dans les phases de sélection de solution en avant-vente des projets ERP comme un support de la recherche de l'adéquation entre le besoin et la solution. Ils sont utilisés pendant les projets comme outil de définition d'un périmètre, d'identification des écarts en terme d'organisation et de processus métiers, puis de configuration de l'ERP par la possibilité de générer les paramètres et les postes de travail utilisateurs. Ils sont enfin utilisés en phase d'optimisation comme support des démarches de ré-ingénierie facilitant la traduction des changements métiers décidés en actions sur le système d'information.

Le premier niveau de modélisation est celui de l'entreprise organisée en entités centres de profits « Business Unit » qui se décompose en société logistiques « Logistics Units » responsable des flux d'ordres et des flux logistiques, des fournisseurs aux clients, et en société financière « Financials Units » qui comptabilise les flux financiers. Une entité centre de profit, est le croisement d'une société logistique et d'une société financière et est décrit par un modèle de contrôle métier « Business Control Model ». Ce modèle identifie les principales fonctions, les principaux déclencheurs externes ou internes afin de définir les principaux processus métiers qui pilotent les ordres, les flux physiques et les flux de gestion. Ce modèle est détaillé en un modèle de fonction « Business Function Model » qui permet de construire l'adéquation avec le référentiel fonctionnel de l'ERP. Les processus sont eux détaillées en utilisant le formalisme des réseaux de Petri en traitant les places comme des états d'informations ou d'ordres liés à un flux et les transitions comme des activités qui peuvent être réalisées à l'aide de l'ERP ou d'autres outils.

La relation ainsi établie à un niveau détaillé des activités des processus et des composants du système d'information permet d'aborder la conduite de changement d'un système d'information comme la mise en œuvre d'un changement de version d'un produit en conception mécanique. L'ensemble des relations entre composants et processus représentent une forme de « nomenclature » qui permet

d'organiser la mise en œuvre de nouveaux composants dans le cadre du modèle d'entreprise (JC Wortmann 2001)

Une comparaison entre CIM-OSA et DEM permet de considérer que DEM est un point de départ cohérent avec la modélisation CIM-OSA qui doit être complétée par les concepts de ressources et d'informations. (Cuenca, Hawa, et Ortiz 2001). Une comparaison entre d'une part CIMOSA, ENV 40 003, ARIS et DEM, et d'autre part les caractéristiques des outils de modélisation issus de l'ingénierie de conception produit, conduit à identifier plusieurs enjeux de la modélisation nécessaires à la robustesse des outils proposés en terme de gestion des versions des objets modélisés, des différentes vues et représentations possibles, du cycle de vie et du statut des objets, de la généricité de modèles et des possibilités de paramétrage des instances facilitant leur mise en œuvre dans un ERP (Wortmann et al., 2000).

Les outils provenant du marché des ERP sont ainsi de bons supports potentiels des méthodes plus générales de modélisation d'entreprise et apportent une capacité d'intégration au système d'information qui répond à une exigence des acteurs industriels.

2.2.4 Modélisation et modèles de référence

L'existence de méthodes et langages de modélisation conduit à poser la question de la nature des modèles réalisés avec ces méthodes et langages. Destinés à faciliter la compréhension humaine avant tout, ils peuvent donner lieu à une forme de « capitalisation » des connaissances permettant leur réutilisation d'un projet à un autre. C'est bien d'ailleurs le sens de la notion de généricité portée par les méthodes de modélisation qui propose de modéliser non de manière spécifique à chaque cas étudié, mais à partir de « modèles de référence » qui ont été construits dans une démarche de standardisation. Un « modèle de référence » est à la fois un modèle au sens du « patron » des couturiers, facilitant la construction d'un artefact par copie et une référence faisant autorité dans une communauté. Les systèmes construits avec sont plus facilement analysables et comparables car leur structure est partiellement connue « de l'extérieur ».

Cette standardisation concerne d'abord la capacité à interpréter et échanger des modèles. C'est ce qu'identifient les promoteurs de CIMOSA;

« To provide the required model inter-operability, the models have to adhere to a common representation for both model enactment and human understandability. International standardisation is a means to provide the necessary model commonality » (Kosanke et Nell 1999)

Mais le contenu possible de la standardisation des modèles fait beaucoup plus discussion et les mêmes auteurs limitent cette standardisation à ce qui conditionne l'échange entre entreprises :

« Standardising the enterprises, parts of the enterprise, the products, the information transferred, and the processes, is probably not going to be a productive use of standard-making resources. What seems more usable is to standardise the interfaces between components, the nomenclature, and the formats »(Kosanke et Nell 1999)

Pourtant, on peut constater le développement de pratiques de pilotage d'entreprises identifiées et traitées comme des éléments de connaissance et de compétences pouvant faire l'objet de formations, d'évaluations, d'analyses comparatives.

- ◆ C'est le cas depuis longtemps de pratiques comptables s'appuyant sur la normalisation du plan de compte selon les règles légales de chaque pays, mais conduisant à des processus reconnus comme des « bonnes pratiques » pour, par exemple, la clôture comptable, l'imputation des coûts indirects. Une méthode de gestion comme la comptabilité des coûts par activité fait l'objet de pratiques métiers fortement structurées et diffusées.
- ◆ C'est aussi le cas depuis les années 60 des méthodes de gestion des approvisionnements comme le MRP. Les processus et les rôles des acteurs de la planification industrielle et commerciale, du plan directeur, des approvisionnements ont été progressivement formalisés et diffusés sous des formes variées mais conduisant à l'identification de « bonnes pratiques » qui sont nécessairement à la base de tout travail de modélisation des processus de planification d'une entreprise industrielle.
- ◆ C'est encore le cas du modèle de pilotage d'une chaîne logistique avec le modèle de référence SCOR (Stephens 2001) qui propose un ensemble de processus, indicateurs, pratiques, fonctionnalités définies du point de vue de leur utilité dans le pilotage de la performance d'une chaîne logistique.

La standardisation est de fait une réalité économique liée à la nécessité de réduire les coûts d'appropriation de pratiques en évitant de « reconcevoir la roue » à chaque projet. Les modèles de référence qui proposent des référentiels de contenu dans un langage de modélisation donné sont donc un enjeu essentiel de la modélisation d'entreprise.

C'est ainsi que GERAM introduit les « generic enterprise models » qui sont de trois types (Bernus et Nemes 1996) :

- ◆ « Blocs de base » qui représentent des parties communes à plusieurs classes d'entreprises et peuvent être utilisés comme blocs de construction d'un modèle complet.

- ◆ « générique » (abstrait) qui modélisent des standards (« commonalities ») de classes d'entreprises en laissant de côté les détails pour être réutilisables dans un projet de modélisation comme une base à compléter,
- ◆ « prototypes » qui représentent une entreprise d'une certaine classe et peuvent être utilisés comme base pour développer un modèle cible d'un cas particulier.

Des exemples de « blocs de base » existent (Reyneri 1999). Leur spécialisation dans des métiers ou des typologies particulières d'entreprise nécessite de normaliser les vocabulaires métiers utilisés. De ce point de vue, un modèle de référence représente une connaissance dont la compréhension doit être partagée par différents acteurs et différents points de vue. Cette connaissance ne peut être formalisée uniquement par le méta-modèle des concepts qu'elle utilise, mais aussi de manière extensive par les listes de leur instance et de leurs relations. C'est ce rôle que jouent plusieurs normes définissant le contenu des échanges de données dans le commerce électronique (RosettaNet 2002), les échanges collaboratifs industriels (Odette 2004), les échanges techniques avec la norme STEP (ISO 10303 2006). C'est ainsi que les ontologies deviennent un enjeu de la modélisation d'entreprise pour passer des modèles génériques à des modèles particuliers instanciés dans des contextes d'entreprise particuliers (Osterwalder 2004).

1 Manuel de processus du MIT

Le projet « handbook process » du MIT propose un référentiel de processus issu de projets dans de grandes entreprises (Malone et al., 1999). Il est un support pour analyser les processus à différents niveaux d'abstraction, en capturant ensuite à la fois les détails des processus spécifiques et leurs structures profondes tenant compte de leurs similarités.

Pour cela, contrairement aux techniques proposant uniquement une analyse hiérarchique des processus décomposant un processus en ses composants sur une dimension, le projet du MIT organise la connaissance de l'entreprise autant par une décomposition d'un processus en ses composants, que par une analyse croisée des typologies de composants nécessaires constituant ainsi une « boussole de processus » dans laquelle la dimension verticale représente la décomposition en composants, et la dimension horizontale illustre les différentes situations ou contextes dans lequel s'exprime ces composants. Ainsi, la décomposition d'un processus de vente qui inclut une activité de saisie de commande, aura un certain nombre de variantes selon une typologie commerciale, industrielle ou technologique (ventes en ligne, vente au détail, ventes à un distributeur...). On retrouve l'axe de généralité ISO19439.

Sur l'axe de ces « typologies » qui permettent d'organiser la généralisation / spécialisation des processus se trouve au premier niveau, l'activité la plus générale qui est désignée sous le verbe « act » et qui peut se spécialiser en ; Create , Modify, Preserve, Destroy, Combine, Separate, Decide, Manage, Unclassified. Les domaines couverts par ce modèle de référence recouvrent l'essentiel des activités d'une entreprise industrielle avec les domaines suivants : Procurement, Supply Chain Management, Marketing, Sales, Information Systems, Human Resources, Strategic Planning, Finance/Accounting, Manufacturing/Logistics, Engineering. Enfin, l'approche par spécialisation s'inspire des approches objets en génie logiciel en considérant qu'un processus spécialisé « hérite » des propriétés et notamment de la décomposition de son père, sauf à venir la redéfinir en « surchargeant » la définition du processus spécialisé. L'activité « deliver » du processus « sell per mail order » est héritée du processus plus générique « sell », alors que l'activité « identifying prospect » est remplacée par l'activité « obtaining mailing list ».

En complément, le modèle du MIT propose une classification des « dépendances » entre processus en s'inspirant des travaux de Thompson (1967) sur les dépendances entre organisations. Les différentes situations de dépendances entre processus sont analysées :

- ◆ « Fit » où deux processus contribuent à produire la même ressource,
- ◆ « Flow » où un processus amont produit une ressource nécessaire à un processus aval,
- ◆ « Share » où deux processus utilisent la même ressource.

Ces différentes situations de dépendances permettent d'identifier les mécanismes adaptés de coordination complétant le modèle de processus par un modèle de coordination. Ces mécanismes recouvrent notamment les méthodes de pilotage industriel (Make To Order/Make To Stock, Quantité économique ou Kanban...) et viennent compléter le référentiel de processus en s'inscrivant dans la même structure d'un axe de décomposition et d'un axe de spécialisation.

Cette notion de spécialisation de processus venant prendre en compte le contexte d'instanciation du processus dans une entreprise suppose de pouvoir définir et identifier clairement ces contextes sous forme de typologies ou taxonomies de contexte. Cela recouvre la notion répandue de « modèle métier ». Au-delà des typologies économiques existantes, la notion de « business model » est ainsi étroitement associée aux modèles de référence orientée processus. C'est ainsi que le MIT propose un « Business Model Architecture » à travers une approche plus globale définissant des « modèles d'entreprise », non par une analyse détaillée des processus impliqués, mais par une classification générale de ce qui est vendu et de comment cela est vendu (Wei et al., 2005).

Le Tableau 2.8 représente les 16 typologies classées selon deux axes :

- ◆ Le premier axe identifie ce qui est vendu en terme de droits (bien physique, droit d'usage, mise en relation) en détaillant le « créateur » du bien d'un « distributeur » et proposant ainsi 4 modèles génériques de base (Fabriquant, Distributeur, Propriétaire, Courtier).
- ◆ Le deuxième axe identifie ce qui est vendu en termes de nature (marchandise, biens financiers, connaissance, ou « homme ». Cette dernière catégorie étant présentée comme « illégale » dans un contexte sans esclavage (annoncée par une * dans le tableau), mais intégrée pour des raisons de symétrie du modèle.

Basic Business Model Archetype		What type of asset is involved?		
Financial		Physical	Intangible	Human
Creator	Entrepreneur	Manufacturer	Inventor	Human Creator*
Distributor	Financial Trader	Wholesaler/ Retailer	IP Trader	Human Distributor*
Landlord	Financial Landlord	Physical Landlord	Intellectual Landlord	Contractor
Broker	Financial Broker	Physical Broker	IP Broker	HR Broker

Tableau 2.8 MIT Business Model Architecture

2

Norme ISA S95

La norme ISA-S95 proposé par l'organisme américain de normalisation *Instrument Society of America* s'inscrit dans une architecture générale de modélisation d'entreprise en niveaux dont le niveau 4 représente les activités de pilotage et le niveau 3 les opérations de contrôle. La norme S95 définit les interfaces entre les activités de pilotage de niveau 4 et les activités de contrôle opérationnel du niveau 3. Elle se situe ainsi comme la norme d'échange entre ERP et MES et prend en compte les fonctions de contrôle de production, d'ordonnancement, de traitement des ordres de fabrication, d'administration des expéditions de production, de comptabilisation des coûts de production...

Elle est constituée de plusieurs modèles et est supportée par un modèle de donnée relationnel listant les attributs nécessaires à la caractérisation des produits, ressources... utilisées. Elle propose une modélisation hiérarchique d'un domaine décomposé en fonctions puis en détails entre lesquels sont identifiés des flux d'informations portant des structures de données et leurs attributs. Tenant compte de la dynamique des échanges, ce modèle contient donc implicitement un modèle de

processus métiers. Les flux d'information entre fonctions et les données qui sont échangées sont normalisées sous forme objet dans la partie 2 de la norme. Par exemple, le concept de capacité de production est décrit comme un ensemble de capacité personnel, équipement, matières et segments de procédés. La capacité équipement a des propriétés qui sont des éléments de modèles d'équipements. Il s'agit bien d'un référentiel normalisant les concepts nécessaires à la modélisation des échanges entre ERP et MES.

3 **Modèle SCOR : référentiel des processus de la chaîne logistique**

L'amélioration de processus dans une chaîne logistique nécessite la définition des éléments constituant cette chaîne dont la standardisation est un enjeu pour permettre la comparaison entre chaînes logistiques. 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). Ce modèle offre un cadre méthodologique complet composé des éléments suivants (Stephens 2001) :

- ◆ Descriptions standard des éléments composants les processus de la chaîne,
- ◆ Indicateurs permettant de comparer la performance des processus à des références externes,
- ◆ Descriptions des meilleures pratiques associées aux éléments de processus,
- ◆ Identification des progiciels commerciaux et de leurs fonctionnalités qui permettent la mise en œuvre de ces meilleures pratiques.

SCOR ne propose pas de modélisation des systèmes d'information support de la chaîne logistique, mais il identifie des « bonnes pratiques » et des fonctionnalités associées qui font souvent référence à des noms d'applications (ERP, SCM,...), mais aussi à des fonctionnalités de ces applications (inventaire cyclique, contrôle des coûts par activité), parfois à des pratiques rendues possibles par ces applications (sélection à base de règles d'un transporteur en expédition), à des technologies (code à barre, RFID...). Ce référentiel est donc une base solide pour permettre un travail d'alignement des S.I. aux processus. Il est nécessaire de l'étendre aux autres domaines d'activité (relation client et conception notamment), et de poursuivre l'effort de normalisation de l'ensemble des objets nécessaires à la maîtrise de cet alignement.

Le modèle SCOR intègre l'ensemble des processus, des flux et des transactions intervenant du fournisseur du fournisseur au client du client sur quatre niveaux de détail pour la description des processus :

- ◆ *Le niveau 1* établit le modèle de la Supply Chain avec les processus génériques : planification, approvisionnement, fabrication, livraison et retour.
- ◆ *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* est spécifique à chaque entreprise, et assure la mise en œuvre effective des meilleures pratiques. Il décrit les procédures propres à l'entreprise et de leurs modes d'application.

Grâce à ces différents niveaux de modélisation, les entreprises ont les moyens de décrire rapidement et sans ambiguïté leur chaîne logistique. Les processus ainsi décrits peuvent aisément être modifiés ou reconfigurés dans le but d'atteindre les objectifs de compétitivité souhaités. Leur structure est standard et représentée dans la Figure 2.12 qui est une copie du tableau standard de description d'un processus SCOR dans le document de référence du modèle. Il permet de mettre en valeur les notions utilisées pour décrire un processus; indicateurs, pratiques, fonctionnalités et informations.

Le niveau 4 reste spécifique à l'organisation de l'entreprise et à son système d'information. Il constitue donc le support de l'alignement de l'organisation et du système d'information à la stratégie logistique de l'entreprise. La standardisation SCOR porte donc sur les processus et leurs indicateurs de performance, ensuite sur leur rapport avec le système d'information en terme d'informations et de fonctionnalités. L'alignement peut donc être très souple car aucun modèle « interne » au système d'information n'est contraint (aucun modèle de donnée, d'organisation, de procédure...). La standardisation porte sur la finalité du processus et laisse ouverte ses modalités de mise en œuvre.

Process Element: Receive Product		Process Element Number: S1.2				
Process Element Definition						
The process and associated activities of receiving product to contract requirements.						
Performance Attributes		Metric				
Reliability		% Orders/lines received damage free				
		% Orders/lines received complete				
		% Orders/lines received on-time to demand requirement				
		% Orders/lines received with complete shipping documents				
Responsiveness		Receive Product Cycle Time				
Flexibility		None Identified				
Cost		Receiving costs as a % of Product Acquisition Costs				
Assets		None Identified				
Best Practices		Features				
Supplier certification programs are used to reduce (skip lot) or eliminate receiving inspection		Skip lot / sampling inspection logic				
Bar coding used to minimize handling time and maximize accuracy		Barcode interface and data collection devices				
Deliveries are balanced throughout each working day and throughout the week		Generate bar codes received				
Supplier delivers directly to point of use - (dock to line or end destination)		None Identified				
Supplier (Carrier) Agreements		Electronic Tag tracking to Point of Use (POU) destination				
		See Glossary				
Inputs		Plan	Source	Make	Deliver	Return
(Supplier) Sourced Products						
MRO Products						DR2.4
Output		Plan	Source	Make	Deliver	Return
Receipt Verification			ES.1, ES.2, ES.6, ES.8			

Figure 2.12: La structure d'un processus SCOR

De plus, l'adéquation entre les éléments informationnels de SCOR et le standard des principaux ERP est facilement vérifiable, comme nous le verrons dans la partie 3. La version 8.0 inclut d'ailleurs une première définition des informations échangées par les processus qui s'appuie sur la norme ISA S95.

4 Modèles de références, taxonomies et ontologies

D'autres modèles de référence métiers existent. Certains sont dédiés à une activité particulière comme la proposition de norme d'échange (POSC 2005) et de modèle de processus dans l'industrie du pétrole²². Mais la diffusion de modèles de référence dans le monde économique se fait le plus souvent en dehors des normes de langage de modélisation et même des méta-modèles évoqués

²²<http://www.energistics.org>

précédemment. De fait, ces modèles de référence répondent d'abord au besoin pratique de «**dictionnaires**» communs pour échanger des données, interagir entre des systèmes hétérogènes ou encore plus simplement les comparer. Mais la production d'un dictionnaire est une activité ancienne qui a conduit à de nombreuses recherches pour faciliter le classement et la recherche des informations, d'abord physiquement dans les bibliothèques puis avec des systèmes d'information. La première structure de classification est le plus souvent hiérarchique. On parle de «**taxinomie**», terme issu des efforts des sciences de la vie pour classer systématiquement les espèces vivantes en les regroupant dans un arbre hiérarchique et utilisé en informatique pour représenter un arbre de classification comme l'arborescence de navigation d'un site internet. Mais les bibliothécaires ont besoin d'indexations multiples de documents et de relations non hiérarchiques. Ils produisent des «**thesaurus**» avec des relations d'association ou d'équivalence entre termes. Cela conduit à rechercher une représentation formalisée des connaissances permettant de les partager et les réutiliser avec des systèmes informatisés. La spécification de telles représentations est appelée une «**ontologie**» (Gruber 1993) et repose sur une représentation en graphe symbolisée naturellement par Internet.

Une ontologie n'est pas un dictionnaire, mais le cadre, la structure permettant une organisation effective des dictionnaires (Poli 1996). Une ontologie n'est cependant pas un méta-modèle, car elle ne cherche pas à être une «synthèse explicative» du domaine qu'elle représente, mais le support d'une description utilisable et partageable. Une ontologie a une finalité. Elle peut être plus ou moins formelle, notamment selon qu'elle est destinée à résoudre un problème de communication entre personnes ou organisations, d'interopérabilité entre systèmes ou de spécifications en ingénierie (Uschold et Gruninger 1996). C'est d'ailleurs ce qui conduit à l'existence de nombreuses ontologies pour chaque domaine d'étude, même si des efforts de généralité sont ensuite recherchés pour permettre des traductions ou regroupements entre ontologies. La norme en cours de validation par l'OMG Group des règles et du vocabulaire métier contient ainsi non pas une liste d'objets et de règles utilisées, mais une proposition de structuration d'un discours permettant la description sémantique des objets et règles métiers. Ce constat correspond bien à la réalité des systèmes d'information de gestion pour lesquels le «vocabulaire» se développe par domaines de gestion (finance, logistique, ingénierie...).

Une ontologie au service de l'ingénierie d'entreprise est proposée par l'université d'Edinburgh pour améliorer les outils de modélisation d'entreprise (Uschold et al. 1998). Elle est décrite à la fois textuellement et dans un langage semi-formel (Ontolingua). Dans le même esprit, pour supporter une approche d'ingénierie d'entreprise dirigé par les modèles, une ontologie d'activité est proposé

par l'université de Toronto (Tham, Fox, et Gruninger 1994). Un modèle ouvert proposé par des organismes de normalisation informatique (Open Information Model de l'OMG Group) décrit en UML les méta-données techniques et métiers de l'entreprise (Prothman 2000). Après une comparaison de ces différentes propositions, une ontologie globale pour l'entreprise est proposée dans une approche hiérarchique (Bertolazzi, Krusich, et Missikoff 2001) qui définit un « Core entreprise Ontology ». Enfin, une ontologie portant sur les concepts « d'affaires » prenant en compte les typologies d'entreprises vient compléter les ontologies centrées sur la structure des entreprises (Osterwalder 2004) en différenciant ainsi le « modèle d'affaire » du « modèle d'entreprise ».

Les ontologies peuvent être vues comme complémentaires à l'utilisation de méta-modèles. D'une part, le travail sur des ontologies rend nécessaire d'enrichir les méta-modèles qui permettent leurs échanges, travail très avancé dans le domaine des bibliothèques (Lagoze et Hunter 2001). D'autre part, la grande dimension d'un système d'information moderne et la pluridisciplinarité des métiers sous-jacents rend impossible la production d'une ontologie unique pour la multiplicité des domaines couverts. On peut rechercher une approche hiérarchique positionnant un méta-modèle général articulant des modèles métiers eux-mêmes détaillés dans l'univers du discours. Des approches à trois et quatre niveaux sont comparées par Naumenko et Wegman (2003). Mais la cohérence entre modèles est un enjeu ouvert qui rejoint les problématique d'alignement entre points de vue. Une approche de mapping reposant sur une notion de « holon » regroupant l'objet physique et l'objet informationnel est proposée dans le cadre d'une architecture MDA ((Baïna et al. 2006)). Un cadre permettant de positionner des ontologies ou thesaurus dans un méta-modèle support d'un S.I. est ainsi proposé pour l'ingénierie des systèmes d'information (Terrasse et al. 2006). De même, des ontologies sont utilisés pour assister l'alignement des processus métiers aux standard du e-commerce (Seng et Lin 2007). On peut donc considérer que si un modèle de référence doit pouvoir se décrire à l'aide des construits d'un méta-modèle, il peut s'appuyer sur des ontologies pour permettre l'échange et le partage des connaissances qu'il représente.

La modélisation d'entreprise s'est développée dans une approche systémique de l'entreprise pour supporter des méthodes scientifiques d'organisation et de pilotage des activités économiques. Elle est rendue nécessaire par la complexité du couplage entre flux de décisions, d'informations et flux physiques, condition de l'intégration toujours plus forte des fonctions de l'entreprise. Elle s'est développée

dans les années 1990 à partir d'une diversité d'approches qui ont convergées vers la généralisation de concepts désormais répandus dans les projets d'ingénierie d'entreprise. Le cadre de modélisation de la norme ISO 19439 est une synthèse actuelle de ces concepts articulés autour de plusieurs dimensions.

- *La dimension du cycle de vie qui permet notamment d'identifier les transformations nécessaires, de l'expression des besoins de réingénierie d'une entreprise au pilotage de l'usage des systèmes mis en œuvre. La modélisation d'entreprise est alors le cadre le plus naturel de pilotage des projets de système d'information, et peut proposer des méthodes et des outils permettant d'aller vers la « génération » de certaines parties du système d'information, vers la « configuration » de composants standards du commerce, ou le « paramétrage » de certaines fonctionnalités (autorisations, interface de navigation...).*
- *La dimension des « vues » qui permettent de construire un modèle partiel en s'attachant à un « point de vue » permettant d'isoler des éléments de description de l'entreprise pour en faciliter l'étude et la représentation. Ces éléments se construisent dans un langage utilisant un nombre limité de concepts de base qui sont des « construits » à la disposition des langages de modélisation.*
- *La dimension de généricité pour construire un modèle à partir de modèles de référence qui se développent dans différents domaines, gestion industrielle, contrôle de gestion, gestion de la performance, chaîne logistique. Ces référentiels métiers se constituent en parallèle à la standardisation des méthodes et langages de modélisation et fournissent le contenu nécessaire pour répondre aux attentes de standardisation et de réduction des temps de cycles de projet.*

La modélisation d'entreprise est largement utilisée dans les projets ERP à travers des outils dédiés mais son positionnement dans les méthodologies de projet reste discutée, entre support à la décision dans la conduite du changement d'un projet et recherche d'un environnement de pilotage ou d'exploitation de l'ERP. Dans tous les cas, l'adéquation entre standard de l'ERP et processus modélisés repose sur l'existence de modèles de référence support de l'alignement entre organisation et système d'information.

Chapitre 2.3

Systemes d'information et usages

La place des technologies de l'information dans l'entreprise ne peut être étudiée sans penser ses rapports avec les autres dimensions de l'organisation. Prendre en compte l'ensemble de l'entreprise dans ses dimensions techniques, économiques et humaines nécessite une approche globale permettant de comprendre ce qu'est un « système d'information ».

Dans ce chapitre, nous situerons donc l'origine des définitions de « système d'information » dans l'approche des « systèmes », donc en nous référant aux origines de la « systémique », pour caractériser les différentes dimensions d'un tel système. Nous étudierons ensuite deux approches d'origine informatique, l'architecture de Zachman et la méthode USDP, avant de situer le contexte de l'alignement des systèmes d'information à la stratégie d'entreprise, notamment dans les démarches méthodologies issues de la standardisation des applications.

Enfin, nous situerons l'importance d'analyser non seulement les systèmes, mais plus encore leurs usages qui en font des systèmes socio-techniques. Nous étudierons les approches portant sur la maturité des acteurs, de l'organisation, dans la mise en oeuvre, l'exploitation et le pilotage de ces systèmes.

2.3.1 De l'informatique au système d'information

L'informatisation est visible dans l'entreprise d'abord par ses composants technologiques qui s'installent sur les bureaux sous forme d'ordinateurs, d'imprimantes et de câbles de toutes sortes, puis structure profondément l'architecture des bâtiments et l'organisation même du travail, avant d'aboutir à une « virtualisation » apparente d'organisations qui fédèrent temporairement des travailleurs « mobiles » transportant avec eux l'ordinateur support de leur capacité à agir, se connectant toujours plus étroitement à des réseaux étendus, mobilisant à tout instant ce que leur offre cette « entreprise virtuelle étendue ».

Pourtant, si cette visibilité forte des technologies, et leur propension à s'afficher par de puissants moyens marketings est certaine, elle masque souvent la nature organisationnelle et humaine de leur déploiement, et ne permet donc pas d'identifier ses succès et ses difficultés. De nombreux travaux ont donc cherché à proposer un point de vue plus global sur la place de ces technologies dans l'entreprise en adoptant un point de vue « systémique » cherchant à considérer les moyens informatiques dans le contexte de l'organisation et de sa dynamique en terme de d'action, de décision, de transformation.

La systémique est définie par l'AFSCET comme :

« une discipline qui regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel, ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe » (Donnadieu, et al. 2003).

Cette définition centrée sur le système à étudier peut être complétée par la finalité des démarches considérant alors la systémique comme une « méthodologie, permettant de rassembler et d'organiser les connaissances en vue d'une plus grande efficacité de l'action » (Rosnay 1977). Ces deux dimensions de la complexité et de la finalité sont présentes dans les projets qui nous intéressent. Ceux-ci nécessitent une représentation générique des systèmes permettant d'en expliquer et parfois de prévoir les comportements. La représentation la plus fréquente d'un système est celle d'un ensemble organisé de ressources transformant des événements externes considérés comme des stimuli en comportements considérés comme des réponses du système. Elle est au cœur de l'approche systémique de l'entreprise. Tout un courant de pensée s'est développé autour de cette méthodologie, pour l'appliquer à ces organisations particulières que sont les

entreprises (Blumenthal 1969; Le Moigne 1977). Cette approche systémique de l'entreprise conduit à identifier trois sous-systèmes :

- ◆ le système de transformation (S.T.) des intrants en extrants. Il est composé de fonctions opérationnelles constituées de sous-ensembles physiques dont la combinaison délivre un produit ou/et un service,
- ◆ le système de pilotage (S.P.) est divisé en niveaux décisionnels (centres de décision) délivrant les objectifs, les plans et les ordres d'exécution,
- ◆ le système d'information (S.I.) reçoit des informations de l'environnement et du S.T. et une représentation des décisions du S.P. pour construire de nouvelles représentations utiles au S.P.

Une ville, une entreprise, une machine peuvent être considérée comme des « systèmes ». Cependant, les systèmes qui comprennent des acteurs humains ne peuvent se réduire à une vue « technique ». La dimension d'interaction entre les acteurs et les composants techniques du système conduit à considérer l'interaction homme-machine comme base d'un « système utilisateur-machine intégré » (Peaucelle 1999). La prise en compte de l'organisation dans laquelle cette interaction se situe conduit à parler de « système d'information organisationnel » car

« le problème n'est pas de faire circuler toute la connaissance systématiquement, mais de la rendre économiquement accessible à la demande, sans contraindre tous les acteurs de l'organisation à la consommer malgré eux » (Le Moigne 1986)

Plus généralement, on parle de « systèmes socio-techniques » et de nombreux chercheurs tentent d'intégrer dans l'approche systémique du management, des éléments conceptuels venus de la psychologie sociale, de la sociologie, de l'anthropologie (Donnadieu 1997). Comme l'évoque un sociologue travaillant sur la place des technologies dans « l'efficacité productive » :

« La différence entre une machine performante et une machine mal utilisée provient d'une mauvaise perception de la partie immatérielle d'un système socio-technique de production » (Ruffier 1998).

Une première étape est de prendre en compte les acteurs dans le système d'information qui est vu alors comme :

« Un système composé d'entités diverses (employés, ordinateurs, réseaux, applications, bases de données, règles. . .) chargées de stocker et de traiter les informations relatives au système opérant afin de les mettre à disposition du système de pilotage. Il peut recevoir des informations du système de pilotage. Il peut émettre vers le système opérant des informations » (Reix 2002).

Mais il faut étudier plus précisément la relation entre système d'information et organisation, les aspects informationnels de l'organisation :

*« An **information system** is a sub-system of an organisational system, comprising the conception of how the communication- and information-oriented aspects of an organisation are composed (e.g. of specific communicating, information-providing and/or information-seeking actors, and of specific information-oriented actants) and how these operate, thus describing the (explicit and/or implicit) communication oriented and information-providing actions and arrangements existing within that organisation » (Falkenberg et al. 1998).*

Plus précisément encore, l'informatisation accompagne l'accélération des cycles d'exécution et de décision qui se développe avec la croissance des échanges et la spécialisation des acteurs par le partage des tâches. Cette répartition des tâches à l'intérieur d'une organisation comme entre organisations crée des besoins de coordination pour répondre aux impératifs de cohérence, donc utilise le traitement et l'échange d'information qui apparaît alors comme le lien indispensable, l'instrument majeur de la cohérence organisationnelle. Les tâches de traitement de l'information peuvent être classées en capture, transmission, stockage, requête, manipulation, présentation (Alter 1999).

Mais l'information 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 afin d'interpréter les signaux reçus de manière utile à ses objectifs, ses actions. L'organisation va ainsi 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, ce qui rend nécessaire leur hiérarchisation, leur priorisation, et donc un « système » de traitement de ces informations permettant de constituer une « base » de connaissances mobilisables pour le système de décision, de pilotage et de transformation. On peut ainsi distinguer trois points de vue complémentaires du S.I. (Darras 2004) :

- ◆ Un point de vue fonctionnel pour lequel le S.I. est :
 - capable de collecter l'information provenant de la partie opérante,
 - capable d'organiser cette information en vue de son traitement,
 - capable de publier cette information à destination des puits d'utilisation concernés (utilisateurs ou autres systèmes),
 - capable de mémoriser l'information, mais aussi de la connaissance sur l'organisation du travail,
 - capable d'aider les acteurs de l'organisation dans l'exercice de leur métier, en particulier supporter la décision au sein de l'organisation.
- ◆ Un point de vue structurel pour lequel le S.I. est :
 - une suite d'interactions entre l'homme et des moyens informatiques,

- décomposable au niveau des moyens en une collection d'entités matérielles et logicielles dont l'agencement est variable, et de plus en plus désigné par le terme d'architecture.
- ◆ Un point de vue organisationnel pour lequel le S.I. est tout à la fois :
 - en osmose avec l'organisation, et en cela il est fortement sensible à une modification organisationnelle,
 - un inducteur de mutation et de changement culturel pour l'entreprise.

Le point de vue structurel peut être décomposé en système informatique et système de traitement de l'information (Morley et al. 2005). Cette décomposition éclaire la relation profonde entre technologies et pratiques d'usage de l'information, et met en exergue la nécessité de caractériser les conditions d'efficacité du support des outils aux processus informationnels qui interagissent avec les systèmes opérationnels et de décision (Figure 2.13).

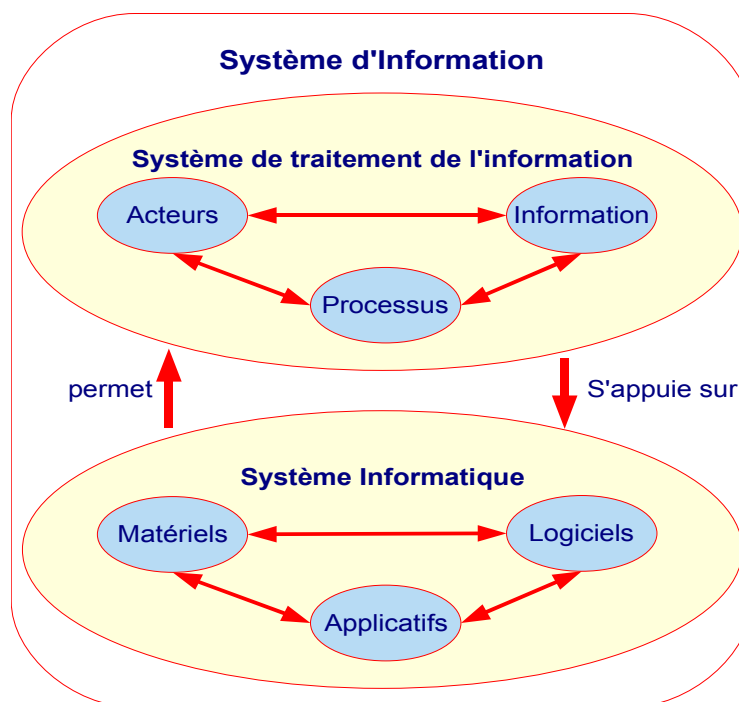


Figure 2.13: Structure du système d'information (Morley et al., 2005)

Cette structure fait clairement apparaître les acteurs et les processus comme composants essentiels du système d'information. Loin d'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, autrement dit des conditions d'efficacité des S.I., est devenue aujourd'hui

stratégique, et concerne toute organisation quelle que soit sa taille et son domaine d'activité.

2.3.2 Ingénierie des Systèmes d'Information

Si la multiplicité des points de vue est essentielle à la compréhension des S.I., notre objectif d'étude est bien centrée sur leur maîtrise autant en termes de projet que de pilotage. Elle doit être située par rapport au cadre de l'ingénierie des systèmes défini par l'Association Française d'Ingénierie des Systèmes (AFIS) :

« Approche coopérative interdisciplinaire pour le développement progressif et la vérification d'une solution pour le système, équilibrée sur l'ensemble de son cycle de vie, satisfaisant aux attentes d'un client, et acceptable par tous » (2004).

Bien que la notion d'information soit très présente dans ce glossaire, il ne définit par le S.I. Les exemples illustrant les processus relèvent de métiers liés à des systèmes physiques (avion, voiture, usines...) qui contiennent des composants informatiques, et même de véritables S.I., mais sans une étude particulière, l'informatique étant vue comme une des technologies mobilisable en ingénierie des systèmes, comme l'ingénierie des connaissances. Le cadre général de l'ingénierie des systèmes est cependant utile pour caractériser l'ingénierie des systèmes d'information. La Figure 2.14 présente une histoire des cadres d'ingénierie des systèmes et d'architecture des systèmes d'entreprise. Le domaine de l'ingénierie des S.I. apparaît ainsi comme origine des approches d'architectures d'entreprise (Farrel 2007). De plus, l'enjeu organisationnel a toujours été reconnu dans les projets informatiques, même si les méthodes du génie logiciel se sont concentrées sur les techniques de conception (généricité, réutilisabilité, qualité...). Les exemples nombreux d'incompréhension entre les « incompetents » que sont les utilisateurs et les « autistes » que sont les informaticiens ont conduits à la recherche de nouveaux cadres de maîtrise des projets informatiques prenant en compte les dimensions organisationnelles qui conditionnent les dimensions informationnelles.

« From the beginning, we should be recognizing the organizational issues; from the beginning, we should be dealing with multiple locations; from the beginning we should be explicitly concerned with timing – events, schedules, and so forth » (Zachman 1987)

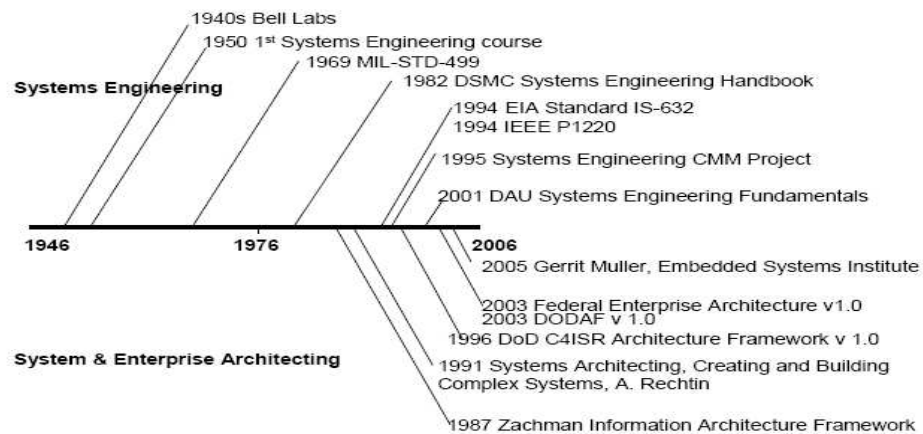


Figure 2.14: Ingénierie système et système d'information

Nous étudierons deux cadres d'ingénierie des S.I. pour identifier leur apport aux enjeux évoqués de la standardisation et de l'intégration.

1 Zachman : un premier cadre d'ingénierie des S.I.

Un premier cadre d'ingénierie de système d'information a été proposé dans les années 80 par analogie avec le métier d'architecte (Zachman 1987), prenant en compte le caractère progressif de la définition du besoin, centrée sur les objectifs au départ, puis se précisant au fur et à mesure de la réalisation du projet. Cela le conduit à ne pas centrer sa démarche sur un « phasage » du projet mais à permettre de mettre en cohérence les points de vue des différents groupes d'acteurs contribuant au projet. Ces points de vue sont ceux des acteurs :

- ◆ Le décideur dans l'entreprise, préoccupé par le périmètre et les objectifs d'un projet dans le contexte du projet et de l'entreprise.
- ◆ Le manager dans l'entreprise, responsable du point de vue métier, autrement dit du « modèle d'affaire » (Business Model)
- ◆ L'architecte du système cible. Il propose un modèle du S.I. considéré comme une instantiation du modèle d'affaires plus rigoureux et plus cohérent d'un point de vue informationnel.
- ◆ Le concepteur du système qui décrit comment les technologies vont être utilisées pour répondre aux besoins identifiés par l'architecte.
- ◆ Le développeur qui réalise les programmes, bases de données, configurations réseaux nécessaires

◆ L'utilisateur du système en fonctionnement après sa mise en œuvre dans une organisation.

Chacun de ses points de vue est concerné par différents types d'objets ou livrables qui seront modélisés dans le projet : les données (quoi), les fonctions (comment), le réseau(où), les acteurs (qui), le temps (quand), la motivation (pourquoi). La Figure 2.15 présente la matrice des acteurs et des questions. Chaque cellule de la matrice que constitue ce cadre de référence est décrite en proposant ses formalismes propres de représentation.

	DATA	WHAT	FUNCTION	HOW	NETWORK	WHERE	PEOPLE	HOW	TIME	HOW	MOTIVATION	Why
SCOPE (CONTEXTUAL)	List of Things/Types of Data in Business 	List of Processes in the Business Process 	List of Locations in which the Business Operates 	List of Communications Important to the Business 	List of Physical Significant in the Business 	List of Business Goals/End 	SCOPE (CONTEXTUAL)					
Planner	Entity = Class of Business Thing	Process = Class of Business Process	Node = Major Business Location	People = Major Organization	Time = Major Domain of Event	Relationships/Types of Data/Class/Class/Class in Business	Planner					
ENTERPRISE MODEL (CONCEPTUAL)	e.g. Resource Model 	e.g. Business Process Model 	e.g. Logistics Network 	e.g. Web Environment 	e.g. Mobile Networks 	e.g. Business Plan 	ENTERPRISE MODEL (CONCEPTUAL)					
Owner	Ent = Business Entity Rel = Business Relationship	Proc = Business Process IO = Business Resources	Node = Business Location Link = Business Linkage	People = Organization Unit Web = Web Presence	Time = Business Event Cycle = Business Cycle	Ent = Business Object Means = Business Strategy	Owner					
SYSTEM MODEL (LOGICAL)	e.g. Logical Data Model 	e.g. "System Architecture" 	e.g. "Database of System Architecture" 	e.g. Human Interface Architecture 	e.g. Processing Structure 	e.g. System Role Model 	SYSTEM MODEL (LOGICAL)					
Designer	Ent = Data Entity Rel = Data Relationship	Proc = Application Function IO = User Action	Node = IS Function Process = Service with Link = User Characteristics	People = Role Web = Interface	Time = System Event Cycle = System Cycle	Ent = Structural Analysis Means = System Architecture	Designer					
TECHNOLOGY MODEL (PHYSICAL)	e.g. Physical Data Model 	e.g. "System Design" 	e.g. "System Architecture" 	e.g. Presentation Architecture 	e.g. Control Structure 	e.g. Role Design 	TECHNOLOGY CONSTRAINED MODEL (PHYSICAL)					
Builder	Ent = Program/Module Rel = Program/Module	Proc = Computer Function IO = Storage/Device Resource	Node = Hardware/Software Interface Link = Link Characteristics	People = User Web = User Presence	Time = Event Cycle = Component Cycle	Ent = Component Means = Action	Builder					
DETAILED REPRESENTATION (CONTENT)	e.g. Data Definition 	e.g. "Program" 	e.g. "Technical Architecture" 	e.g. Security Architecture 	e.g. Timing Definition 	e.g. Role Specifications 	DETAILED REPRESENTATION (CONTENT)					
Job-Constructor	Ent = Field Rel = Address	Proc = Language Stmt IO = Control Block	Node = Address Link = Parameter	People = Program Web = Job	Time = Instruction Cycle = Control Cycle	Ent = Data Structure Means = Step	Job-Constructor					
FUNCTIONAL ENTERPRISE	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL	FUNCTIONAL ENTERPRISE					

Figure 2.15: Le cadre de référence d'une architecture d'entreprise Zachman

Le cycle de réalisation du projet devient donc un cycle de transformation des différents objets modélisés en cohérence avec les différents points de vue. Zachman qualifie son approche « d'architecture d'entreprise », à la fois pour le fonctionnement de l'organisation et celui du S.I.. Il anticipait une tendance identifiée aujourd'hui en français comme le besoin d'une « urbanisation » des systèmes d'information (Buffard 2006).

2 Approche USDP

Au cours des années 90, le développement des technologies orientées objet a rendu nécessaire de nouvelles méthodes de conduite de projet. Des efforts de convergence ont aboutis à la méthode USDP. C'est une des premières méthodes de développement de système informatisé qui utilise explicitement le modèle comme support de cohérence des différentes étapes et points de vue. Cette approche repose sur un cycle en spirale. Des tâches d'un cycle de base sont répétées pour acquérir une connaissance progressive dans l'espace de formulation du problème, et dans celui de la proposition de solutions. (Jacobson et al., 1999; Scott 2001). La démarche identifie quatre phases, de la modélisation du contexte et de la capture des besoins jusqu'à la mise en place d'une version chez le client. La Figure 2.16 présente cette démarche qui mobilise différentes « disciplines » au fil des phases du projet.

- ◆ La phase « d'inception » (ou « commencement ») établit la faisabilité du projet, en définit le périmètre et une architecture générale, identifie les principaux rôles dans le projet et estime les délais, moyens et ressources nécessaires.
- ◆ La phase d'élaboration réalise les premières analyses du système et planifie les principales tâches de construction
- ◆ La phase de construction bâtit le système, en finalise le développement et l'assemblage afin de permettre la vérification de conformité aux exigences
- ◆ La phase de transition prépare les activités de déploiement et de mise en service avec les utilisateurs

Cette démarche place la relation entre les exigences ou attendus du projet et les fonctionnalités du système qui sera conçu au cœur du projet afin de permettre aux projets informatiques de mieux prendre en compte :

- ◆ la nécessité de montrer à la maîtrise d'ouvrage l'état d'avancement du projet afin de lever au plus tôt les risques inhérents au développement ;
- ◆ la gestion des exigences formalisées de manière à ce que toutes les fonctionnalités définies correspondent à une ou plusieurs exigences, et que le respect des exigences puisse être contrôlé en continu ;
- ◆ une architecture logicielle privilégiant la construction du logiciel par assemblage de composants ;
- ◆ une communication plus rigoureuse entre développeurs et utilisateurs en s'appuyant sur des modèles UML communs ;
- ◆ la gestion des demandes de changement.

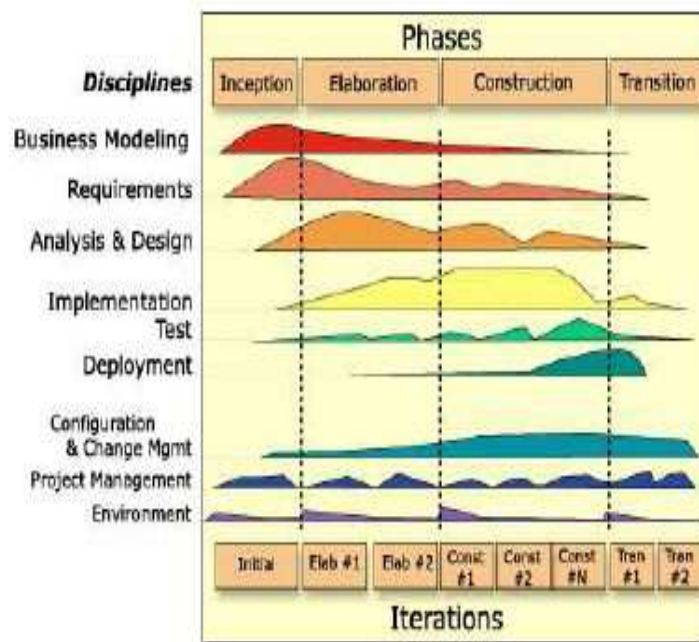


Figure 2.16: Démarche de projet USDP

Des compléments à la méthode USDP ont été proposées dans certaines solutions pour situer les systèmes d'information dans le contexte plus large de l'ingénierie des systèmes (IBM RUP-SE RUP for Systems Engineering (IBM RUP 2003) ou pour prendre en compte l'existence de progiciels standard dans la conception de solutions (RUP Plug-In for COTS Package Delivery) (Péraire et Pannone 2005). Cette préoccupation de la relation entre S.I. et système d'entreprise est issue de travaux en ingénierie des S.I. et donc portée par des « informaticiens ». Elle éclaire la nécessité de modèles facilitant la mise en cohérence des points de vue, ce que beaucoup de travaux évoquent sous le terme « d'alignement » entre système d'information et stratégie d'entreprise.

3 Alignement des S.I. et de l'organisation

Les enjeux des relations entre acteurs de l'entreprise et acteurs informatiques ont conduit très tôt à des études pour les caractériser et mesurer l'impact d'actions tendant à mettre en relation enjeux organisationnels et technologies de l'information (Miller 1993). La notion d'alignement a été formalisée notamment par les travaux du MIT qui propose en 1990 un cadre général de l'adéquation entre technologies,

organisation, stratégies, acteurs et processus de management dans un environnement technique et d'entreprise (Figure 2.17).

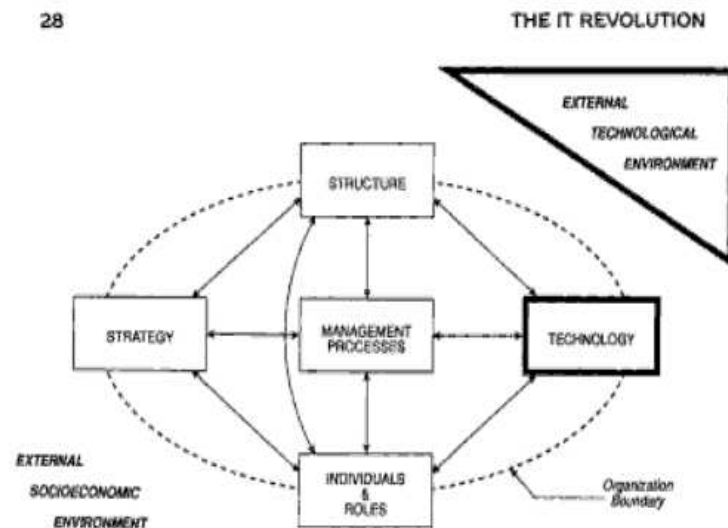


Figure 2.17: Cadre proposé par le MIT en 1990

« ...an organizational structure and set of business processes that reflect the interdependence of enterprise strategy and information technology capabilities. The attention paid to the linkage of information technology to the enterprise can significantly affect the competitiveness and efficiency of the business » (Luftman, Lewis, et Oldach 1993)

Un autre cadre distingue un point de vue externe sur les technologies (la stratégie) et un point de vue interne (infrastructure et process) soulignant ainsi la dimension stratégique de l'alignement (Henderson et Venkatramen 1992). Ce cadre est enrichi sur un deuxième axe différenciant l'organisation et les technologies informatiques représentant alors des démarches qui peuvent avoir comme origine une action stratégique sur l'organisation ou sur le système d'information, ou une action opérationnelle sur l'organisation ou le système d'information.

Ce cadre d'alignement nous paraît porteur d'un élément essentiel de la problématique de l'intégration qui n'est pas nécessairement une approche « top-down ». Certains projets ERP naissent d'abord d'une volonté de la direction informatique, qui peut avoir des motivations internes, et qu'il faudra ensuite « vendre » aux directions opérationnelles. A l'inverse, certains projets ERP sont déclenchés par une volonté ou une nécessité de ré-ingénierie et ce sont alors les

conséquences sur le S.I. existant, qui peut par ailleurs donner satisfaction, qui seront l'enjeu d'un projet. Enfin, des projets peuvent provenir du terrain, par exemple de la nécessité opérationnelle de s'adapter à une nouvelle relation commerciale imposant un certain format d'échange. Cette relation étroite entre technologies et organisation se retrouve dans la chaîne logistique où l'alignement des technologies de l'information contribue à l'intégration inter-entreprises. (Seggie et al., 2006). Si cette notion d'alignement s'internationalise très vite dans le monde du conseil, tout indique pourtant que les attentes des entreprises sont différenciées selon les cultures nationales (Watson et al., 1997).

Ce défi de la cohérence entre les actions métiers et les projets technologiques dans les grandes entreprises internationales conduit à chercher comment donner à des acteurs différents une vue globale commune, une vision cohérente de l'organisation permettant à chaque compétence de situer positivement les autres :

« Business/IT parts of a company desperately need to work together as part of an equal partnership and communicate together in such a way that the organisation can simultaneously recognise group specialities and expertise, whilst presenting a united front » (Coughlan et al., 2005)

De fait, les premiers facteurs de succès dans l'alignement des technologies aux stratégies d'entreprise sont à la fois, l'engagement des dirigeants dans l'utilisation stratégique des technologies, la connaissance des acteurs des technologies des métiers de l'entreprise, et la confiance des dirigeants dans l'équipe informatique (Teo et Ang 1999) . Cette exigence est parfois désignée dans le monde professionnel comme "Business Process Alignment" (Haan 2006) ou « Business Process Mapping » (Lynch et Cross 1995) soulignant l'objet principal de cet alignement dans la pratique : le processus. Elle peut être cependant étudiée en distinguant les structures et les stratégies mises en œuvre dans les métiers et dans les technologies. On peut parler de « co-alignement » structurel et stratégique (Bergeron, Raymond, et Rivard 2004).

Mais une décennie après ses premières formulations, elle reste le plus souvent identifiée simplement comme une situation « d'harmonie » entre métiers et infrastructure de support sans que l'ingénierie des systèmes n'en propose réellement de démarches ou modèles détaillée (McKeen et Smith 2003). On identifie pourtant différents modes de conduite du changement dans des projets qui peuvent être des ruptures technologiques (ERP) ou organisationnelles (BPR), mais qui peuvent aussi être constitués d'actions d'améliorations continue. Cette classification sur le rythme de changement sur les deux dimensions techniques et organisationnelles conduit ainsi à 4 typologies d'intégration dont le big bang (projet dont la mise en œuvre construit l'intégration organisationnelle et technologique) et à l'opposé une

intégration « socio-technique » reposant sur un processus continu (Bygstad, Nielsen, et Munkvold 2005).

Une piste de progrès est sans doute liée à la croissance du marché des progiciels et à sa dynamique qui pousse à considérer que l'offre devient un facteur déterminant de la définition des processus cibles. L'expression des besoins de l'entreprise n'a pas de sens sans prendre en compte les processus proposés par les solutions standard existantes, ce qui implique de mettre en cause tous les aspects de l'alignement entre organisation et système d'information.

« When processes are changed, people, organizations, business practices, and management practices must change as well to support them. In other words, the move to COTS-based systems development is not just an engineering or technical change—it is a business, organizational, and cultural change as well » (Oberndorf 2000).

Un livre récent intitulé « Business Process Change », définit le BPM à trois niveaux : entreprise, processus et mise en œuvre. Pour ce dernier niveau ses auteurs proposent une approche « ERP-Driven Redesign » (Harmon et Davenport 2007). Ainsi, la modélisation n'a pas pour but de traduire un modèle conçu dans une démarche séquentielle classique en système spécifique « instanciant » le modèle conçu. Elle est bien le support de la mise en conformité des différents points de vue, le modèle porté par l'ERP étant tout autant une contrainte dans le projet que tout autre élément du « contexte système » au sens de Oberndorf.

On arrive ainsi à une démarche d'alignement qui repose sur la comparaison entre un modèle du système provenant des solutions progicielles et un modèle du besoin établi par l'entreprise (Soffer 2003). Leur comparaison conduit à l'identification des écarts (Gap Analysis) dont la résolution demande d'abord la reformulation des besoins à la lumière de l'analyse d'écart effectuée, donc en prenant en compte le modèle proposé par le progiciel. La démarche d'alignement, que nous adaptons légèrement en considérant que l'analyse d'écart ne peut être automatique, est alors itérative (Figure 2.18).

Cette démarche est proche de celle proposée par Boutin (2001) qui définit le prototypage de l'ERP sélectionné en interaction avec le modèle de système cible issu de l'expression des besoins et mis en relation avec le modèle de l'ERP choisi.

Cette démarche est aussi une démarche humaine, car le compromis nécessaire dans la reformulation des besoins conduit à des changements de l'organisation et des rôles des acteurs, changements qui vont représenter un enjeu majeur des projets d'ingénierie. On ne peut donc comprendre complètement cette problématique sans étudier le point de vue de l'utilisateur.

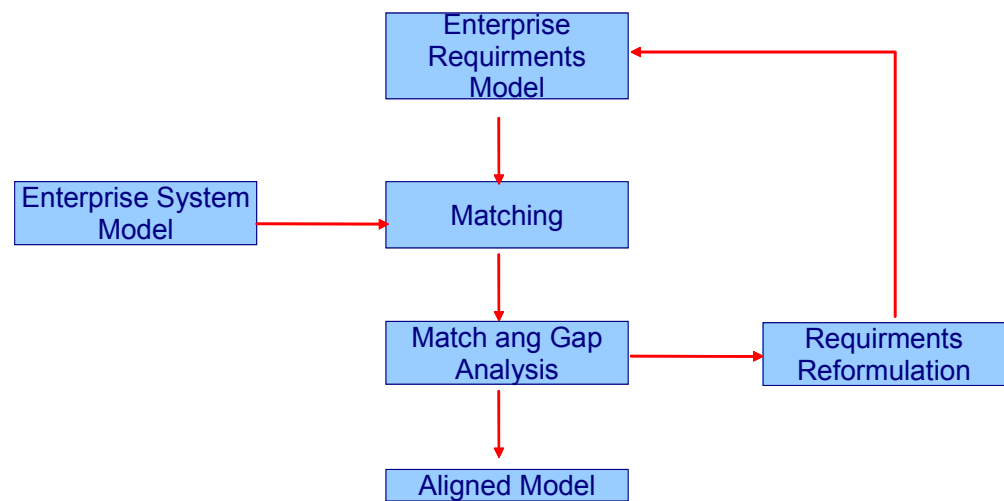


Figure 2.18: Démarche d'alignement itérative (adapté de Soffer 2003)

2.3.3 Maturité des usages d'un S.I.

1 Apprentissage et confiance

L'approche systémique cherche à « penser » le S.I. comme un tout. Cependant, malgré des efforts de convergence des sciences de l'information, de l'ingénierie, de la productique, mais aussi des sciences humaines et sociales, les préoccupations des différents acteurs conduisent à mobiliser des outils adaptés aux différents « points de vue » existants. Le constat général partagé par les praticiens des S.I. en entreprise est que ces systèmes intègrent une part des connaissances que les acteurs cristallisent sous forme de données, il ne peut être transformé sans prendre en compte les pratiques collaboratives des acteurs, les réticences, conflits, erreurs, motivations... qui conditionnent l'efficacité de l'interaction entre les acteurs et le système. Toutes les études montrent qu'une part essentielle de l'efficacité potentielle du S.I. se perd dans les pratiques réelles que portent les utilisateurs.

« 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).

Pour comprendre pourquoi une part parfois importante des utilisateurs potentiels d'un ERP ne s'en sert pas et trouve des procédures de contournement, des facteurs d'utilité de l'outil sont étudiés pour mesurer ce qui contribue à une satisfaction de l'utilisateur. L'utilité perçue et la facilité d'apprentissage sont des facteurs déterminants de satisfaction de l'utilisateur. Si l'outil est donc bien sûr un

facteur important de l'usage, il ne suffit pas à créer l'usage qui suppose des utilisateurs percevant la faisabilité et l'utilité de l'effort demandé (Calisir et Calisir 2004). Le « facteur humain » est ainsi déterminant dans les conditions de réalisation des projets comme dans les conditions d'efficacité des usages. Les études confirment les leçons de l'expérience en soulignant que la « confiance » des acteurs dans les technologies est variable, et notamment en fonction des positions dans un projet entre décideurs, équipe projet, utilisateurs, prestataires (Lander et al. 2004). Cela rend d'autant plus nécessaire d'agir pour construire une telle confiance nécessaire à l'appropriation par l'utilisateur. Cela nécessite selon Landa de considérer des mécanismes et stratégies diverses, qui peuvent se jouer dans les premiers contacts du projet et se construire ou se défaire même après la mise en exploitation : la réputation, l'intégrité, l'engagement, la prédictibilité, le souci des autres, le partage du contrôle, la disponibilité... On ne peut donc parler de système d'information sans étudier la « maturité » acquise par l'organisation et les acteurs dans l'usage de ce système.

2 Modèles de maturité

La maturité des aptitudes d'une organisation a fait l'objet d'efforts de normalisation pour proposer des « modèles » de maturité. Les premiers efforts ont portés sur les démarches de projet avec les normes ISO 9001 (ISO 9001 2000). Un des plus en vogue pour les projets informatique est le modèle « CMMI » qui se définit comme une collection de « bonnes pratiques », un cadre d'organisation et de priorisation des activités, un support pour la coordination d'activités pluridisciplinaires, un moyen de souligner l'alignement des objectifs d'amélioration de processus avec les objectifs d'amélioration des affaires (CMMI 2007). Centré sur les activités de projet et de maintenance des systèmes d'information, il est très proche de la norme ISO 9001 qui concerne plus largement toutes les activités de l'entreprise (Mutafelija et Stromberf 2003). Le modèle CMMI propose cinq niveaux de maturité :

1. initial : processus imprévisibles, mal contrôlés et réactifs
2. processus gérés : un processus par projet, gestion parfois réactive
3. processus définis : processus standardisés, gestion proactive
4. processus maîtrisés : processus sous contrôles
5. optimisation : amélioration continue des processus

Un niveau de maturité est caractérisé par des « domaines de processus » décrits par des « objectifs » qui peuvent être atteints par des « pratiques ». Objectifs et pratiques peuvent être spécifiques à un domaine de processus ou

génériques. Les objectifs d'un domaine doivent être atteints pour considérer le domaine sous contrôle et donc évaluer le niveau de maturité correspondant. Une pratique est mesurée par des livrables dont l'existence est la première étape de l'évaluation CMMI. Ce contrôle des livrables est clairement issu de l'ingénierie de projet et du contexte de développement ou maintenance d'un système. Il ne permet pas d'évaluer la maturité des activités opérationnelles d'une organisation. Une relecture du modèle CMMI est proposé par ses promoteurs pour l'évaluation des opérations à partir de la recherche des analogies entre démarche de projet et démarche d'amélioration (Gallagher 2002). Cependant, l'évaluation des services apportés à une entreprise par un système d'information repose sur des processus différents et complémentaires (Niessink et Vliet 2000) qui doit prendre en compte l'exploitation de ce système et ses résultats en terme d'information mise à disposition et des différents usages que le système en permet.

Le modèle ITIL (Information Technology Infrastructure Library) édité par l'Office Public Britannique du Commerce²³ est lui basé sur les processus de soutien et de réalisation des « services » informatiques qui peuvent être apportés à une organisation, autant dans un contexte de prestataires externes qu'internes. Il se présente comme un ensemble de « bonnes pratiques » regroupées en 9 « livres » dont les premiers portent sur les processus de support au service, la livraison des services, le management et la relation client, le support logiciel, les opérations systèmes, les réseaux. La version 3 introduit un « cycle de vie » pour faire le lien entre les pratiques de gestion de projet et les pratiques de gestion de services. Mais le modèle décrit une organisation « idéale » d'une organisation de services informatiques sans proposer de démarche de mise en œuvre tenant compte de la « maturité » de cette organisation.

Le modèle « IT Service CMM » s'inspire du modèle CMMI pour une organisation de services informatique en identifiant les processus nécessaires pour répondre aux dysfonctionnements identifiés dans des organisations de service ayant mis en œuvre une évaluation des niveaux de service et même une démarche ITIL (Niessink et Vliet 1998). Les dysfonctionnements étudiés portent notamment sur l'évaluation qualitative des informations portés dans un processus et dont la faible valeur peut mettre en cause l'efficacité du processus pourtant respecté. C'est une démarche proche que nous proposons avec un modèle de maturité des systèmes de type ERP.

²³<http://www.best-management-practice.com/>

3 Matrice de maturité d'usage d'un système ERP

Le constat évoqué au chapitre 1.1 des difficultés de la maîtrise des systèmes ERP dans tout leur cycle de vie conduit à rechercher les conditions particulières d'efficacité des usages. A partir d'enquêtes quantitatives et qualitatives sur des entreprises utilisatrices de systèmes ERP, les dysfonctionnements constatés et les actions correctrices conduites sont synthétisés pour une classification mettant en lumière des « niveaux de maturité » (Botta-Genoulaz et Millet 2005). La Figure 2.19 présente cette classification reposant sur deux axes de maîtrise des S.I., eux-mêmes décomposés en trois niveaux : Le premier axe intitulé « Maturité de l'outil » relevant de la bonne utilisation des systèmes du point de vue de leur efficacité propre, se décompose en Maîtrise de l'outil, Amélioration, Évolution. Le deuxième, intitulé « Support de la stratégie », relevant de la contribution du S.I. à la performance de l'entreprise, de son efficacité, se décompose en Maîtrise des données de base, Maîtrise des processus, Accompagnement stratégique.

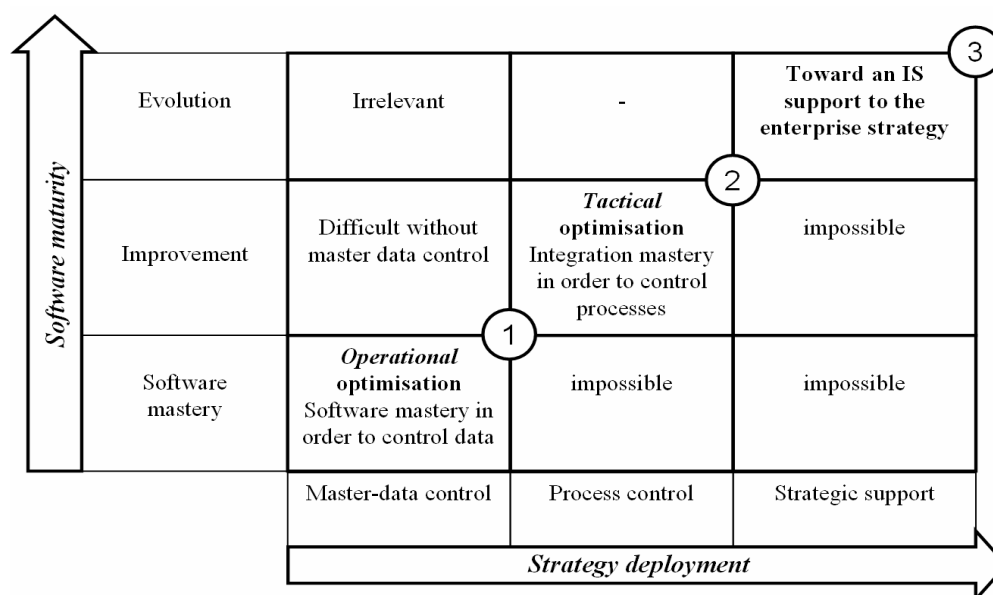


Figure 2.19: Matrice de maturité outil/processus

Nous proposons sur cette matrice une vision synthétique d'une démarche d'optimisation. 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, certaines situations sont impossibles (maîtriser les processus sans maîtrise de l'outil).

Chaque niveau a été défini par les critères d'alertes permettant de le reconnaître et par les actions d'amélioration caractéristiques à mettre en œuvre à ce niveau. Nous pouvons ainsi dégager une stratégie de meilleure utilisation du S.I. en deux grandes étapes qui aboutissent à la situation d'un système d'information considéré comme contribuant à la stratégie de l'entreprise. Ces étapes sont représentées par des niveaux d'optimisation et permettent de distinguer trois situations :

- ◆ Pour atteindre la situation 1 : optimisation opérationnelle centrée sur la bonne utilisation de ce qui existe (Maîtriser les outils pour maîtriser les données) ; le système d'information est considéré comme un outil de production et diffusion de données.
- ◆ Pour atteindre la situation 2 : optimisation tactique centrée sur la meilleure intégration de ce qui existe afin de permettre une utilisation plus efficace (améliorer les usages pour mieux maîtriser les processus) ; le système d'information est ici considéré comme un outil d'aide au pilotage des processus opérationnels de l'entreprise.
- ◆ Pour une utilisation maximale des systèmes d'information : optimisation stratégique conduisant à modifier le positionnement de l'ERP existant dans la stratégie du système d'information : il est alors un véritable élément au service de la stratégie de l'entreprise.

Des audits réalisés dans plusieurs entreprises sur l'utilisation des modules de planification (MRP) au sein des ERP permettent de valider cette proposition de classification des démarches d'optimisation.

Un système d'information est un ensemble structuré de ressources informatiques et humaines pour capturer, traiter et distribuer de l'information. Dans une approche systémique, il développe la capacité du système de pilotage à agir sur le système opérant. Il est intimement lié à l'organisation, aux interactions entre les acteurs, entre les acteurs et l'organisation, entre l'acteur et le système. Son efficacité est d'abord celle des usages par les acteurs.

L'ingénierie des systèmes d'information prend en compte cette dimension organisationnelle de la capacité d'un système à répondre aux besoins, identifiant des points de vue divers à prendre en compte, proposant donc une multiplicité de représentations pertinentes pour formaliser le besoin et le système. Elle cherche à construire l'alignement du S.I. à la stratégie d'entreprise.

Des approches ont été développées et sont utilisées dans le contexte de développement de S.I. spécifiques et proposent donc des démarches relativement séquentielles « traduisant » par étape le besoin en solution. Des approches récentes complètent les cadres existants pour prendre en compte la place des progiciels, proposant des démarches itératives de prototypage dans lesquelles la décision humaine reste nécessaire pour trouver le compromis efficace entre contraintes d'organisation et systèmes d'information, pratiques existantes et conduite du changement ...

Au delà du projet de construction d'un S.I., la place de l'acteur dans l'efficacité de ce système conduit à évaluer la maturité acquise par l'organisation. Des modèles de maturité formalisent les bonnes pratiques et peuvent être adaptés à l'analyse des retours d'expérience des projets ERP. Cela conduit, à côté des concepts de processus, fonctions, ressources que la modélisation d'entreprise et l'ingénierie des systèmes formalisent, à insister sur la notion de pratiques pour caractériser et évaluer les comportements humains et organisationnelles qui sont les seuls facteurs de performance d'un S.I. tout en le conditionnant lui-même.

Chapitre 2.4

Intégration organisationnelle et informationnelle

Comme nous l'avons vu en caractérisant les projets ERP, l'intégration est un enjeu essentiel des systèmes d'information. L'intégration est pour les gestionnaires une réponse à la nécessité de la coordination dans une entreprise. Nous étudierons donc tout d'abord cette intégration organisationnelle. Nous verrons ensuite qu'elle suppose et repose sur une intégration informationnelle qui est au cœur de la place prise par les systèmes d'information. Cette dimension informationnelle de l'intégration nous conduit à étudier les dépendances comme élément de couplage entre des entités, des acteurs, des entreprises.

Nous verrons que cette notion de couplage « fort » ou « faible » est au cœur de représentations multidisciplinaire de l'organisation, avec les efforts de partitionnement (« clustering ») qui ont mobilisés gestionnaires, informaticiens, économistes, logisticiens... Nous étudierons ensuite les techniques de partitionnement avant de conclure ce chapitre en précisant comment cette intégration informationnelle est portée dans les systèmes ERP et dans la modélisation d'entreprise.

2.4.1 Intégration et organisation

1 Intégration et coordination

Toute organisation est caractérisée par une structure de liens hiérarchiques et fonctionnels qui assurent la stabilité, la cohésion et la dynamique du système. Elle permet de maîtriser la complexité du système en répartissant les fonctions et en assurant les liens nécessaires entre elles. Les formes de répartition et la nature des liens existant entre les sous-ensembles de la structure peuvent être variées et correspondre à des finalités différentes. Cette décomposition d'un système conduit généralement à une vision hiérarchique de la structure en trois niveaux : stratégiques, tactiques et opérationnels (Anthony 1964). Mais toute décomposition conduit à interroger le niveau d'autonomie de décision de chaque sous-système, leur « intégration » dans une logique commune de coopération et des moyens divers de contrôle, la rationalité et la conflictualité des acteurs qui vont « coopérer ». La division des tâches ne constitue ainsi qu'un des fondements de l'organisation et renforce le problème des dépendances entre les tâches. Pour réduire ce problème, (Thompson 1967) proposa une démarche de simplification des problèmes de coordination par modification de l'organisation. Il classa les problèmes de coordination en trois classes de difficulté croissante et proposa un mode de coordination plus particulièrement adapté à chacune de ces classes :

- ◆ La coordination par règle à l'intérieur d'une même structure permet de réguler ce qu'il appelle la « *pooled interdependence* » (dépendance au sein d'un même groupe par la production ou l'usage d'une ressource commune).
- ◆ La coordination par planification traite le problème de la coordination d'activités se déroulant séquentiellement, un résultat de la première venant conditionner la suivante (« *sequential interdependence* »).
- ◆ La coordination par ajustement mutuel permet enfin de répondre aux interdépendances mutuelles, cas le plus difficile à son avis de coordination (« *reciprocal interdependence* »).

Cette vision sera complétée par les travaux de Lawrence et Lorsch (1969) qui identifient deux manières de résoudre ces problèmes de coordination :

- ◆ En les réduisant, par modification de la structure, ou par introduction de jeux (« *slack* »).

- ◆ En augmentant les capacités d'intégration de l'organisation, par le développement de systèmes d'information verticaux ou latéraux.

Leurs travaux ont montré les limites du pilotage hiérarchisé dans un environnement diversifié, situation dans laquelle l'adaptation à l'environnement passe par une décentralisation des décisions. Mais le risque de la « non observabilité » des activités décentralisées renforce l'importance des capacités d'intégration qui doivent pourtant autoriser une forte flexibilité de l'organisation. La décentralisation ne supprime pas la nécessité de l'intégration à mettre en place pour rendre cohérent l'ensemble des décisions de l'entreprise.

Une théorie de la coordination a été proposée par Malone et Crowston (1994) qui caractérisent les dépendances entre tâches comme liées aux ressources partagées ou échangées entre elles, proposant une classification de ces dépendances par ressources partagées, relations client-fournisseur, simultanéité et dépendances entre tâches et sous-tâches. Cette intégration outil de maîtrise de la coordination que rend nécessaire la dépendance entre activités peut se réaliser de deux manières (Daihani 1994) :

- ◆ L'intégration physique en regroupant les différentes parties ou même en les fusionnant pour n'en faire qu'une seule (exemple : intégrer un sous-traitant). Il s'agit de réduire le nombre des éléments à gérer, d'obtenir une interdépendance étroite qui tend donc à rigidifier le système par suppression des découplages (Everaere 1994).
- ◆ L'intégration fonctionnelle qui relie deux ou plusieurs parties en partageant des ressources communes informationnelles ou matérielles. Chaque élément garde son autonomie et l'intégration harmonise la collaboration ou l'enchaînement des tâches entre les différentes parties dans le but d'atteindre des objectifs communs. On peut alors définir la coordination comme la recherche de cohérence dans les interactions (Everaere 1994).

L'histoire de l'intégration des systèmes d'information permet d'identifier quatre niveaux d'intégration des systèmes, des applications, des affaires, et enfin des entreprises.

« L'intégration peut être définie comme un effort d'amélioration de l'efficacité globale en liant les éléments au moyen de réseaux de communication pour obtenir une meilleure réactivité et efficacité du système global comparé avec les opérations isolées de ses composants » (Kosanke et al., 1999).

L'intégration est ainsi l'effort d'une organisation pour des relations interindividuelles, inter-fonctionnelles et inter-entreprises plus étroites (Geffroy-Maronnat et al., 2004). Elle se fonde sur une coordination plus étroite des tâches, sur la coopération et sur le partage des informations et des prises de décision. La

gestion de cette interdépendance organisationnelle au niveau intra ou inter entreprise devient ainsi une intégration « informationnelle ».

Cet enjeu s'est étendu aux relations inter-entreprises notamment pour le pilotage des chaînes logistiques et plus généralement dans les collaborations qui s'établissent dans les « entreprises virtuelles » ou « étendues ». Différents modes de coordination sont nécessaires aux partenaires d'une chaîne logistique. Il leur faut ajuster ou combiner correctement des moyens, des actions, des objectifs, des décisions, des informations et même des connaissances pour assurer un fonctionnement efficace de la chaîne. Un mode spécifique de coordination est nécessaire selon les caractéristiques de la dépendance qui doit être contrôlée. Il peut être analysé sur deux dimensions :

- ◆ le degré de mutualisation de la coordination qui augmente depuis la simple complémentarité des acteurs, puis dans la recherche de cohérence pour la compréhension de leur dépendance et enfin dans une vision commune des objectifs,
- ◆ l'objet « focus » de la coordination qui peut porter uniquement sur les liens opérationnels ou sur la coordination des processus support de la dépendance pour devenir de véritables processus collaboratifs, ou encore impliquer plus globalement une dépendance organisationnelle conduisant à un partage de la connaissance sur la demande finale et les ressources de la chaîne pour supporter les processus de décision (Tableau 2.9).

		Mutualisation de la coordination	
		des processus	de la compréhension
Focus de la coordination	Liens opérationnels	Synchronisation logistique (objet produits/services et processus logistiques)	Partage d'informations (objet : information)
	Liens Organisationnels	Motivation d'alignement (objet : bénéfiques et risques)	Apprentissage collectif (objet : connaissances et capacités)

Tableau 2.9 : Les deux dimensions de la coordination ((Simatupang et al., 2002)

Le support de la coordination, dans tous les modes identifiés, est ainsi fortement informationnel, depuis les données opérationnelles qui accompagnent les flux physiques (synchronisation) jusqu'au partage d'informations construites par les acteurs dans les activités tactiques ou stratégiques (apprentissage). Les mécanismes d'intégration dans une organisation reposent ainsi fortement sur le système de décision et le système d'information (Daihani 1994). Les sciences sociales peuvent utiliser une représentation de cette intégration sous forme de graphe. Ainsi Yu et Mylopoulos (1997) propose un modèle de dépendances stratégique sous forme d'un

graphe reliant les acteurs par des relations de ressources, activités, buts et « buts indirects » (softgoal), dépendances qualifiées par le niveau de vulnérabilité qu'elles représentent, et un modèle de rationalité stratégique qui relie les ressources, activités et buts dans un arbre au moyen d'une relation de causalité entre une activité et son résultat (means-ends) et d'une relation de décomposition d'une activité en activités et objectifs « indirects » (softgoal). Nous considérons cette représentation sous forme de graphe, comme un outil commun aux informaticiens et aux gestionnaires pour représenter la complexité des dépendances qui constituent ensemble l'intégration d'un « système entreprise ».

2 Intégration informationnelle

L'interdépendance croissante des systèmes d'information est ainsi non seulement la conséquence de l'informatisation croissante des fonctions de l'entreprise et des échanges eux-mêmes en croissance, mais aussi le support d'une réponse à l'intégration organisationnelle. Cette intégration informationnelle s'est construite autour de différentes approches :

- ◆ L'enrichissement des bases de données cherchant à intégrer les logiques applicatives à partir de règles événementielles, de structures de données évoluées (graphes, arbres...), et d'interaction supportées par les données (triggers...).
- ◆ Le développement d'applications d'entreprise complète (ERP) intégrant et standardisant de nombreux domaines fonctionnels.
- ◆ La standardisation de protocoles et normes d'échanges réduisant le coût des transactions entre applications (EAI, CORBA, DCOM, J2EE...).
- ◆ L'urbanisation du système d'information autour de cartographie modélisant les organisations et leurs processus, le système d'information et les applications et outils le supportant.

L'intégration par les EAI (Enterprise Application Integration) a montré la complexité des différents niveaux de cohérence nécessaires depuis les plateformes techniques (Broker, accès distant, publication...), les données (extraction, transformation, métadonnées...), les composants (transaction, services web...), les applications (connecteurs, API...), les processus (modélisation et workflow....), et même les relations d'affaires (EDI, place d'affaires...) (Gold-Bernstein et Ruh 2004).

Ce besoin d'intégration informationnelle est au coeur du développement des ERP qui se sont présentés dans un premier temps comme la solution à la difficile maintenance d'un système éclaté en multiples îlots informatiques nécessitant de nombreuses interfaces. En proposant *l'interconnexion fonctionnelle*,

l'homogénéisation inter-fonctionnelle et l'ouverture évolutive, les ERP permettent de converger vers “ *le vieux rêve d'un référentiel unique du système d'information de l'entreprise* ” (Rowe 1999). Ils sont apparus comme une réponse au problème de la fragmentation des informations dans des organisations de grande taille promettant une intégration complète de toutes les informations circulant dans une société, de toutes les fonctions et processus (Sarkis et Gunasekaran 2003).

Cette intégration informationnelle s'est étendue aux relations inter-entreprises avec les applications du SCM (Supply Chain Management) qui cherche notamment à coordonner la prise de commande par un client le plus directement possible dans le système d'information du fournisseur. Une étude des scénarios d'intégration de ce processus de commande conduit à identifier quatre techniques d'intégration (Werner et Vetter 2003) :

- ◆ une intégration « visuelle » par l'interface utilisateur autorisant des appels à des outils externes ;
- ◆ une intégration « fonctionnelle » par les interfaces de programmation applicatives (API) ;
- ◆ une intégration « données » par l'échange et la transformation de données ;
- ◆ une intégration « orientée message » avec le routage (EAI), les workflow traitant des flux de données avec gestion de statuts.

L'intégration informationnelle repose ainsi sur une intégration informatique qui se réalise à la fois par la standardisation des normes d'échanges et par la standardisation des applications. L'intégration peut être très forte, notamment à l'intérieur d'une organisation où les entités seront considérées d'abord comme « fortement couplée ». Elle peut être au contraire « lâche », notamment dans les échanges inter-entreprise. On parlera alors d'interopérabilité, comme mode « faiblement couplée » de l'intégration (Vernadat 2007) .

3 Intégration, dépendance et couplage

L'intégration s'exprime donc sous des formes diverses mais dont une représentation simple et générique peut être de caractériser les diverses formes de « dépendances » entre les différents types « d'objets » ; entités, ressources, décisions, informations, systèmes impliqués dans cette intégration. Ces dépendances sont au cœur des préoccupations des sciences de gestion qui cherchent à identifier leurs caractéristiques économiques (identifier, imputer, analyser des coûts et des revenus entre entités), à organiser leur pilotage en proposant des structures limitant ce couplage (externalisation) ou au contraire en facilitant le contrôle (intégration). Une des premières théories générales des systèmes intègre ainsi dans son glossaire le concept de « *coupling* » défini comme un ensemble de variables communes à

deux éléments du système ou un élément du système et son environnement. Ce « couplage » est caractérisé par un degré d'intensité (réel, hypothétique ou dirigé) selon son domaine de validité (Klir 1969). Bien avant la problématique des ERP, ce concept permet d'étudier la contradiction entre le besoin d'autonomie nécessaire à la créativité et la flexibilité et le besoin de cohérence nécessaire au contrôle. Une structure de management « faiblement couplée » est ainsi proposée dans un modèle reposant sur « deux noyaux », l'un technologique, l'autre administratif (Daft 1978). La même approche (Tableau 2.10) est proposée comme cadre d'étude du compromis entre intégration et réactivité locale dans les modes de coordination et de configuration d'une structure multinationale (Spender et Grevesen, 1999). Prolongeant les travaux sur la capacité d'une organisation à construire des convictions internes tout en réagissant à des incertitudes externes, cette « théorie du couplage faible » cherche à concilier réactivité globale et différenciation locale (Orton et Weick 1990). Ce modèle a été fréquemment évoqué pour caractériser les universités (Fusarelli 2002) , (Avila de Lima 2007) ou les organismes de santé (Pinelle et Gutwin 2005). L'étude des conditions d'efficacité d'organisations faiblement couplées conduit à caractériser ce qui maintient les entités diverses d'une organisation dans leurs transformations et notamment le rôle des dirigeants et les pratiques des acteurs (Spender et Grinyer 1995). C'est une des caractéristiques des entreprises de taille moyenne dont les structures organisationnelles sont souvent évolutives et constamment interprétées par des acteurs dominés par les contraintes opérationnelles (Huin 2004).

	Réactivité locale faible	Réactivité locale forte
Réactivité globale forte	Firme globale (système fortement couplé)	Transnationale (système faiblement couplé)
Réactivité globale faible	Non structuré	Multinationale (système non couplé)

Tableau 2.10: Couplage et matrice intégration/réactivité

La place prise par les S.I. dans les relations entre acteurs les place au cœur de ce qui construit ce couplage plus ou moins fort dans une organisation, notamment par l'échange d'information. On peut ainsi caractériser l'intégration entre deux organisations par la mesure de l'intensité de leur « couplage » informationnel

qui peut dépendre de la nature des informations échangées et le nombre d'intermédiaires impliqués dans l'échange. Une telle classification dans le cas d'une chaîne logistique permet ainsi de définir un niveau d'intensité de ce « couplage logistique » (Barut et al., 2002). Ce couplage des partenaires d'une chaîne logistique n'est pas limité à l'échange d'information mais peut reposer sur une dépendance forte des processus eux-mêmes pouvant conduire à la notion d'entreprise virtuelle. (Themistocleous et al., 2004)

Ce concept de « mesure » de l'intégration est étudié par plusieurs auteurs à partir notamment de la représentation des dépendances dans la modélisation d'entreprise. On peut considérer qu'une dépendance doit être modélisée comme une relation entre deux objets (Giachetti et al. 2005). On peut la compléter par la dépendance organisationnelle induite par la position des objets dans une hiérarchie (Ganesan et al., 2003). La dépendance peut donc être directe, par exemple entre deux processus dont l'un déclenche l'autre, entre deux données avec une contrainte d'intégrité de base de donnée. Elle peut être indirecte, par exemple entre deux processus qui utilisent une même ressource, sont pilotés par le même acteur, ou influencent le même indicateur de performance. Une telle approche est prise en compte dans une méthodologie d'analyse et ré-ingénierie des processus reposant sur la mesure de « couplage » entre deux activités à partir de la proximité des informations en entrée ou en sortie de ces activités ((Castano et al., 1999). Ces dépendances représentent à la fois la structure d'une organisation, ce qui la rend pérenne et lui permet d'accumuler des compétences, et en même temps les contraintes qui freinent son adaptation. Cela conduit à ne pas se limiter à une évaluation quantitative d'un niveau de couplage global, mais à caractériser et étudier des dépendances cruciales notamment en termes de conduite du changement, donc au niveau des processus d'entreprises (Chapron 2006). Cet auteur propose une classification des dépendances de processus en types de dépendances élémentaires qui peuvent être ensuite agrégées :

- ◆ dépendance d'acteurs (partage d'acteurs, dépendance structurelle liées à la dépendance hiérarchique des acteurs, dépendance de rôle commun),
- ◆ dépendances par les ressources (partage d'applications, dépendance d'un flux de donnée),
- ◆ dépendances informationnelles (partage d'objet métier, dépendance événementielle).

La dépendance peut aussi être enrichie de l'importance des objets et de la dépendance elle-même. On peut caractériser cette dernière représentée dans un modèle de processus en l'annotant d'informations de fréquence, d'importance et de délai pour obtenir ainsi une matrice d'évaluation de la dépendance entre tâches qui peut ensuite être traduite au niveau organisationnel (Giachetti 2006).

On trouve encore une approche similaire dans la classification des modes de partage de connaissance dans un processus de conception. La dépendance que représente ce partage peut se réaliser à différents niveaux, le processus informatique, le système ou l'équipe sous forme d'une matrice des dépendances processus/équipe, système/processus... (Prasad 1999). On peut alors rechercher comment « simplifier » la matrice résultante afin d'obtenir une dépendance plus faible représentant une organisation « faiblement couplée ».

Il est important de ne pas limiter le concept de dépendance à l'interopérabilité informationnelle. On constate en effet l'absence de corrélation évidente entre interdépendance et standardisation des échanges ce qui semble indiquer que le couplage peut être géré autrement qu'au niveau de l'échange informationnel (Wybo et Goodhue 1995).

4 Intégration et partitionnement

Cette problématique de couplage entre différents types d'éléments d'un système a conduit à la notion de « clusters », regroupements pertinents d'objets fortement dépendants. C'est notamment le cas dans la conception de logiciel pour aider à la recherche de la « bonne » modularité des applications dans la relation entre architecture applicative et organisation (Winter et Robert 2003), dans la suite de la méthode IBM « *Business System Planning Method* » (BSP) de clusterisation entre données et processus et de la méthode « *Systems and Technology Planning (STP)* » de clusterisation entre entités organisationnelles et applications (Figure 2.20). Cette analyse doit prendre en compte des facteurs contradictoires : complexité, couplage, coût d'infrastructure, coût de réalisation et coût de maintenance qui sont liés de manière contradictoire. Un couplage fort sur l'ensemble des fonctionnalités d'un système conduit à augmenter fortement la complexité donc le coût de réalisation, mais réduit le coût de l'architecture support (Schwinn et Winter 2005).

L'identification des clusters dans ces modèles repose sur 2 dimensions que Winter propose de généraliser en un modèle à 3 dimensions : fonctionnalités, informations et organisations/activités. De plus, la reconnaissance de cluster repose sur le tri des données par axe de la matrice, dans un ordre lié au flux dans le cas BSP et sur l'affectation de fonctions aux entités dans la méthode STP. Les problèmes posés par les très larges applications existantes conduisent à chercher des solutions s'appuyant plus fortement sur la connaissance des diverses dépendances entre entités, qui ne peuvent se limiter à une matrice à deux dimensions. Il faut souvent considérer le graphe complet des dépendances dont les caractéristiques ne

peuvent être prédéterminées indépendamment des organisations et des applications et dont la structuration en dimensions doit pouvoir être considérée comme partiellement « émergente ».

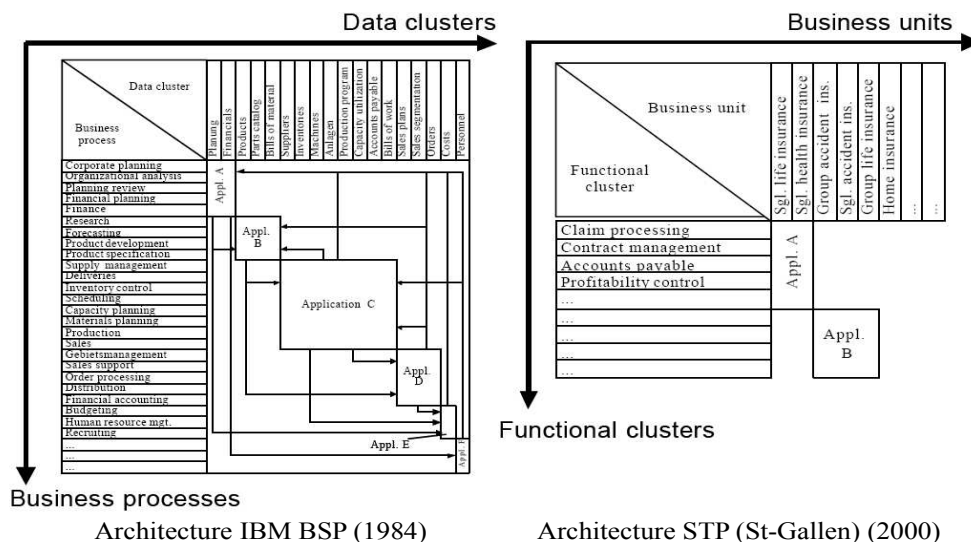


Figure 2.20: Clusterisation comparée d'architectures (Winter, 2003)

Le problème peut être défini comme l'étude des dépendances concrétisant l'intégration organisationnelle et informationnelle afin de définir des « sous-domaines » cohérents qui soient à la fois pertinents par leur intégration interne justifiant un projet et faiblement dépendants de domaines externes afin de limiter les perturbations. Ce problème rencontré dans des domaines variés est désigné sous l'expression de « *clustering* ». Il fait l'objet d'études en physique (Newman 2004), en sciences humaines (Ferre et Jouve 2002), conduit à des approches génériques multi-domaines (Palla et al. 2005) et à de nombreuses recherches d'algorithme performant (Wang et al., 2007; Yang et al., 2006). Il peut être vu comme un problème d'optimisation ce qui souligne la nécessité d'identifier les objectifs et les contraintes du partitionnement (Vinod 1969).

Une première approche propose un algorithme reposant sur une analogie mécanique de forces liant les nœuds du graphe et les repoussant. Chaque arc représente une force reliant ses sommets et une force générale repousse les sommets entre eux, à l'image d'une gravité inverse. On peut ainsi calculer un équilibre dynamique qui place les sommets de manière à équilibrer les forces opposées, calculant ainsi une distance entre sommets (Eades 1984), (Di Battista et al., 1994). Un résultat visible est de faire apparaître des « partitions » du graphe en zones relativement denses faiblement reliées. Sans être un algorithme de partitionnement

pouvant optimiser des critères, il est une solution simple et permettant de faire apparaître des structures pour des graphes quelconques. Il peut être utilisé sur un graphe déjà partitionné, afin de représenter le « super-graphe » reliant les clusters existants de manière pertinente, puis de naviguer dans ces clusters (Eades et al., 2000).

Une taxinomie des approches de solution du problème de clustering lui-même est proposée par Jain présentée dans la Figure 2.21.

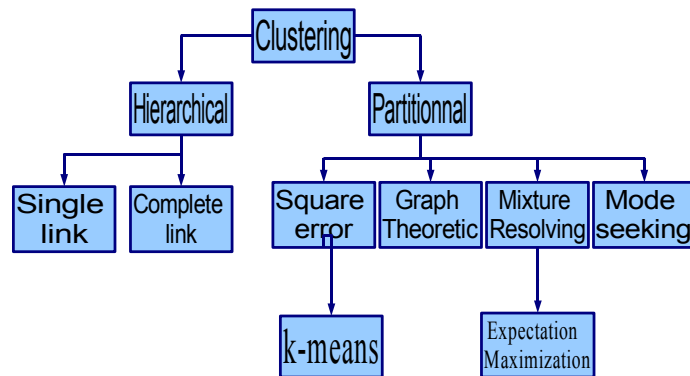


Figure 2.21: Une taxinomie des approches de clustering (Jain, 1999)

La première étape est toujours d'identifier et de caractériser les éléments à regrouper, puis de définir une similarité entre ces éléments. Cette similarité n'est pas une notion triviale dans la mesure où les caractéristiques sont le plus souvent hétérogènes. Les méthodes de résolution dite « hiérarchiques » produisent une hiérarchie de cluster avec un niveau de similarité à chaque niveau de hiérarchie, le premier niveau regroupant l'ensemble des objets. (Jain et al., 1999). On peut ainsi « choisir » le niveau de regroupement pertinent en fonction du niveau de similarité constaté à ce niveau. Les méthodes hiérarchiques sont rapidement très coûteuses en temps pour des volumes de données importants.

Les méthodes de résolution par partitionnement produisent un ensemble de clusters dont le nombre recherché est un des paramètres essentiels. Ils cherchent à optimiser une fonction locale à un sous-ensemble d'objets ou globale sur l'ensemble des objets. La méthode la plus répandue repose sur le critère des moindres carrés et identifie correctement les clusters « fortement corrélés ». L'algorithme le plus répandu est appelé « k-means » où k est le nombre de cluster recherché. Jain (1999) identifie quatre méthodes :

- ◆ ascendante avec une règle de regroupement ou descendante avec un critère de séparation et dans les deux cas un critère d'arrêt,
- ◆ déterministe ou stochastique notamment pour de grand volume de données,

- ◆ incrémentale pour permettre l'ajout progressif de donnée dans le graphe ou non (traitement global du graphe),
- ◆ net pour une appartenance univoque à un cluster ou flou qui associera à un objet un « degré d'appartenance » à un cluster.

Il souligne l'importance de « l'effet de chaîne » qui complique la séparation de deux groupes fortement corrélés liés entre eux par une suite de dépendances faibles. C'est un critère important de choix des algorithmes. Cependant, dans tous les cas, l'approche k-means est de très loin la plus rapide et fournira une bonne solution. La prise en compte de contraintes spécifiques au domaine venant compléter la méthode choisie est souvent un élément essentiel de l'efficacité d'une méthode.

Cette démarche est utilisée fréquemment pour comprendre la complexité des systèmes d'information et des entreprises. On trouve ainsi un complément multi-agent à un système ERP pour la construction de clusters de ressources (fournisseurs, stock, client...) (Symeonidis et al., 2003) Il repose sur approche d'extraction de connaissances en utilisant le langage PPML du datamining group (DMG 2007). Cette démarche est aussi utilisée pour identifier des groupes homogènes d'acteurs d'une chaîne logistique (Srinivasan et Moon 1999). Elle est utilisée fortement dans une approche complète d'urbanisation du système d'information pour la gestion de l'évolution de l'entreprise, approche centrée sur les processus comme construit essentiel de l'ingénierie d'entreprise. L'objectif est de délimiter des zones de processus cohérentes vis-à-vis de la gestion de l'évolution (Chapron 2006). Cette démarche repose sur la constitution d'un graphe de dépendances entre processus prenant en compte les dépendances d'acteurs, d'information et de ressources. Une caractérisation précise d'une dépendance par une mesure opérationnelle semble difficile car elle nécessiterait une analyse par entretien. Le graphe est donc quantifié par le nombre de dépendances entre deux processus qui sont considérées comme symétriques (le graphe n'est donc pas orienté). La formulation d'un problème non flou, déterministe et non incrémental conduit l'auteur à une méthode de classification hiérarchique. Les différents types de dépendance sont traités séparément pour produire ainsi trois « cartes de cluster » (Figure 2.22). L'étude de ces cartes est la base d'une démarche de diagnostic portant sur la qualité des cartes obtenues, la mesure de l'effort à fournir pour transformer une situation identifiée vers un état cible, enfin sur la cohérence des différents points de vue que représentent les cartes, notamment en rapprochant l'urbanisation applicative de la clusterisation des processus pour mesurer l'alignement du S.I. aux processus.

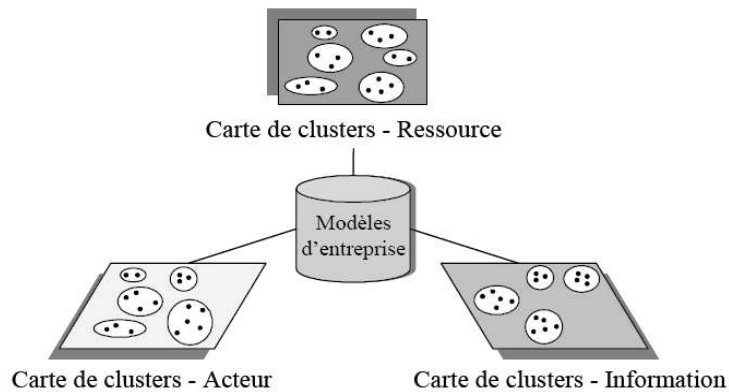


Figure 2.22: Cartes de Cluster (Chapron, 2006)

Ce diagnostic permet d'engager ensuite une étude des processus eux-mêmes, de leur maturité et de leur contribution stratégique. Dans les deux cas, il s'agit d'éclairer les démarches existantes de mesure de maturité ou de contribution stratégique d'un processus en considérant leur cohérence dans un cluster, et en l'agrégeant pour en éclairer plus fortement la pertinence dans les projets d'évolution d'entreprise.

2.4.2 Intégration et standardisation

1 Intégration et ERP

L'intégration est le plus souvent présentée comme un facteur de performance et donc comme un enjeu important des projets de S.I. L'intégration peut être un vecteur de maîtrise des enjeux de pouvoir amont et aval pour une entreprise cherchant dans un projet S.I. à réduire sa vulnérabilité provenant de la dépendance et des coûts de transaction. (Humphreys et al., 2001).

Elle peut être au contraire un risque dans des organisations dont l'intégration est toujours une construction historique et contingente. Un projet ERP dans une entreprise « non intégrée », et dont certaines entités peuvent être au contraire marginalisée dans les relations sociales internes conduit à reproduire cette « dés-intégration » dans le S.I. (Elbanna 2007). De même, l'intégration « imposée » par un ERP peut être une contrainte face aux besoins de flexibilité. Une

classification de l'intégration sur deux axes permet d'identifier quatre types d'organisation et leur infrastructure de système d'information (Evgeniou 2002). Un axe vertical mesure la « visibilité » permise par des vues multiples (global/local, par produit, par canal...). Un axe horizontal mesurant la « flexibilité » face au besoin de changement. Le quadrant « visibilité faible/flexibilité forte » intitulé « entreprise décentralisée » s'appuie sur une infrastructure non intégrée de système d'information, alors que le quadrant visibilité forte/flexibilité faible s'appuie sur l'intégration autour d'un ERP. On peut même considérer qu'une certaine « ambiguïté structurelle » dans la définition des rôles permet un couplage plus faible des différentes parties d'une organisation lui conférant une certaine souplesse (Ravasi et Verona 2001). En tout état de cause, la perception de l'intégration dans l'entreprise n'est pas figée et peut se transformer dans le temps :

« SAP was first allied with top management, playing the role as a powerful change agent. Later on, SAP was allied with local managers and users, helping them bringing the change process under their influence and to the speed they preferred. Currently, SAP is changing its role as it is installed and integrated into a larger corporate infrastructure. As such, it becomes everybody's enemy by resisting all organizational change » (Hanseth et Braa 1998).

De fait, le modèle d'organisation est « codé » dans les applications qui définissent les entités organisationnelles, les classifications de comptabilité, de statistiques... les regroupements qui conditionnent les processus de décision. L'alignement entre ce modèle d'organisation de l'application et l'organisation réelle peut être très difficile. (Kovacs et Paganelli 2003). La cohérence entre les modes d'intégration organisationnels et informationnels est donc un facteur de succès de la conduite du changement nécessaire. C'est ce que perçoivent les dirigeants d'entreprise qui identifient comme condition de réussite des projets ERP l'adéquation entre les éléments de stratégie d'entreprise et les mécanismes d'intégration portés par l'ERP :

« An organization is more likely to perceive system value, beyond their expectations, when there is a fit between its strategy and integrating mechanism. ERP systems standardize processes, integrate information and centralize control; organizations that find this consistent with their own strategies, characteristics and integrating mechanism are more likely to realize higher system value from their ERP. » (Somers et Nelson 2003).

L'ERP est un exemple significatif de système « fortement couplé » qui répond bien aux besoins d'organisation fortement intégrée et formalisée, mais dont la flexibilité intrinsèque est limitée. Mais l'intégration totale ne peut être atteinte et on ne peut parler que d'un effort d'intégration qu'il faut savoir caractériser et mesurer

(Dechow et Mouritsen 2005). Cet effort ne peut reposer que sur les connaissances et capacités d'apprentissage ou de changement de l'organisation. Pour exprimer l'efficacité d'un système fortement intégré en conservant la flexibilité et réactivité de l'organisation, il faut que les compétences, relations et ressources soient mobilisées pour assurer la cohérence de l'alignement recherché.(Lengnick-Hall et al., 2004). La difficulté est de prendre en compte les dépendances et les différenciations entre les entités de l'organisation. Les dépendances bénéficient de l'intégration de l'ERP et les différenciations sont sources de risques et de coûts. (Gattiker et Goodhue 2004).

Cependant, l'ERP masque la 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. De plus, l'ERP est un système de très grande taille comportant des dizaines de milliers d'objets (25000 transactions pour le plus étendu leader du marché SAP, mais déjà 132 modules constitués de 2413 tables et 4901 scripts dans 7527 sessions dans la solution BAAN5 considéré comme représentatif du deuxième segment de marché. 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.

2 Intégration et modélisation d'entreprise

Le rapport entre intégration et modélisation d'entreprise est clairement identifié dans les études sur les architectures d'entreprises comme le montre les définitions CIMOSA qui caractérise l'intégration par la mise à disposition de la bonne information au bon endroit et la modélisation par la capacité à bien identifier l'information et sa localisation (Kosanke et al., 1999). L'intégration entre les processus, l'organisation et l'information est donc essentielle et suppose des outils adaptés, principe au cœur de l'outil ARIS (Scheer 2002). Mais l'intégration représente aussi une difficulté dans les efforts de modélisation d'entreprise compte tenu de l'importance des processus transverses des organisations. La définition hiérarchique d'un domaine de modélisation dans une démarche descendante risque donc de ne pouvoir tenir compte des dépendances que l'infrastructure crée entre les domaines.

Ainsi, l'exemple illustrant les premières publications d'utilisation de CIMOSA (Geerbox production) montre bien la nécessité dans toute démarche de

modélisation de définir un périmètre, donc ce qui est externe au périmètre et les interactions entre le domaine étudié et les autres domaines (Zelm et al., 1995). Les interactions sont identifiées et affectés au niveau inférieur de la modélisation (les Domain Process). Mais si les domaines modélisés et non modélisés partagent une infrastructure basée sur un progiciel standard comme un ERP, il n'est plus possible de définir ainsi les domaines non modélisés comme « externe » au modèle.

Le domaine modélisé peut correspondre au domaine couvert par l'ERP, mais sa décomposition hiérarchique doit dès les premières étapes prendre en compte les conséquences de l'intégration qui feront des interactions entre domaines toujours plus nombreuses et complexes. Cela rend difficile l'assemblage de modèle par composition de parties pouvant provenir de concepteurs différents. Si la définition des processus doit prendre en compte des détails de mise en œuvre de l'intégration dans les applications informatiques, leur assemblage nécessitera une étude de cohérence de l'intégration entre les composants applicatifs impliqués.

La modélisation d'entreprise propose une architecture et des concepts qui sont un support de la standardisation (Kosanke et Nell 1999). Mais cet objectif de standardisation pour permettre une « architecture d'entreprise par composant » rend nécessaire d'explicitier dans la modélisation les dépendances de tous niveaux et entre tout type d'objet. La connaissance de ces dépendances pour des systèmes standard de grande taille comme les ERP est donc un enjeu important.

Le concept d'intégration est largement utilisé en informatique comme en productique depuis les années 1980 avec le CIM (Computer Integrated Manufacturing) présenté comme un réseau unifié de systèmes informatiques assurant et/ou contrôlant la totalité des fonctions intégrées de l'entreprise. Cette approche était centrée sur l'outil de production et son automatisation. Mais l'intégration dans l'entreprise immergée dans une chaîne logistique, en constante transformation pour répondre aux objectifs de performance qui lui sont fixés ne peut se réduire à une forme d'automatisation. Au contraire, les processus de prise de décision, d'apprentissage et de résolution de conflit font de l'intégration un enjeu organisationnel. Cette dimension explique le caractère pluridisciplinaire des réponses possibles, devant prendre en compte des ressources hétérogènes.

L'intégration est ainsi une réponse organisationnelle au besoin de coordination dans un contexte de transformation continue de l'entreprise et de son environnement. Elle se réalise dans des situations de « couplage faible » où dominant les interactions entre organisations; on parle alors d'interopérabilité. Elle peut conduire à un « couplage fort » dans lequel les objectifs, les processus, les stratégies des acteurs doivent être en cohérence.

L'accélération des cycles de conception, de production, de distribution et la multiplication des acteurs et des marchés tend à rendre de plus en plus complexe et dynamique ce « couplage » entre une multiplicité de points de vue et d'intervenants.

Dans tous les cas, l'intégration est organisationnelle et informationnelle et se traduit par un ensemble de dépendances entre les différentes entités, ressources, informations, systèmes, acteurs. Elle porte ainsi la complexité d'une organisation dans son contexte, ses relations à ses parties-prenantes, et doit être évaluée et caractérisée pour accompagner l'alignement des différents systèmes d'une organisation. Des techniques de partitionnement ou de clusterisation peuvent aider à identifier des structures faiblement couplées à partir d'un système existant.

Nous retenons de cet état de l'art l'enjeu de l'intégration dans une approche pluridisciplinaire au cœur de l'alignement entre les points de vue des gestionnaires, des praticiens des différents métiers de

l'entreprise, des informaticiens, des ingénieurs de l'organisation... Cette intégration n'est jamais totale ni aboutie. La flexibilité ou la réactivité conduisent toujours des acteurs à innover et transformer l'organisation. Elle doit donc être une démarche supportée par le cadre méthodologique de l'ingénierie d'entreprise, et notamment par la modélisation d'entreprise.

Nous proposons dans la troisième partie une démarche d'ingénierie orientée par et pour l'intégration, démarche reposant sur une représentation de l'intégration comme ensemble de dépendances pouvant être utilisée à différentes échelles d'étude, depuis les dépendances techniques et humaines d'une équipe de travail, de ses compétences, ses ressources et ses tiers, jusqu'à un secteur économique où interagissent des chaînes logistiques, des centres de financement, des centres de compétences et de formation, des supports réglementaires.

Cette démarche d'ingénierie sera le cadre où assurer la maîtrise des systèmes d'information, des projets associés jusqu'à la maturité de leur « bon usage » au service de la performance de l'entreprise.

Partie 3

Démarche d'ingénierie

orientée intégration

Chapitre 3.1	
Cadre et méta-modèle de l'intégration.....	139
3.1.1 Cadre de modélisation de l'intégration.....	140
3.1.2 Méta-modèle de l'intégration.....	145
1 Modèle de construit 19440.....	145
2 Comparaison du modèle 19440 et du modèle SCOR.....	151
3 Comparaison du modèle 19440 et d'un modèle ERP.....	154
4 Méta-modèle de l'intégration.....	157
3.1.3 Référentiels métiers pour les modèles d'entreprise.....	159
1 Informations échangées dans le modèle SCOR.....	160
2 Briques applicatives.....	166
3 Processus et briques applicatives.....	172
Chapitre 3.2	
Graphe d'intégration du modèle d'entreprise.....	181
3.2.1 Graphe des dépendances.....	182
3.2.2 Sous-graphes d'intégration.....	189
3.2.3 Définition de mesures de l'intégration.....	197
3.2.4 Partitionnement d'un graphe d'intégration.....	201
3.2.5 Couplage et voisinage d'intégration.....	203
3.2.6 Complexité des algorithmes.....	207
3.2.7 Dépendances et maturité des usages des S.I.....	208
Chapitre 3.3	
Ingénierie d'entreprise orientée intégration	213
3.3.1 Démarche d'alignement.....	215
3.3.2 Démarche d'ingénierie	217
3.3.3 Démarche d'alignement et graphe d'intégration.....	223
Chapitre 3.4	
Illustration sur des cas académiques et réels.....	233
3.4.1 Illustration sur un cas académique.....	234
3.4.2 Illustration sur le cas BAAN.....	245
1 Etude de l'intégration de l' ERP BAAN.....	245

2 Etude des distances sur un graphe BAAN partiel.....	248
3.4.3 Illustration sur le cas SCOR.....	252

L'état de l'art de la partie 2 nous permet de reformuler la problématique « ERP » de manière synthétique à partir d'une relecture du sigle lui même comme une rencontre entre les différents points de vue de l'ingénierie d'entreprise et du système d'information :

- **Enterprise Resource** : le point de vue managérial qui se préoccupe de performance économique, c'est à dire de la meilleure utilisation des ressources disponibles pour le résultat financier de l'entreprise, cherchant à concilier intégration et flexibilité. Il porte la nécessité de la standardisation là où le coût est jugé essentiel, de la différenciation dans les processus critiques de la création de valeur. Il cherche comment contribuer à la stratégie d'entreprise à coût minimum, faisant pression vers l'industrialisation des services et l'externalisation.
- **Ressource Planning** : le point de vue de l'ingénierie qui cherche l'utilisation optimale des ressources industrielles et logistiques, leur positionnement efficace dans la chaîne de la demande, modélise les processus d'approvisionnement, production et distribution pour les simuler, les optimiser, et même quand c'est possible les piloter directement.
- **Enterprise Resource Planning** : La réponse des informaticiens à cette recherche d'intégration et de pilotage, s'appuyant sur l'industrialisation du logiciel et des services, condition de la réduction des coûts de conception et de possession, sur des architectures facilitant la flexibilité de mise en œuvre et de pilotage, cherchant à supporter les efforts de modélisation pour la conduite du changement nécessaire au management, pour le pilotage des processus métiers.

Cette relecture du sigle ERP identifie ainsi notre problématique comme la rencontre de différents points de vue sur la contribution des systèmes d'information à la performance des organisations : celui des exigences managériales de l'intégration flexible, celui de l'ingénierie d'entreprise dirigée par les modèles, celui de la maîtrise de la maturité

des systèmes d'information. Cette relecture s'appuie ainsi sur les trois domaines étudiés dans l'état de l'art : modélisation d'entreprise, intégration organisationnelle et informationnelle, usages de systèmes d'information. Elle illustre fortement le caractère pluridisciplinaire des enjeux de l'alignement du S.I. aux besoins économiques du pilotage des affaires, et plus généralement des activités d'une organisation.

Pour y répondre, nous proposons un cadre d'étude pour une ingénierie d'entreprise tenant compte des contraintes d'intégration dont sont porteurs les modèles des différents points de vue. Ce cadre d'étude de l'intégration repose sur

- *un cadre de modélisation d'entreprise et un méta-modèle largement issus des normes récentes que nous allons interpréter et compléter pour prendre en compte des référentiels métiers issus de notre expérience ERP,*
- *des graphes de dépendances permettant l'analyse des problématiques d'alignement des processus, de l'organisation, des systèmes d'information, de l'infrastructure, vues comme la maîtrise des dépendances entre les acteurs, composants et objets de l'entreprise,*
- *une caractérisation dans le méta-modèle et les graphes de dépendances de la maturité des usages pour prendre en compte l'acteur humain dans l'ingénierie afin d'accompagner les projets et les actions contribuant à la contribution des systèmes d'information à la performance de l'entreprise.*

Chapitre 3.1

Cadre et méta-modèle de l'intégration

Les différents points de vue de la modélisation d'entreprise, du système d'information, de l'intégration organisationnelle s'appuient sur des modèles normalisés ou en cours de normalisation. Ils sont nécessaires à la maîtrise de la contribution des S.I. à la performance d'une organisation, c'est à dire à la maîtrise des nécessités de standardisation et d'intégration dans un contexte de flexibilité et de concurrence. Nous allons donc croiser ces trois points de vue pour définir un modèle de l'intégration et proposer un cadre de pilotage de cette intégration dans les démarches d'ingénierie d'entreprise au service de projets d'entreprise dont les dimensions organisationnelles et informationnelles sont toujours plus étroitement liées.

Dans la première section, nous proposons un cadre de modélisation issu des normes ISO 19439 et 19440 de modélisation d'entreprise que nous confrontons dans la deuxième section à des référentiels métiers pour proposer un méta-modèle d'intégration étendu. Nous proposons dans la troisième section une étude détaillée de construits représentatifs à partir de référentiels métiers qui en donnent une définition extensive et illustrent l'enjeu de la standardisation des connaissances métiers mobilisables dans la modélisation d'entreprise.

3.1.1 Cadre de modélisation de l'intégration

Le projet UEML (Chapitre 2.2) avait identifié deux cadres de référence principaux, l'un issu de la modélisation d'entreprise, la méthode GERAM qui influencera fortement la norme récente ISO 19439 présentée dans le chapitre 2.2 de l'état de l'art, l'autre issu de l'ingénierie des S.I. présentée dans le chapitre 2.3 (Zachman, 1997). Une comparaison de ces deux cadres de référence est proposée par Martin et Robertson (2002) soulignant certaines correspondances en termes de structure mais une différence principale. L'approche Zachman utilise la notion de rôle qui représente un point de vue présent en permanence dans tout le cycle de vie du système, alors que le cadre ISO19439 s'appuie sur deux axes de généralité et de modélisation qui sont intimement liés aux étapes de ce cycle de vie. Elle n'est pas réellement un cadre de modélisation mais plutôt un support d'interrogation de l'existant identifiant les acteurs et les questions pertinentes. Elle peut être utilisée dans toutes les étapes de l'axe de modélisation, par exemple pour structurer la vue des fonctions à l'étape des concepts de la norme 19439. Mais elle n'identifie pas l'enjeu de la standardisation et donc n'éclaire pas les conditions d'usage de concepts génériques dans les interrogations proposées aux différents acteurs. Elle ne facilite pas la prise en compte d'une approche d'alignement cherchant à comparer le modèle implicite d'un COTS avec le besoin exprimé, du type de celle proposée par Soffer (Soffer, Golany, et Dori 2003).

D'autre part, le cadre Zachman doit être complété d'un cycle de vie, ce que propose la méthode USDP (chapitre 2.3) qui identifie des « métiers » proches des rôles de Zachman en les situant dans une démarche de projet structurée en phases. Ces phases peuvent se recouvrir partiellement mais sont fondamentalement séquentielles, à partir de l'expression des besoins pour spécifier puis réaliser un système dont il faut enfin vérifier la conformité aux exigences. On peut alors proposer la correspondance suivante :

Cadre de référence	cycle de vie du S.I.	points de vue	Généricité
ISO 19439	Axe des phases de modélisation	Axe des points de vue	Axe de généralité
Zachman + USDP	Phases USDP	Rôles Zachman = métiers USDP	Non formalisé

Tableau 3.1.: Comparaison des cadres ISO 19439 et Zachman+USDP

Dans les deux cas, le caractère itératif de la démarche et la pratique de prototypage comme outil de comparaison de modèles parfois implicites n'est que difficilement représentable. Le cadre 19439 paraît plus proche de la problématique des solutions standard car il éclaire fortement la dimension de généralité. Celle-ci n'est pas différenciée dans l'approche USDP des phases de projet. Comme dans les approches traditionnelles (MERISE, SA...), bien qu'en introduisant une plus grande souplesse par le recouvrement possible des phases, USDP progresse de l'analyse de l'existant au conceptuel, puis à sa traduction logique et enfin physique. Si l'axe des phases de modélisation 19439 semblent très proche des phases USDP, il est par contre orthogonal à l'axe de généralité. Ainsi, le prototypage d'une solution standard pour éclairer les concepts en phase amont d'un projet peut être considéré comme une activité support de l'étape de formalisation des concepts au stade générique. Ce prototypage après validation d'un périmètre de projet et de l'architecture cible peut être une activité de l'étape de définition des besoins par écart avec la solution, tout comme il devient une activité de réalisation en permettant le paramétrage du système particulier mis en œuvre. C'est pourquoi le cadre 19439 nous semble plus adapté à la prise en compte de solutions standard de type COTS. C'est le sens de la proposition de Darras (2004) positionnant le modèle de référence, le modèle cible, le progiciel standard et la solution mise en œuvre dans les deux axes de généralité de d'instanciation de GERAM.

De plus, les problématiques d'intégration se révèlent toujours dans des projets d'entreprise. Mais cela concerne autant des projets d'ingénierie que des projets de « ré-ingénierie », des projets à dominante managériale que technologique, de grands projets d'investissements sur de nouvelles ressources ou au contraire d'accompagnement pour une meilleure efficacité de ressources existantes. Nous parlerons de « projets » au sens le plus général d'actions de transformations partielles d'une organisation, actions qui mettent toujours en relation des points de vues divers pour atteindre des objectifs. C'est d'ailleurs pourquoi l'importance des pratiques des acteurs et de l'impact d'un projet sur ces pratiques rend nécessaire la prise en compte des compétences et des connaissances des acteurs dans l'ingénierie de projet. Cela devrait conduire à identifier les acteurs du projet dans le cadre de référence pour prendre en compte les différences de point de vue sur le même objet comme source de clarification des besoins, de solidité des validations et aussi d'identification des tâches de la conduite de changement. Le cadre de référence 19439 nous semble porter insuffisamment cette problématique. Nous proposerons dans le chapitre 3.2 de les prendre en compte en caractérisant leur niveau de maturité dans les construits de modélisation.

Ces remarques nous conduisent à une interprétation du cadre 19439 sur trois aspects essentiels à notre démarche :

- ◆ L'axe des phases de modélisation n'est pas un axe de réalisation qui viendrait ainsi séquentiellement « traduire » l'expression d'un besoin en spécification, puis en solution. Nous nous plaçons résolument dans un contexte de « ré-ingénierie » dans lequel le système existant est modélisé à différents niveaux, concepts, spécification, réalisation, usage que tout projet d'entreprise doit réutiliser en les transformant pour atteindre des objectifs. Etendant le principe du chevauchement des phases USDP, nous considérons un cycle itératif dans lequel par exemple la connaissance de spécifications de solutions standard ou l'analyse des conditions de mise en œuvre de ces solutions peut influencer sur l'expression du besoin, ou les conditions de transition peuvent influencer sur la définition d'un périmètre de projet. Si l'axe des phases reste le cycle naturel de validation du projet, nous ne le considérons pas comme un axe ordonné d'activités séquentielles. Nous l'utilisons comme une liste de types de modèles qui sont interdépendants mais qui peuvent être étudiés dans différents ordres selon la nature du projet : ingénierie dans un contexte de création d'activité, ré-ingénierie d'amélioration pour la recherche d'une meilleure performance par l'analyse critique des dysfonctionnements, ré-ingénierie radicale de type BPR, mise en œuvre rapide de solutions standard, séparation ou fusions d'activités...
- ◆ Les axes de modélisation et de généricité ne sont pas à considérer comme (devant être) synchronisés dans la durée d'un projet. Ainsi, dans la phase de formalisation des concepts, le prototypage d'une solution existante (ERP « acheté » en démonstration) ou même d'analyse d'un système en fonctionnement chez un partenaire (ERP « comparé ») peut aider à clarifier les concepts génériques utilisés. La même activité peut jouer un rôle important dans l'expression des besoins identifiés par écart avec un fonctionnement de solution progicielle (ERP « configuré »). Elle pourra encore être utilisée pour la réalisation d'un système particulier pour permettre le paramétrage de la solution standard.
- ◆ Les différents types de modèles qui peuvent être utilisés, autant en termes de langages que de construits de base ou de modèles de référence ne sont pas destinés à être unifiés dans un méta-modèle global traitant toutes les phases et tous les points de vue de l'ingénierie d'entreprise. La définition des construits 19440 introduit justement des descriptions générales et d'autres spécialisées pour chaque phase de modélisation. C'est indispensable car les objectifs des différents acteurs de l'ingénierie peuvent être radicalement différents. Le modèle métier cherche à identifier les enjeux de la différenciation qui portera la performance de l'entreprise tout en réutilisant les bonnes pratiques qui lui garantissent son efficacité. Il s'appuiera donc sur des pratiques standard adaptées à sa typologie, c'est à dire déjà « particulière », et concevra des processus différenciateurs « spécialisés » à ce qu'il perçoit comme la source de sa performance. Le modèle de logiciel standard cherchera au contraire la « généricité » qui lui garantira

l'ouverture au plus grand marché possible. L'enjeu est bien de faciliter la mise en correspondance de modèles qui peuvent être hétérogènes, notamment des modèles à dominante métiers utilisés dans les phases amont (périmètre, concept, besoins) et des modèles à dominante technique dans les phases aval (spécification, réalisation, mise en œuvre).

Ces remarques nous permettent alors de placer dans le cadre 19439 les « statuts » de l'ERP définis précédemment (Figure 3.1), ainsi que des exemples de référentiels portant une connaissance métier. L'ingénierie de projet d'entreprise dans ce cadre 19439 s'organise ainsi dans un travail de mise en correspondance de différents modèles, dans un « va et vient » entre modèles génériques porteurs de bonnes pratiques et modèles particuliers déjà traduits en solutions standard ou même en solution déjà mises en œuvre, modèles métiers et modèles logiciels, modèle du système existant et modèle cible. Dans ce rapprochement, l'ingénierie d'entreprise a besoin d'un couplage faible entre ces modèles, pour permettre l'intervention des acteurs dans la nécessaire réactivité et l'incertitude qui caractérisent l'entreprise. C'est ce que préconise de nombreuses études de

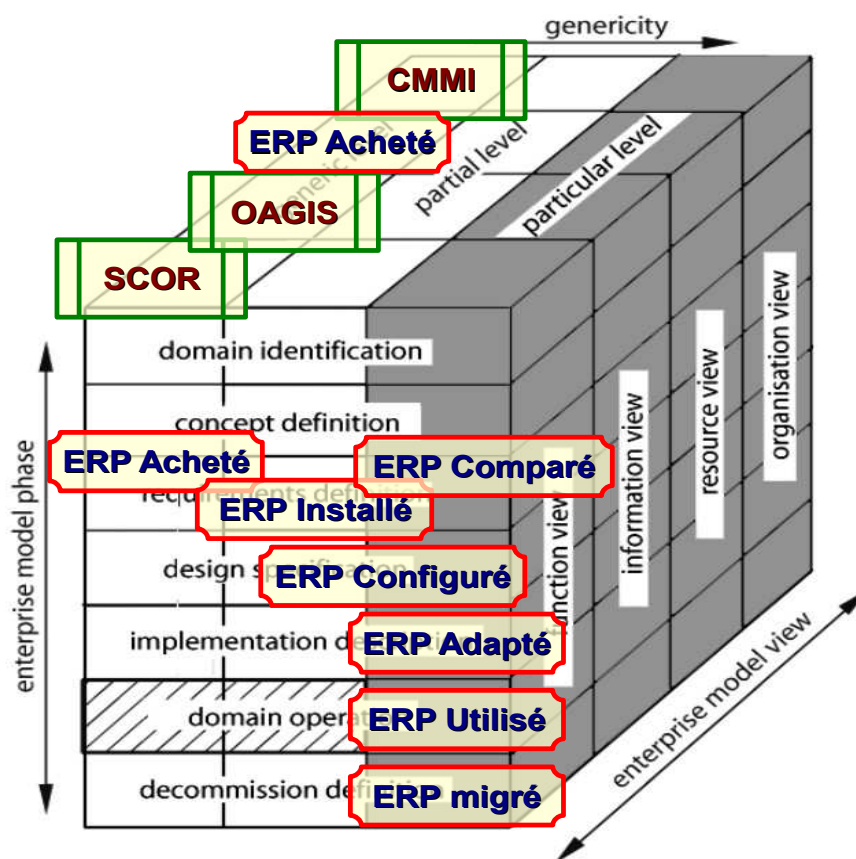


Figure 3.1: L'ERP dans les différentes phases du cadre 19439

management de l'innovation, parfois bien avant la croissance continue des technologies de l'information comme dans le modèle dit à « double cœur » administratif et technique de Daft (1978).

Dans un tel cadre de représentation des différents modèles utilisés, la cohérence ne peut être traduite par un alignement détaillé entre modèles métier et modèle S.I., ou entre modèle stratégique et modèle opérationnel, alignement qui exigerait une correspondance complète au niveau le plus détaillé possible. Nous considérons ce « couplage lâche » nécessaire entre les différents points de vue comme un ensemble de dépendances entre les construits des modèles portant des contraintes plus ou moins fortes sur la modélisation aux différentes étapes et points de vue de l'ingénierie d'entreprise. Ces dépendances peuvent être exprimées à différents niveaux de granularité. Les contraintes qu'elles portent ne seront le plus souvent pas de nature à permettre une « transformation automatique de modèle » allant jusqu'à la génération du logiciel ou de son paramétrage. Une représentation sous forme de « graphe de dépendances » viendra compléter la démarche d'ingénierie reposant sur la modélisation d'entreprise en enrichissant l'environnement de modélisation, et le modèle lui-même de différents « points de vue » de l'intégration.

Notre cadre d'étude de l'intégration (Figure 3.2) repose ainsi sur un ensemble de modèles dans les trois axes de la norme 19439 et un ensemble de dépendances entre les construits de ces modèles, dépendances internes à un modèle et illustrant la cohérence du point de vue que ce modèle porte, et dépendances entre modèles illustrant la cohérence ou « l'alignement » entre les différents points de vue

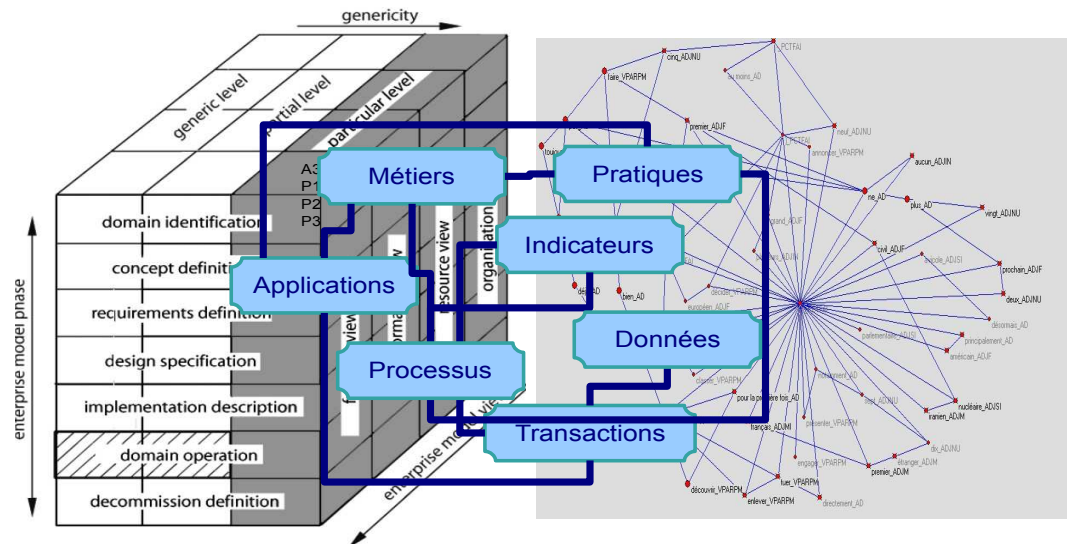


Figure 3.2: Un cadre d'étude de l'intégration

ou étapes d'un projet de transformation d'une organisation. L'ensemble des dépendances représente un « graphe d'étude de l'intégration », qui permet notamment de caractériser le plus ou moins fort couplage entre les composants du système, de structurer la navigation dans l'ensemble des modèles utilisés et leur utilisation cohérente dans les différentes phases d'un projet d'entreprise.

Dans le paragraphe suivant, nous présentons le méta-modèle de construits à partir de la norme 19440 comparée à des exemples de référentiels illustrant certains des construits notamment pour leur rôle dans les dépendances d'alignement entre processus métier et système d'information.

3.1.2 Méta-modèle de l'intégration

Le méta-modèle 19440 concentre de nombreux travaux et représente un « état de l'art » en termes de construits de modélisation d'entreprise. C'est pourquoi nous utilisons ce modèle en cours de normalisation en l'interprétant de ce qui nous paraît significatif dans notre problématique. Cependant, comme nous l'avons vu dans la section 2.2.4 sur les modèles de références et les taxonomies, il est utile de comparer ou compléter un tel méta-modèle à partir de référentiels existants afin d'en consolider la pertinence pour permettre de construire un modèle par composition de construits d'un référentiel standard. C'est pourquoi nous compléterons le méta-modèle 19440 à partir de sa comparaison avec des référentiels métiers issus de notre expérience de projets ERP.

1 Modèle de construit 19440

Le modèle des construits associés au cadre 19439 est en cours de normalisation (ISO 19440). Nous utilisons la description disponible dans la version provisoire (prEN ISO 19440:2004 (E)) et dans les livrables UEML2.1 du projet INTEROP. Les construits sont identifiés par une structure commune composée d'un entête (header) identifiant le construit et d'un corps (body) composé de descriptions formalisées en XML ou EXPRESS et de relations entre construits. Leurs principales relations ont été présentées dans la en page . Nous précisons ci-dessous notre interprétation de chacun de ces construits pour notre problématique d'étude de l'intégration :

- ◆ **Domain** (DM, vue fonctionnelle) : pour définir un périmètre de projet vu comme un domaine de gestion ou d'activité d'une entreprise détaillé en processus et interactions externes (event et object view).
 - ➔ Dans les projets de type ERP, l'identification d'un périmètre ne peut se faire dans une démarche hiérarchique basée sur l'organisation existante, mais au

contraire, dans l'identification des dépendances entre processus nécessaires aux objectifs du projet. Ces dépendances peuvent être liées à l'organisation existante, aux flux physiques ou au contraire liées à telle ou telle solution ERP pré-sélectionnée dans le projet. Le domaine est donc pour nous le résultat des premières analyses de processus et sera souvent transverse à l'organisation. Il est donc plus un outil de « reporting » permettant une vue de synthèse des processus et non pas un outil de structuration de l'analyse dans une démarche descendante.

- ◆ **Business Process** (BP, vue fonctionnelle) : une suite d'*activités* destinées à produire un résultat. C'est le construit principal qui porte un double point de vue des objectifs à travers la finalité du processus, ses indicateurs de performance, et des moyens, à travers les activités qu'il enchaîne et les ressources qu'elles utiliseront.
 - ➔ Il est essentiel pour nous à la cohérence entre les représentations métiers et techniques du système cible, à la comparaison de modèles prédéfinis de solutions au besoin formalisé de l'entreprise.
 - ➔ Il utilise une relation d'agrégation (business process décomposé en sous-processus) qui permet une représentation hiérarchique du modèle.
- ◆ **Enterprise Activity** (EA, vue fonctionnelle) : Une activité ou une étape d'un processus transformant un objet d'entreprise, utilisant des ressources et interagissant par des événements en entrée et sortie.
 - ➔ C'est ce construit qui pour notre problématique porte les dépendances principales entre la vue des processus et le système d'information.
- ◆ **Event** (Ev, vue fonctionnelle) : un changement dans l'état d'un objet d'entreprise, ou du système en général.
 - ➔ Ce construit qui permet de modéliser une vue fonctionnelle dynamique renforce la relation entre processus et système d'information, à travers les données qui portent ou sont portées par les événements, mettant donc en relation la vue fonctionnelle avec la base de données qui représente l'état du système à tout instant.
- ◆ **Resource** (Re, vue ressource) : un objet d'entreprise (une machine, un système, un acteur) qui intervient dans une activité. Il est plus ou moins autonome et possède des aptitudes (capability).
 - ➔ Dans notre problématique, la différenciation des ressources informatiques est nécessaire pour supporter plus clairement l'analyse de l'alignement des S.I. à l'organisation et aux processus. ajoutons donc une spécialisation de l'objet ressources pour caractériser une « Ressource-IT » au sens d'applications, ou de services de type SOA. Nous reviendrons sur ce point dans la comparaison avec un méta-modèle d'ERP dans la section 3.1.3 de la partie 3 pour caractériser les

dépendances informatiques que ce construit permet d'identifier dans le méta-modèle.

- ◆ **Functional Entity** (FE, vue ressource) : un ensemble de ressource pouvant assurer certaines fonctions. Ce construit permet une représentation hiérarchique du modèle et repose sur une relation d'agrégation des ressources.
 - ➔ Ce construit utilisé dans les vues ressource et fonction, porte les rôles opérationnels des acteurs et est sous le contrôle d'une unité organisationnelle. La séparation des points de vue ingénierie (ressources) et management (organisation) nécessite de gérer la cohérence entre ces points de vue. Ainsi, les centres de charges dans un système d'information peuvent être à la fois des ressources et des entités organisationnelles, et l'intégration plus large des ERP actuels suppose de gérer cette double identité. Le modèle 19440 le permet par la relation «Functional entity – organisational unit », qui va donc être un des supports de l'alignement.
 - ➔ Ces entités peuvent être des systèmes, des personnes ou des applications informatiques. Comme pour les ressources, la spécialisation des entités correspondants à des systèmes informatiques nous paraît nécessaire. Cela nous conduit à créer une entité « **Package** » qui représente un regroupement de « ressources-IT ». C'est à ce niveau que la décomposition de la structure technique des ressources informatiques en composants logiciels paraît pertinente. Tout montre en effet que la structuration des briques applicatives en composants relève de considérations techniques internes à ces applications et non pas de la structuration des processus qu'elles supportent. Cette indépendance des points de vue interne et externe est un cas de ce « couplage lâche » que nous recherchons dans les dépendances entre points de vue.
- ◆ **Capability** (Ca, vue organisation) : une aptitude ou compétence portée par une ressource et nécessaire à la réalisation d'une activité.
 - ➔ La comparaison avec SCOR nous conduira à renforcer cette gestion des compétences en introduisant un construit supplémentaire recouvrant la notion de « pratiques » en relation avec les aptitudes.
- ◆ **Enterprise Object** (EO, vue information) : Ce construit est une représentation de tout objet de l'entreprise dont les caractéristiques sont nécessaires à la modélisation. Il porte un point de vue informationnel sur l'objet physique dont les caractéristiques de ressources seront portées par le construit ressource. Il fait donc partie du système d'information.
- ◆ **Object View** (OV, vue information) : Une vue partielle d'un objet d'entreprise.
 - ➔ C'est l'interface naturelle entre la vue informationnelle et les autres vues notamment la vue fonctionnelle. Dans notre problématique, il représente par exemple la vue des connaissances nécessaire à un acteur dans une activité de

processus, et cette relation pourra être comparée avec les données que les ressources informatiques mettent à disposition de cette activité.

- ◆ **Product** (Pr, vue information) : c'est un objet d'entreprise particulier qui est spécialisé par les caractéristiques matérielles nécessaires à la modélisation des flux physiques.
 - ➔ La séparation entre flux physique et flux informationnel que permet la spécialisation du construit **product** par rapport à l'objet d'entreprise est pertinente malgré la tendance à leur synchronisation toujours plus étroite par les technologies d'acquisition (RFID, code à barre...) car les flux physiques sont porteurs d'enjeux spécifiques. Cependant, elle ne porte pas dans le méta-modèle de dépendances particulières au construit « product »
- ◆ **Order** (Or, vue information) : c'est un objet d'entreprise particulier qui est spécialisé par les caractéristiques d'une décision prise par une autorité pour l'action d'une autre autorité.
 - ➔ Elle est donc souvent en relation avec un événement ce qui est représenté par une relation d'association dans le projet de norme. L'évènement est de ce point de vue la vue « fonctionnelle » d'une information liée à un objet de gestion de l'entreprise. La dépendance entre événement et ordre sera un élément de support de la relation entre système d'information et système d'entreprise complémentaire à la relation entre activité et ressources informatiques. Elle permet notamment d'interroger la cohérence des processus de décisions décrits dans la vue fonctionnelle avec les objets supports de ces processus de décision dans les applications.
- ◆ **Organizational Unit** (OU, vue organisationnelle) : une unité organisationnelle élémentaire qui regroupe des capacités et compétences dans une certaine structure hiérarchique. Elle est affectée à un centre de décision et est responsable de certains objets d'entreprise, processus, évènements ou capacités...
 - ➔ Le modèle 19440 différencie deux types de relations entre organisation et les autres construits du modèle, la responsabilité et l'autorité. Ces deux relations ne sont pas décrites plus précisément, et elles sont systématiquement définies pour tous les construits du modèle. Du point de vue de l'analyse des dépendances, elles n'introduisent donc pas deux problématiques différentes et nous les considérerons comme une seule relation.
 - ➔ Dans notre approche, nous identifions des « rôles organisationnels » autant pour représenter les acteurs dans un projet d'entreprise que pour représenter les utilisateurs dans la définition des impacts d'un projet et de la conduite du changement nécessaire. Nous cherchons à travers ces rôles à relier l'organisation au système d'information de manière cohérente avec les processus. La norme 19440 propose de différencier le rôle en tant que « rôle organisationnel » à travers le construit « organisational unit » et le « rôle

opérationnel » porté par le construit « Functional entity ». qui regroupe les aptitudes nécessaires à la réalisation de l'activité. Cela conduit à considérer la relation « responsable de » entre l'unité organisationnelle et les objets fonctionnels et informationnels comme la base de l'alignement entre organisation, processus et système d'information. Au niveau élémentaire l'unité organisationnelle représente donc un « rôle » au sens utilisé dans plusieurs outils de modélisation liées à un ERP comme le module DEM de BAAN.

- ◆ **Organizational Cell** (OC, vue organisationnelle) : Une cellule organisationnelle regroupe des unités organisationnelles. Ce construit permet une représentation hiérarchique du modèle et il repose sur une relation d'agrégation.
- ◆ **Decision Center** (DC, vue organisationnelle) : C'est une abstraction particulière permettant d'associer une grille de décision (grille GRAI).
 - ➔ ce construit doit être représenté comme objet informationnel pour être supporté par le S.I. ce qui nous conduit à le considérer aussi comme un objet d'entreprise qui peut être en relation avec les objectifs ou variables du modèle.

Nous définissons donc un modèle dénommé « **méta-modèle d'intégration** » issu du modèle 19440 en l'interprétant de manière à rendre plus lisible les enjeux d'alignement de l'organisation, des processus et du système d'information. La structure du modèle permet d'interroger l'alignement entre les vues proposées, à travers les relations qui lient les construits :

- ◆ la vue informationnelle autour de l'objet porte la représentation des données du S.I. Tout objet du modèle dont une représentation est nécessaire dans le S.I. doit être un objet d'entreprise dans la vue informationnelle, y compris les construits organisationnels et fonctionnels.
- ◆ la vue organisationnelle porte la stratégie d'entreprise, le point de vue managérial de la conduite du changement dans l'alignement.
- ◆ la vue fonctionnelle porte l'alignement des processus pour construire de manière souple le lien entre S.I. et organisation, à travers les différentes dépendances identifiées dans le méta-modèle.

La vue des ressources pourrait introduire une notion utile d'alignement entre la vue stratégique de l'organisation et sa vue opérationnelle. Cet enjeu relève des sciences de gestion et ne sera pas prise en compte dans notre modèle. Par contre, les ressources informatiques support du système d'information sont un enjeu essentiel de sa définition et représente pour nous le « système informatique ». Nous le détaillerons après la comparaison avec un méta-modèle ERP dans la section 3.1.2 de la partie 3.

Nous utilisons tous les construits du méta-modèle, mais celui-ci utilise aussi des « concepts complémentaires » aux construits qui viennent caractériser un modèle et peuvent enrichir les dépendances possibles. C'est notamment le cas du concept « d'objectifs » qui joue un rôle fondamental pour guider les projets d'ingénierie et que nous considérons donc comme un construit supplémentaire. Le méta-modèle définit aussi des « contraintes » dans tous les points de vue à l'exception des construits organisationnels et des « règles d'intégrité » qui s'appliquent aux objets informationnels. Ces deux concepts permettent de contraindre les dépendances techniques liées au système d'information. Des contraintes peuvent être regroupées en « règles déclaratives » qui permettent de suivre les résultats de processus en comparaison à des « objectifs » associés aux différents niveaux des vues organisationnelles ou fonctionnelles. Ces concepts sont importants pour formuler notamment dans la phase d'expression des besoins des conditions ou contraintes. Cependant, ils ne viennent que conditionner la modélisation, donc la production d'instances de construits et de leurs relations. Ils ne portent pas par eux-mêmes des dépendances nouvelles, mais viennent conditionner ou interroger des relations déjà identifiées entre d'autres construits. Dans notre objectif centré sur l'identification des dépendances portant l'intégration, nous ne les retiendrons donc pas dans notre méta-modèle.

Le construit « d'activité » peut être aussi décomposé en « fonctionnalité opérationnelle » élémentaire ou tâches qui seront associées aux entités fonctionnelles, de même que le construit « capacités » peut être décomposé en capacités élémentaires associées aux mêmes entités fonctionnelles. Ces relations permettent d'enrichir la description statique des capacités et fonctionnements possibles, mais elles n'apportent pas de dépendances différentes et nous ne les retiendrons donc pas dans notre modèle. Enfin, les processus peuvent être associés à des « règles de comportements » qui permettent de formaliser des règles de pilotage et de rendre ainsi deux processus dépendants d'une règle commune. C'est pourquoi nous retenons ce concept comme un construit dans notre modèle.

2 Comparaison du modèle 19440 et du modèle SCOR

La comparaison d'un référentiel textuel comme le modèle de référence SCOR avec un méta-modèle comme celui du projet de norme 19440 suppose d'identifier le méta-modèle propre du référentiel et de mettre en correspondance les deux méta-modèles soit par un recouvrement direct entre construits considérés comme équivalents, soit par l'identification d'une relation entre deux construits

différents mais dépendants. Pour cela, nous avons proposé un méta-modèle de SCOR (Millet et Botta-Genoulaz 2006) qui repose sur les construits suivants :

- ◆ **Entity** : entité organisationnelle impliquée dans une chaîne logistique.
- ◆ **Processus** : au coeur du modèle de référence SCOR qui représente la brique de base de construction du pilotage d'une chaîne logistique.
- ◆ **Informations** : échangées entre processus en entrée et sortie.
- ◆ **Practices** : bonnes pratiques identifiées par les auteurs du référentiel pour atteindre des performances concurrentielles sur chaque processus.
- ◆ **Features** : fonctionnalités du S.I. nécessaires à la mise en œuvre des pratiques, souvent associés à des progiciels standard (COTS).
- ◆ **Metrics** : Indicateurs qui permettent de mesurer la performance atteinte, de construire des tableaux de bord et de comparaison.

La Figure 3.3 présente ces construits et leurs dépendances dans un diagramme de classe UML.

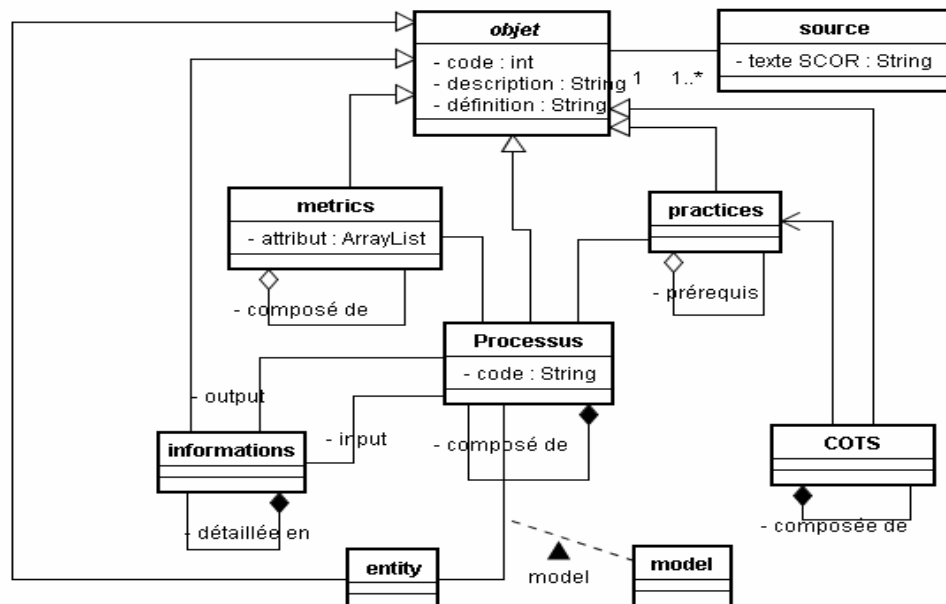


Figure 3.3: les construits du méta-modèle SCOR (Millet et Botta 2006)

Un modèle de chaîne logistique construit à partir de SCOR devient dans ce méta-modèle une liste d'affectations de processus à des entités. Il permet ainsi d'obtenir par parcours des dépendances, la liste des informations utiles à la mise en œuvre d'une pratique ou d'une application.

La correspondance entre les modèles 19440 et SCOR est illustrée dans la Tableau 3.2 qui présente en ligne les construits 19440 et en colonne les construits SCOR.

19440 \ SCOR	Entity	Process	Practice	Feature	Inform.	Metric
Domain	Scope					
Business Process		Niveau 2				
Enterprise Activity		Niveau 3				
Event					In / Out	
Ressource				COTS		
Functionnal Entity						
Capability (Aptitude)			Skills	IT Cap.		
Enterprise Object					In / Out	
Object View						
Product					In / Out	
Order					In / Out	
Organizationnal Unit						
Organizationnel Cell	Macro		Struct.			
Decision Centre						objective

Tableau 3.2 : Correspondance 19440 / SCOR

La correspondance est forte pour les processus, activités et objets informationnels (en vert) et nous semble incomplète pour les features, metrics et practices (en bleu clair). Les « features » sont à la fois des ressources comme applications informatiques support et des aptitudes à réaliser en terme de mise en œuvre. Nous les considérons comme un construit complémentaire en relation avec les pratiques reconnues nécessaires aux processus et avec les ressources informatiques qui en permettent la mise en œuvre. Le construit « features » est ainsi une définition « utilisateur » des services que le S.I. peut offrir aux processus, un point de vue « externe » sur le S.I. et jouera un rôle clef dans l'alignement de la vue fonctionnelle et informatique d'un point de vue managérial. Il est indispensable au niveau générique de la modélisation, pour laquelle aucune application informatique n'est parfois définie ou choisie, mais où un référentiel de fonctionnalités « standard » est un outil classique de la définition de besoin.

Les « practices » contribuent aux aptitudes d'une organisation, mais elle sont aussi souvent des facteurs d'organisations par elles-mêmes. Ainsi la mise en œuvre d'un Plan Industriel et commercial (PIC) relève d'une organisation périodique

de révision du plan entre entités commerciales et industrielles. Leur réduction à une aptitude nous semble insuffisante pour en caractériser toutes les dépendances avec d'autres construits.

Le concept de pratiques dont nous avons noté l'importance dans la maturité des usages doit être identifié en tant que tel dans un méta-modèle pour porter la dimension organisationnelle et humaine des compétences nécessaire au pilotage d'entreprise. Le modèle SCOR en propose une structure qui se détaille en :

- ◆ description;
- ◆ contexte de pertinence, qui précise les conditions au sens d'indicateurs qui rendent cette pratique pertinente. Il s'agit donc d'une relation avec les indicateurs;
- ◆ impacts sur la performance, qui est une relation avec les indicateurs de performances du modèle;
- ◆ facteurs de succès à prendre en compte pour la mise en œuvre de la pratique;
- ◆ ressources, au sens de références bibliographiques pertinentes pour définir la pratique.

Le construit de « Domain » n'a pas de correspondance dans SCOR. Cependant son rôle de définition d'un périmètre de projet comme un ensemble de processus peut être joué dans une modélisation de chaîne logistique par le périmètre logistique qui fait l'objet de l'étude. L'ensemble des entités logistiques identifiées dans la chaîne conduira en effet à une liste de processus. Dans le cas de SCOR, le périmètre est d'abord un périmètre physique qui conduit à identifier un ensemble de processus. Dans la pratique d'ingénierie qui sous-tend le modèle 19440, le « Domain » permet de délimiter un périmètre fonctionnel de projet en phase d'initialisation. Cependant les projets ERP conduisent souvent à réviser le périmètre initial pour tenir compte des contraintes d'alignement des processus et de l'organisation. Le couplage entre processus et organisation nous semble donc plus pertinent que la notion de domaine comme base de définition d'un périmètre de projet, le « Domain » pouvant être considéré comme une agrégation de processus à des fins de reporting.

Les « metrics » ont évidemment à voir avec le concept complémentaire 19440 d'objectifs reliés aux centres de décisions et aux construits fonctionnels. Cependant la définition SCOR repose sur des indicateurs dont les formules de calcul précises et hiérarchisées en font des objets informationnels. Les objectifs 19440 sont des textes qui sont traduits par des « indicateurs de performances » gérés comme attribut des construits fonctionnels. La description détaillée des construits « Domaine », « Business Process » et « Enterprise Activity » inclue cependant des attributs dénommés « Performance Indicators » qui correspondent bien au concept de Metrics du modèle SCOR. Nous proposons donc d'étendre notre modèle avec les construits « Objectives » et « Metrics ». L'ajout de ces construits peut d'ailleurs

conduire à ajouter une vue « décisionnelle » en complément de la vue organisationnelle.

En conclusion de cette comparaison, nous intégrons dans notre méta-modèle issu de la norme 19440 trois construits nécessaires à la représentation du modèle de référence SCOR

- ◆ les « **practices** » (**Pr**) dans la vue organisationnelle, en tant que méthode mettant en jeu des aptitudes dans des organisations, conditionnant des objectifs d'entreprise et représentant ce qui est nécessaire pour la maîtrise de certains processus ;
- ◆ les « **features** » (**Fe**) dans la vue fonctionnelle, fonctionnalités du système d'information nécessaire à la mise en œuvre des pratiques et supportées par des composants d'applications informatiques ;
- ◆ les « **metrics** » (**Me**) dans la vue informationnelle, représentant les indicateurs pertinents pour évaluer la situation de l'entreprise du point de vue de ses objectifs. Considérés comme des « objets d'entreprise », ils sont aussi traduits en « données » informatiques.

3 Comparaison du modèle 19440 et d'un modèle ERP

Après l'extension du modèle 19440 pour prendre en compte le référentiel SCOR, nous avons vérifié la capacité des construits de la modélisation d'entreprise à représenter un ERP autant dans sa structure technique qui conditionne l'organisation de projet que dans sa relation aux processus que l'organisation cherche à améliorer. A partir de notre connaissance détaillée d'un ERP particulier (BAAN), nous avons modélisé les objets organisationnels et informationnels utilisés dans un projet ERP. L'intérêt de l'ERP BAAN (désormais INFOR ERP LN²⁴) est d'inclure une application dédiée de modélisation des processus permettant de lier directement les transactions de l'application informatique et l'organisation des activités décrites dans les processus. A partir de ce cas particulier, nous proposons un « **méta-modèle ERP** » (Figure 3.4) qui repose sur l'identification d'objets « organisationnels » permettant de modéliser les processus, les rôles et l'organisation, et d'objets « informationnels » représentant l'architecture applicative à un niveau permettant de modéliser les dépendances entre l'organisation et le S.I. (Millet 2005).

²⁴[Http://infor.com](http://infor.com)

Nous croisons ce méta-modèle ERP avec le méta-modèle 19440 pour caractériser la capacité de la modélisation d'entreprise à outiller les projets ERP (Tableau 3.3). La partie « organisationnelle » de ce méta-modèle (processus, rôle et information...) correspond sans difficulté aux construits 19440 processus, organizational unit et object view.

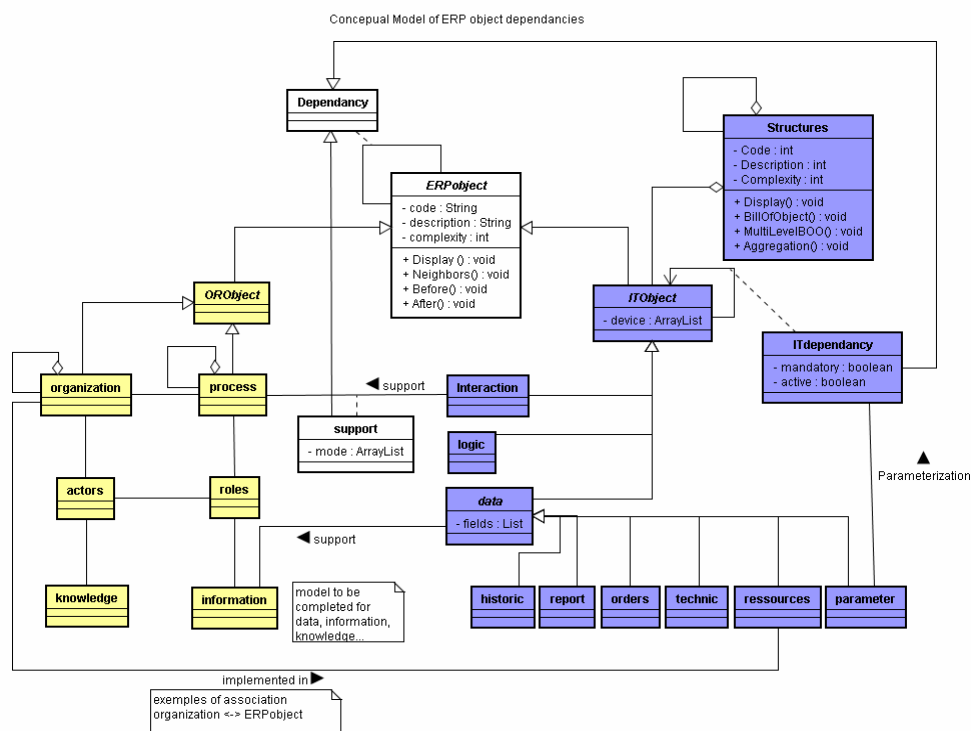


Figure 3.4: Méta-modèle des objets d'un ERP

Les objets informationnels représentant le S.I. ne peuvent être considérés dans l'approche 19440 que comme des « ressources » que nous avons décidé de spécialiser comme « IT Resource » pour modéliser plus précisément la dimension informatique. Ces ressources sont :

- ◆ les « données » du système échangées ou stockées qui sont le support des « objects view ». Il est donc nécessaire de différencier un point de vue « informationnel » qui est celui de la vue correspondante 19440 et un point de vue « informatique » qui en est la traduction dans les ressources informatiques. Le construit « object view » porte les informations au sens de l'usage des données par les acteurs pour construire des connaissances nécessaires pour agir, alors que

le construit «Data» porte le point de vue informatique du stockage et du traitement des données correspondantes.

- ◆ les « transactions » élémentaires des applications logicielles sont identifiées dans le modèle ERP comme la décomposition la plus fine du progiciel nécessaire à la définition des activités de processus. Dans le modèle 19440, ce sont les ressources mobilisées dans les activités de processus, et la relation de support identifiée dans le modèle ERP correspond à celle entre ressource et activité du modèle 19440.

	DM	BP	EA	Ev	Re	FE	Ca	EO	OV	Pr	Or	OU	OC	DC
Organization													X	
Process		X	X											
Actor												X		
rôle												X		
information								X	X					
Transaction					X									
data					X									
IT Object														
orders					?						?			
ressources					X									
parameter														
Structure														
IT dependences					constraints									
Support			R		R									

Tableau 3.3 : Correspondance modèle ERP et 19440

Les dépendances informatiques du modèle ERP peuvent être traitées en 19440 comme des contraintes entre ressources informationnelles. Il faut donc compléter le modèle 19440 par la spécialisation du construit ressource déjà présentée, en s'inspirant du modèle ERP évoqué plus haut afin de différencier :

- ◆ Les ressources « **données (data)** » (**Da**) et leurs contraintes d'intégrité.
- ◆ Les ressources « **interactions** » (**Int**), outils applicatifs élémentaires utilisables dans une activité (transaction, état, page web interactive....).
- ◆ Les ressources « **programmes (logic)** » (**Log**) internes aux applications et qui portent de nombreuses dépendances entre « data » et « interactions » car elles codent les mécanismes d'intégration informationnelle de l'ERP.

Une telle extension correspond au modèle de système d'information proposé par Morley séparant le système informatique du système de traitement de l'information (section 2.3.1). Ces construits pourraient conduire à considérer une vue dédiée à la représentation du système informatique indépendamment de la vue générale des ressources. Mais l'objectif de notre cadre de modélisation n'est pas l'ingénierie du logiciel. L'extension de ce cadre à un point de vue « informatique » nécessiterait un travail plus approfondi de cohérence avec les modèles de logiciels existants qui ne nous paraît pas pertinent dans notre problématique centrée sur l'alignement entre les différents points de vue. Ce que nous demandons aux construits des différentes ressources informatiques, c'est seulement d'identifier les contraintes liées aux dépendances entre leurs composants. La spécialisation en données, traitements et interfaces est suffisante pour prendre en compte la totalité des contraintes d'intégrité (dépendances entre données) des contraintes logiques (dépendances entre programmes, et entre programmes et données) et les contraintes d'utilisation (dépendances entre interfaces et programmes).

4 Méta-modèle de l'intégration

A partir des différents construits étudiés dans les paragraphes précédent, nous obtenons le méta-modèle utilisé dans notre cadre d'étude de l'intégration (Figure 3.5). Ce méta-modèle, que nous appellerons « méta-modèle d'intégration de l'entreprise » utilise les construits de la norme 19440 dans l'interprétation que nous avons présenté dans le début de ce chapitre, complété des concepts de cette norme que nous avons considérés nécessaires à l'identification de dépendances, des construits « pratiques », « features » et « metrics » issus du modèle SCOR et des construits spécialisant les « Ressources Informatiques » issus du modèle ERP afin de prendre en compte les contraintes issues des dépendances informatiques.

Ce méta-modèle conserve la structure en quatre points de vue, chaque construit étant de manière dominante centré sur un point de vue, mais souvent en relation avec d'autres. Il est destiné à identifier et caractériser les différentes dépendances entre ces construits, dépendances qui portent les contraintes et les opportunités de l'intégration que nous allons étudier dans la section suivante.

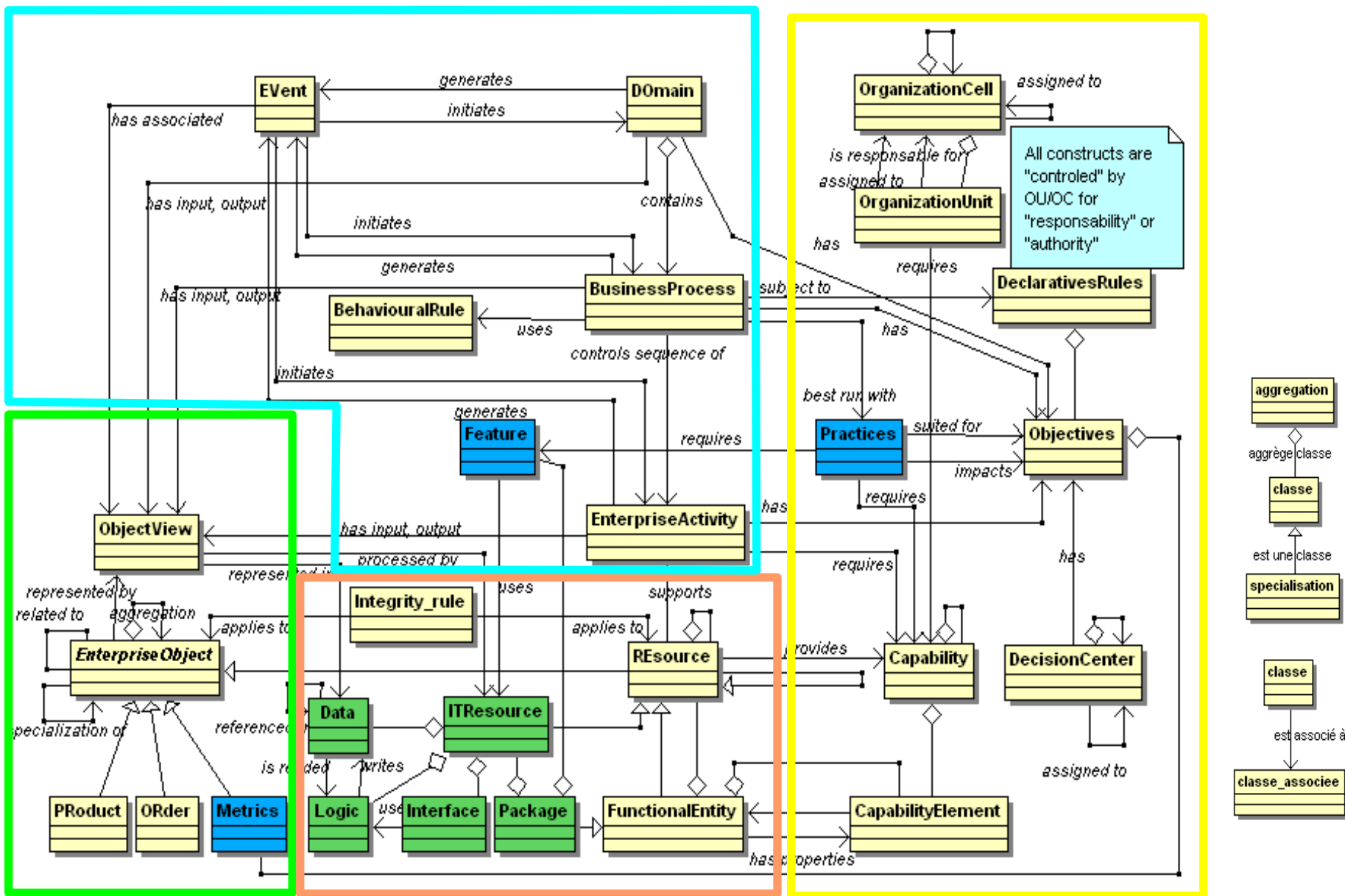


Figure 3.5. Le méta-modèle d'étude de l'intégration

3.1.3 Référentiels métiers pour les modèles d'entreprise

Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art sur les ontologies dans la modélisation d'entreprise (section 2.2.4), un méta-modèle a pour vocation de permettre une modélisation cohérente sur l'ensemble des domaines étudiés, par la comparaison de points de vue multiples, de points de vue des différents acteurs d'un projet d'entreprise. Le modèle d'entreprise ne peut être réparti entre domaines comme la finance, la logistique ou l'ingénierie de manière indépendante. Au contraire, l'insuffisance de compétences transverses dans des projets ERP répartis en sous-projets par grand domaine fonctionnel est souvent cité comme une difficulté des projets d'intégration. De fait, les points de vue multiples portés par les acteurs sont essentiels à la compréhension de ce qui fonde le niveau d'intégration existant ou souhaité, donc des dépendances qui existeront entre les construits de ces différents domaines. Cependant, chaque métier va utiliser ses propres connaissances pour représenter les processus qui le concerne, y compris les processus transverses. C'est pourquoi la connaissance d'ontologies métiers et leur insertion dans le cadre du méta-modèle d'entreprise utilisé est essentielle pour garantir l'efficacité de la modélisation par les acteurs, et sa cohérence transverse. Des référentiels divers existent, beaucoup portant sur les échanges entre entreprises, dans le prolongement des outils EDI comme le standard OAGIS proposé par les principaux éditeurs de progiciels d'entreprise²⁵. Nous étudions dans cette section un référentiel métier permettant d'illustrer certains des construits de notre méta-modèle. Nous avons choisi de nous concentrer sur le modèle de référence SCOR car d'une part, il donne une vue relativement détaillée des processus logistiques sans être trop lourd pour être utilisable dans notre contexte de projet, d'autre part, nous avons étudié son adéquation avec le méta-modèle 19440 pour construire notre méta-modèle. Nous avons concentré notre travail sur les construits encore faiblement normalisés dans le modèle SCOR, les informations et fonctionnalités (« features »). Pour les processus, pratiques et indicateurs qui sont au cœur du modèle SCOR et déjà fortement normalisés, nous avons confirmé la correspondance en termes de méta-modèle dans les paragraphes précédents. C'est pourquoi nous étudierons successivement les informations échangées puis les fonctionnalités (« features ») en cherchant à contribuer à la normalisation de ces construits qui ne sont proposés que sous forme de texte dans le modèle SCOR et en identifiant les enjeux d'intégration dont ils sont

²⁵ <http://www.openapplications.org/>

porteurs. Nous proposerons ainsi une liste de « briques applicatives » pour formaliser les fonctionnalités évoquées dans les processus SCOR en étudiant leur contribution aux processus qui se traduira dans le modèle d'entreprise par les dépendances entre les construits correspondants. Ces « briques » sont à la fois des « IT ressources de notre méta-modèle » puisqu'elles se définissent en relation avec les progiciels du marché, mais aussi des fonctionnalités au sens des services que ces applications apportent aux processus et qui sont étudiées à travers les « features » de SCOR.

1 Informations échangées dans le modèle SCOR.

De nombreux points de vue sont possibles pour construire une classification des informations échangées entre les processus. Les informations sont des données de gestion (valeurs, volumes, prix, ratios...), liées aux flux ou aux processus de décision. Ce sont le plus souvent des données informatiques qui peuvent être statiques (pour des données de contexte d'une collaboration), dynamiques (pour les données quantitatives liées aux échanges) ou historiques (pour les données de collaboration dans la décision). Le point de vue le plus pertinent pour identifier leur contribution à l'alignement des S.I. aux processus est de considérer la place de ces informations dans les relations entre acteurs, depuis les informations échangées systématiquement (les informations de flux logistiques ou financiers notamment), jusqu'aux informations critiques échangées dans le cas de collaboration voire d'intégration forte (organisation, indicateurs, risques, valorisations...). Nous pouvons donc identifier plusieurs critères de classification et évaluer comment les appliquer à partir du contenu des informations décrites dans le modèle SCOR.

Nous nous appuyons sur les travaux réalisés dans le cadre du projet COPILOTES (Copilotes, 2005) portant sur la caractérisation des échanges d'information dans une chaîne logistique. A partir d'une étude bibliographique des modèles mesurant la valeur de l'échange d'informations, et notamment d'une mesure de l'intensité de relations portant sur quatre informations agrégées (demande, capacité, planning, stocks) proposée par Barut (Barut, Faisst, et Kanet 2002), un des groupes de travail du projet a proposé une classification selon la valeur de l'échange entre partenaires d'une chaîne logistique (Tableau 3.4).

Cette classification représente un critère de « nature » de l'information dans la relation de collaboration et représente dans notre travail un point de départ dans la recherche d'une « taxonomie » des informations du modèle SCOR. A partir

de cette première liste, nous avons recherché des critères de classification facilement instanciable pour les 342 informations identifiées dans le modèle SCOR.

Produit Production	/ Structure du produit Coût de production (+ var.) Taille des lots de fabrication Coûts logistiques
Ressources	Capacités de production (+ var.) Flexibilité de la capacité Répartition de la capacité/produits ou clients
Stocks	Niveaux de stocks/inventaires Paramètres politiques de gestion des stocks Encours de production et/ou de livraison Coûts de stockage et de rupture Contraintes d'approvisionnement amont
Délais	Délais de production (+ var.) Délais de livraison (+ var.) Délais de commande (+ var.)
Demande	Caractéristiques de la demande finale Ventes réalisées et /ou historique de ventes Niveau des reports de la demande Prévisions de ventes Campagnes promotion sur le marché finale
Planification	Programme de production (+ var.) Paramètres planification appros Suivi des commandes et des ruptures Règles priorité appliquées aux commandes

Tableau 3.4 Informations échangées

Nous avons vérifié la pertinence de ces critères en classant ces informations dans le modèle de données de l'ERP BAAN afin d'en obtenir une classification « technique » par les modules structurant la base de donnée de cet ERP. Ce travail a conduit à un tableau des informations que nous avons rapproché de notre méta-modèle d'intégration. Celui-ci organise la vue informationnelle autour de la notion d'objet d'entreprise qui peut être spécialisée en produit, ordre ou ressource. Les événements sont représentés dans la vue informationnelle par une vue d'objet. Nous avons de plus proposé l'ajout d'un construit informationnel « metrics » issu du modèle SCOR. Enfin, nous avons considéré que les construits organisationnels devait être « représentés » dans le S.I. car la définition d'une entité organisationnelle est aussi une information qui va être gérée par des données utilisées pour le paramétrage, la modélisation, la mesure de performance. Nous avons donc les classes d'informations suivantes issues du méta-modèle : produit, ordre, indicateur, ressource, événement, entité organisationnelle.

La classification des informations SCOR sur les construits informationnels et la classification COPILOTES a conduit à étendre ce modèle informationnel pour

plusieurs types d'informations présentes dans le modèle SCOR et difficilement rattachable de manière globale à un construit du méta-modèle. C'est le cas :

- ◆ des informations de planification qui regroupent les deux classes « demande » et « planification » de la classification COPILOTES. Nous ne pouvons les considérer comme des « order » 19440. Si ce construit « order » est défini dans la norme comme représentant les informations de planification et de contrôle, il est effectivement défini dans son template dans le sens d'un ordre donné à une entité pour réaliser une opération (commande client, ordre de fabrication). Or si une commande client est une information naturellement échangée car elle conditionne l'échange, le plan directeur est une information d'une autre nature, rarement échangée entre entreprises et qui relève de processus décisionnel et non pas de processus opérationnel. Il nous semble de manière générale nécessaire de différencier les informations selon leur niveau décisionnel, opérationnel, tactique ou stratégique. Ce sera un des critères de classification des informations et cela nous conduit à différencier les informations de type « plan » des informations de type « order » (qui représentent une décision).
- ◆ de nombreuses informations du modèle SCOR portent sur les « conditions » de l'échange entre partenaires. De même, la classification COPILOTES étudie séparément les informations de délai comme des « paramètres » qui peuvent être par eux-mêmes des informations échangeables au niveau d'une collaboration tactique ou stratégique. Dans un ERP, de nombreuses données liées aux relations commerciales (conditions de livraison, de facturation, de paiement, de gestion de crédit, de gestion des relances...) ou à l'organisation interne de l'entreprise (type d'ordre, causes d'erreurs, de retards...) ou sur le contexte externe à l'entreprise (taux de devises, conditions d'export...) sont gérées, échangées. Ces données peuvent être liées à des tiers, à des ordres, à des entités organisationnelles... Elles existent par elles-mêmes et jouent un grand rôle dans les échanges entre entreprises et donc dans les systèmes d'entreprise. Elles conditionnent les ordres et les événements mais ne peuvent être considérés uniquement comme des attributs de ces construits. Nous proposons donc deux classes d'information qui les représentent, les CONDITIONS qui relèvent d'une relation entre l'entreprise et ses partenaires ou son environnement, et les REGLES qui conditionnent les processus de décision de l'entreprise.
- ◆ Les événements liés aux flux physiques et informationnels sont bien entendu largement présents dans le modèle SCOR et sont couverts par le construit « event » du modèle 19440. Mais la journalisation de ces événements créent pour les processus de décision une information de type nouveau, qui n'est plus lié à la dynamique des processus opérationnels, mais devient une source de donnée pour le processus de décision. Nous proposons donc d'ajouter une classe

« JOURNAL » qui représente l'ensemble de la mémoire des flux, et des modifications de données qui sont utiles pour un processus de décision.

- ◆ Enfin, de nombreuses informations portent sur les partenaires eux-mêmes de l'entreprise. Le modèle 19440 propose une représentation de l'entreprise, sans réellement prendre en compte la représentation de ses échanges, alors que le modèle SCOR est au contraire centré sur la chaîne logistique, donc sur les relations clients-fournisseurs. Nous proposons l'ajout d'une classe « ACTOR » qui peut être considérée comme une spécialisation d'une entité organisationnelle (dans de nombreux cas, des relations client-fournisseur peuvent exister à l'intérieur d'une entreprise et sont donc naturellement des relations entre construits organisationnels)

Le résultat est un ensemble de 10 classes d'information, formulées en anglais par cohérence avec le modèle SCOR lui-même et sans chercher à reprendre la terminologie 19440 :

Actor : Les caractéristiques, identification ou localisation d'une entité organisationnelle, d'une ressource vue comme acteur dans une relation (rôles, tiers, entité légale, sites). Le partage d'information sur les acteurs représente une « transparence » de l'entité sur son organisation interne ou son réseau de partenaire, marque d'une collaboration forte.

Rules : Les règles et conditions du pilotage de l'activité. Elles traduisent les choix stratégiques et tactiques : règles de pilotage, système d'approvisionnement, modes de valorisation. Les règles sont rarement échangées dans une relation. Leur partage est significatif d'une collaboration portant sur le pilotage de la chaîne.

Plan : Prévisions, planning et programmes qui déterminent un cadre de décision (PDP, prévisions de demande, ...). Données généralement réparties dans un calendrier par période ou date. L'échange de données de ce type est caractéristique d'une collaboration plus étendue que la simple relation commerciale.

Object : Définition et caractérisation des produits, ressources, moyens, procédés et services conçus, réalisés et livrés. Données « techniques » considérées souvent comme statiques. Documents décrivant ces objets, plans, guides, instructions. Le partage d'informations sur les objets, au-delà des informations échangées sur les objets dans les flux, relève d'une collaboration dans la conception des produits ou le pilotage des ressources.

Ressource : Point de vue « capacitaire » des objets définis (stock, capacité, localisation, disponibilité...). Donnée en général variable dans le temps et dont on gère un profil temporel. Le partage d'information sur les ressources est

associé à des pratiques collaboratives (GPA, Stock déporté...) et encadré par ces pratiques.

Condition : Les règles et conditions du pilotage des relations (tarifs, conditions, règles...). Elles peuvent être légales : règles de pilotage, tarifs, conditions de livraisons, de facturation, contraintes légales,... Les conditions sont le plus souvent échangées dans une relation, mais le jeu commercial conduit souvent à en masquer une partie.

Decision : Information caractérisant une décision proposée, confirmée ou en cours de réalisation et impliquant des flux physiques ou financiers. Cela inclus les demandes, propositions, ordres, contrats, factures... les décisions sont les données principales échangées entre acteurs, les normes EDI représentent une bonne vue des informations associées.

Flow : Flux et événements liés aux relations (flux physiques, temps passés, anomalies, réceptions, livraisons...). Données dynamiques associées à la date de l'évènement et faisant souvent l'objet de moyens d'acquisition. Elles font partie des données échangées de manière classique dans toute relation.

Journal : Données historiques, traces, listes d'évènements datés et qui ne sont plus modifiées. Le partage d'information de ce type n'a de pertinence que dans la recherche d'une base de connaissance partagée, donc d'une collaboration forte.

Metric : Données représentatives de l'activité, bilans financiers, indicateurs d'aide à la décision opérationnels (volumes, charge, ratios...), tactiques (indicateurs de performance, niveau de service...), ou stratégiques (fidélité client, rentabilité...). Données parfois réglementées, dépendantes des flux, historisées et souvent détaillées en tableau multidimensionnel.

Ces différents types d'information sont présentées dans la Figure 3.6 dans leur position relative à la relation entre acteurs économiques. Toutes les informations de flux et d'ordres ne sont pas nécessairement échangées, mais elles sont liées naturellement à un échange. Au contraire, le partage d'informations sur des ressources, un plan ou des règles relève d'une décision de collaboration particulière. Ces 10 classes ont permis de caractériser les informations définies dans SCOR. Elles constituent ainsi le niveau 1 de modélisation des informations échangées dans la chaîne logistique. On peut alors analyser leur rôle dans les processus logistiques, et caractériser ainsi la nature informationnelle de la collaboration proposée dans le modèle SCOR.

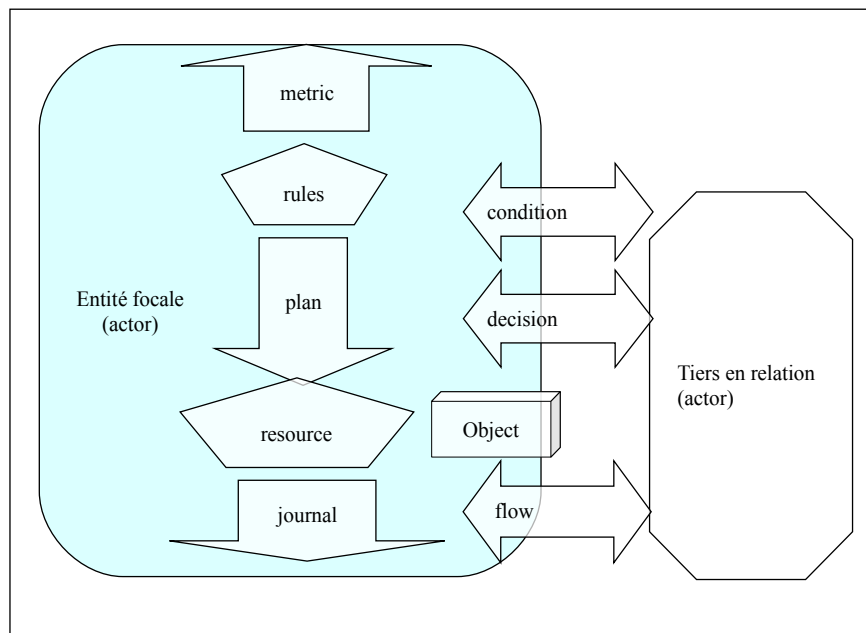


Figure 3.6: Classes d'information échangées dans le modèle SCOR

Le Tableau 3.5 présente le nombre d'occurrences par famille de processus de chaque classe d'informations. Il représente ainsi au niveau 1 de modélisation une vue orientée information de l'alignement des S.I. aux processus. Il classe en lignes les processus en différenciant les processus de support (Enable noté E), les processus opérationnels (Source, Make, Deliver, Return, notés S, M, D et R) et les processus de planification stratégique (S).

Type	N1	actor	condition	decision	flow	journal	metric	object	plan	resource	rules	Total
S	P		15	15	5	3	5	8	37	14	8	110
O	D	2	6	52	32	1	8	3	16	28	1	149
	M		6	7	24			2	12	5		56
	R		11	35	43	5			9	17	21	141
	S	3	4	24	21			2	8	9		71
E	D	4	10	6	5	2	8	4	1	2	8	50
	M		7	8	8	1		9	9	7	5	54
	P		5	5	1		3	7	7	7	2	37
	R		3		5	2	4		4	11	13	42
	S	14	2	6	8	1	3	2	2	8	6	52
Total		23	69	158	152	15	31	37	105	108	64	762

Tableau 3.5: Classes d'information par processus SCOR de niveau 1

On peut étudier ainsi la complétude du modèle en notant par exemple qu'aucune information de type «metric» n'est identifiée pour les processus

opérationnels de production ou de support à la production. Les processus d'évaluation de performance permettant d'obtenir les indicateurs définis dans le modèle ne sont donc pas inclus. On illustre ainsi qu'un méta-modèle ne peut contenir la totalité d'une sémantique, que toute construction d'un discours métier nécessitant une formalisation plus détaillée du vocabulaire utile, conduit à enrichir chaque construit. Un méta-modèle ne peut que proposer une structure générale des concepts nécessaires à la modélisation. Il doit être complété par une formalisation des connaissances métiers, c'est à dire une ontologie. Son rôle modèle est de proposer un contexte pour positionner les ontologies métiers entre elles et faciliter leur mise en cohérence. L'enjeu de l'alignement d'ontologies métier hétérogène dans un cadre de modélisation est une perspective de recherche que nous évoquerons dans la partie 4.

2 Briques applicatives

La conception d'un S.I. d'entreprise et notamment de son architecture doit pouvoir s'appuyer sur un référentiel des types d'applications existantes, indépendamment des environnements technologiques. Nous avons vu qu'un S.I. est dans la pratique toujours construit à partir de telles applications. La définition des différents sigles utilisés varient d'un acteur à l'autre. Le périmètre d'une offre évolue dans le temps. Mais les progiciels standard du marché sont bien les « briques » à partir desquelles une entreprise constitue son architecture applicative. Des référentiels partiels existent dans des glossaires industriels ou des études de marché, le dictionnaire de l'Apics (APICS 2005). ou du Gartner Group (GARTNER 2003). Les sigles répandus sont une réalité commerciale et financière parfois identifiée par un indicateur boursier (ITtoolbox 2005). Une étude de référence (www.technologyevaluation.com) sur le positionnement des offres sur le marché s'appuie sur une classification d'applications regroupées par familles pour lesquelles sont proposées des outils d'évaluation : ERP, SCM, CRM, BI... Dans ces glossaires se retrouvent des sigles de nature différentes : des méthodes industrielles ou logistiques, des technologies informatiques et des applications ou fonctionnalités. Une cartographie de composants applicatifs centrée sur le pilotage d'une chaîne logistique du fournisseur au client fait état de trois composants applicatifs, ERP, WMS et TMS correspondant à trois rôles différents dans la chaîne, le producteur, le distributeur, le transporteur et d'un composant nécessaire à l'intégration dans la chaîne logistique : le SCE. (Verwijmeren 2004). On voit ainsi une dépendance possible entre briques et processus de l'entreprise.

Une définition de briques applicatives peut s'appuyer sur une base théorique avec les « modules » de la méthode de modélisation d'entreprise GERAM (Bernus et Nemes 1997). GERAM propose des « Generic Enterprise Module » qui sont des produits qui peuvent être configurés et intégrés dans un S.I. d'une entreprise particulière. Dans l'esprit de GERAM les « modules » doivent correspondre à des « modèles » d'entreprise pour faciliter le choix d'un module selon le cas d'entreprise étudié. Cette notion de « modules » ou de « briques » ne correspond pas nécessairement à la notion de « composant » utilisée en génie logiciel dans les « architectures à base de composants ». Comme le note Wallnau ((1999) dans un état des lieux technique de ces architectures de composants réutilisables :

« Advocates of software reuse equate components to anything that can be reused; practitioners using COTS software equate components to COTS products; software methodologists equate components with units of project and configuration management; and soft-ware architects equate components with design abstractions. »

C'est d'ailleurs dans une évolution de l'architecture proposée par cet auteur, qu'apparaît la notion de « Components On The Shelf (COTS) » parfois dénommé aussi « Commercial off the shelf » pour répondre aux besoins du département de la défense des USA dont un règlement définit la notion de « produit commercial » dans le contexte des logiciels. Cette définition de « COTS » est clairement commerciale quels que soit le contenu et la technologie utilisée (Albert et Brownsword 2002). C'est un composant qui est

- ◆ vendu, loué ou licencié au public
- ◆ proposé par un vendeur qui cherche à en tirer un profit
- ◆ supporté et amélioré par le fournisseur qui en garde la propriété intellectuelle
- ◆ disponible en multiples copies sans modifications internes

Ces applications existantes sur le marché sont identifiées dans le modèle SCOR comme support de fonctionnalités (« features ») et sont utilisées pour décrire le S.I. support des processus d'une chaîne logistique. Le modèle propose ainsi les fonctionnalités nécessaires aux « bonnes pratiques » identifiées sur chaque processus, faisant ainsi référence aux ERP, APS... Ce choix de relier applications et processus à travers les pratiques illustre l'enjeu d'une définition de ces briques indépendante des offres pour l'ingénierie des projets d'intégration. La version 8.0 du modèle SCOR constate cependant la difficulté d'une définition « neutre » de ces fonctionnalités et ne propose plus de l'inclure dans le modèle. La question de l'alignement des fonctionnalités applicatives aux pratiques identifiées est donc non couverte par le modèle SCOR dans sa dernière version.

Au croisement des « Generic Models » de GERAM, des COTS et des features de SCOR, nous proposons donc une définition de briques applicatives comme **progiciel du marché support d'un modèle générique partiel d'entreprise, et supportant des processus d'affaires particuliers**. Nous en proposons une définition extensive. Cette-ci ne peut se faire à partir d'un partitionnement technique de l'ensemble des applications existantes, compte tenu de l'hétérogénéité des offres, de recouvrements entre applications, et de définitions redondantes. Plus le niveau d'intégration est élevé, plus l'architecture applicative sera l'image de choix d'organisation et non pas de la répartition des données ou fonctionnalités. La classification de ces briques doit donc faciliter l'analyse des processus et de leurs fonctionnalités support.

Cette classification est nécessairement évolutive. Une innovation technique peut conduire à redéfinir la frontière entre deux briques apparemment clairement identifiées. Ainsi, si le MES et l'ERP relèvent de marchés nettement séparés, leur définition relative peut se transformer comme le montre une architecture agent :

« In PABADIS the MES layer is dissolved and its functionality divided into a centralized part that can be attached to an ERP system and a decentralized part, implemented by mobile software agents, that can be connected to the production equipment » (Klostermeyer et Klemm 2003).

Notre classification (Figure 3.7) s'appuie sur un axe lié au flux d'activité permettant une différenciation entre les applications tournées vers l'extérieur de l'entreprise de celles centrées sur l'entreprise elle-même. Nous définissons ainsi les briques tournées vers le pilotage et l'intégration des tiers (SRM - Supplier Relationship Management, CRM - Customer Relationship Management) et les briques assurant le pilotage et l'intégration des fonctions internes telles que les ERP.

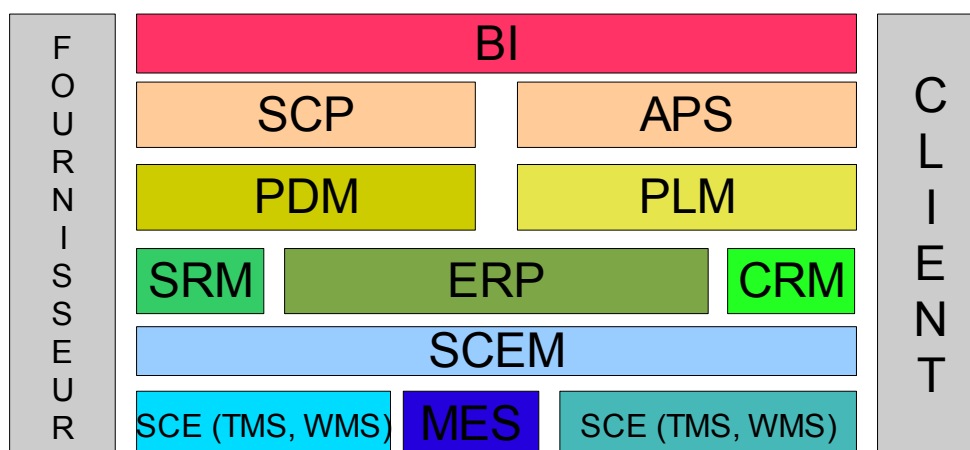


Figure 3.7: Briques applicatives

avant la résolution de problèmes complexes, multi-critères. On peut identifier d'autre part un niveau décisionnel, très présent autour des CRM et des SCP et qui s'appuie sur des applications décisionnelles (« Business Intelligence : BI »).

Cette cartographie étend la première proposition centrée sur les système d'information logistiques (Millet et Botta-Genoulaz, 2007). Le Tableau 5.4 en annexe présente nos définitions. Il est conforté par la fréquence d'usage de ces sigles dans la structuration des offres éditeurs et leur présence dans les principaux dictionnaires métiers comme celui de l'APICS ou du GARTNER Group dont les définitions sont mises en relation dans le tableau.

Cette définition de briques est en quelque sorte un point de vue externe, sur l'architecture nécessaire du S.I. Dans les premières phases d'étude d'opportunité d'un projet évaluant les processus critiques, elle peut contribuer à l'identification des briques nécessaires dont la sélection caractérise ainsi un projet comme étant un projet « ERP » ou « CRM », (ou « ERP II » comme évoqué dans l'état de l'art) car il utilise plusieurs briques. Cependant, pour être opérationnel, ces définitions doivent pouvoir être détaillées en « modules » ou « fonctionnalité » plus précises qui aident à définir le périmètre du projet et donc le périmètre de mise en œuvre des briques choisies. Mais les différences entre les solutions standard au niveau détaillé sont plus importantes. Elles peuvent provenir de différences historiques. Un module a été créé de manière autonome chez un éditeur, et intégré dans une autre fonctionnalité chez un autre, cette structuration survit aux évolutions des deux solutions bien que les fonctionnalités se rapprochent avec les différentes versions. Elles peuvent aussi provenir de positionnement différent sur le marché. La présence très forte de SAP sur les grands groupes le conduit à prendre en compte dans l'ERP même les fonctions de consolidation financière. Dans le cas de BAAN, le positionnement moins orienté grand compte conduit à proposer une application dédiée finance grand compte en complément à l'ERP.

Il existe des listes de fonctionnalités destinées à la sélection de solutions (comme celles du [cxp²⁶](http://www.exp.fr) ou du site [technologyevaluation²⁷](http://www.technologyevaluation.com)). De telles listes de questions permettent en principe de vérifier si les fonctions proposées par une solution répondent à tel ou tel besoin d'une entreprise particulière. Mais ces listes sont souvent redondantes, regroupent des questions de niveau de modélisation très différent. Un travail de généralité et de modélisation des questions serait nécessaire pour produire un référentiel académique permettant une définition extensive des briques applicatives. Un tel travail de normalisation des briques et de leur

²⁶[Http://www.exp.fr](http://www.exp.fr)

²⁷[Http://www.technologyevaluation.com](http://www.technologyevaluation.com)

définitions représente une vue « applicative » d'un modèle de référence générique, qui doit pouvoir être spécialisé selon les solutions du marché retenues.

Une esquisse de structuration de la brique ERP facilement traduisible sur plusieurs ERP existants est proposée ci-dessous :

- ◆ EP « Enterprise Planning » : Planification de l'entreprise, (PIC, Plan Industriel et Commercial, planification de la demande et de la production (PDP, Plan Directeur de Production), planification des besoins matières (MRP), gestion de la charge (CRP, Capacity Requirement Planning), planification de la distribution (DRP, Distribution Requirement Planning), des projets (PRP, Project Requirement Planning);
- ◆ PD « Product Data » : Gestion des données techniques, intégrant la gestion des nomenclatures d'étude, des indices et procédures de révisions, des ordres de modifications techniques ;
- ◆ MC « Manufacturing Contro » : Gestion de la production, intégrant l'approvisionnement, la gestion de l'atelier (SFC, Shop Floor Control), parfois l'ordonnancement, la gestion des opérations, la gestion en flux tiré, la gestion de campagnes répétitives...
- ◆ PU « Purchase Control » : Gestion des Achats, intégrant la gestion des fournisseurs, des tarifs, des contrats, des programmes cadencés, des appels d'offres, des demandes d'achats, l'évaluation fournisseur...
- ◆ WH « Warehouse control » :Gestion des stocks, intégrant la gestion des entrepôts (trans-stockeurs, magasins dynamiques, optimisation de rangement...), la gestion de l'inventaire (cyclique, sur événement...), la gestion des lots (traçabilité, caractéristiques techniques, fractionnement), le paramétrage des approvisionnements sur stock (point de commande, stock de sécurité, niveau de service...);
- ◆ SM « Service Management » : Gestion des services de maintenance, intégrant la gestion des parcs matériels, des contrats de services, des interventions, des pièces de rechanges, des retours, de la maintenance préventive...
- ◆ QM « Quality Management » : Gestion de la qualité, intégrant la gestion des laboratoires, des échantillons, des ordres de contrôle sur stock ou sur flux, la gestion des classes de produits, des certifications ;
- ◆ PM « Project Management » : Gestion de projets, intégrant la planification d'activités, la gestion et le suivi de budgets, l'ingénierie de projet, le suivi et l'avancement de projet, la gestion des encours et résultats de projets ;
- ◆ SD « Sales and Distribution » : Gestion des ventes et de la distribution, intégrant la gestion des clients, des tarifs, des contrats, des programmes cadencés, des devis, des ordres de ventes, des livraisons, des facturations, l'évaluation du taux de service...

- ◆ TM « Transport Management » : Gestion des transports, tarification, planification, trajets et regroupements, traçabilité, facturation des transporteurs, intégration aux achats et ventes ;
- ◆ FI « Finance » : Gestion financière, intégrant la comptabilité générale, les comptabilités auxiliaires (fournisseurs, clients...), la comptabilité analytique, la gestion budgétaire, la production des états fiscaux ;
- ◆ CM « Cash Management » : Gestion de la trésorerie, intégrant la gestion des règlements, des échanges bancaires, des effets ;
- ◆ CO « Controlling » : Contrôle de gestion, intégrant la gestion des prix de revient, la valorisation des stocks et des flux, le suivi des indicateurs financiers d'activité ;
- ◆ AM « Asset Management » : Gestion des actifs, investissements (immobilisations, amortissements et provisions), de leur maintenance (préventive, curative), des consommations associées ;
- ◆ HR « Human Resource » : La planification et gestion des ressources humaines, intégrant la paie, la gestion des temps, la gestion des compétences, des formations.

La comparaison de cette liste de « briques applicatives » à des architectures applicatives existantes sur le marché, comme celle de ERP LN (anciennement BAAN) ou celle proposée dans l'offre prépackagée de SAP (All In One) montre que la diversité des architectures du marché représentatives est autant une diversité d'architecture interne des offres que de positionnement marketing des éditeurs. L'offre pré-packagée SAP repose justement sur une liste de «building blocks » (Tableau 5.3 en annexe) qui sont des ensembles de paramétrages et de données de base couvrant un ensemble de processus standard supportés par l'ERP.

Cette architecture à base de « blocs » de mise en œuvre facilite la configuration d'un système par assemblage. Un « bloc » n'est pas seulement un ensemble de composants applicatifs, mais aussi un ensemble d'outils de mise en œuvre : processus standard décrits et documentés, scripts de paramétrage correspondants, données de base dont la codification est adaptable. Il s'agit d'un « bloc » de construction du projet ERP lui-même. Leur définition prend en compte pour une part des typologies d'activité (sur stock, à la commande...) afin de mieux adapter les blocs à des contextes métiers particuliers. Cela confirme que la décomposition des briques applicatives en blocs n'est pas seulement la décomposition technique issue des structures informatiques des applications, mais doit être conçue pour faciliter la mise en œuvre de tels « blocs » dans les projets. Leur structuration peut être rapprochée de la structuration des messages échangés entre applications. Il s'agit de croiser un point de vue « fonctionnel » sur les ressources informatiques et un point de vue « informationnel » sur les échanges.

C'est ce que permet le standard proposé par les principaux éditeurs d'applications et l'organisation « Open Application Group » (Rowell 2002).

Cette diversité des référentiels existant rend nécessaire une méthode souple de normalisation des objets du modèle SCOR permettant d'instancier facilement un modèle selon une architecture de briques du marché, en quelque sorte de pouvoir passer d'une version académique du modèle à une version adaptée à un éditeur (SAP, SSA...). Les définitions peuvent se recouvrir selon les typologies métiers ou les objectifs. Ainsi, l'ordonnement se retrouve dans les solutions de type APS, ERP, MES... Un modèle académique sur les deux premiers niveaux est cependant possible et conduirait à définir des briques applicatives composées de modules. La décomposition des modules en fonctions élémentaires pouvant être utilisées dans des listes d'évaluation de périmètre reste difficile compte tenu de la diversité des offres à ce niveau détaillé de représentation. Une mise en adéquation d'une définition académique de fonctionnalités avec les modules des offres du marché restera toujours nécessaire. Cette liste de briques peut être un support à cette mise en adéquation des fonctions aux solutions métiers existantes.

3 Processus et briques applicatives

Les briques applicatives identifiées dans la section précédente doivent aider la construction d'un système d'information en reliant le point de vue applicatif aux autres points de vue de la modélisation. Pour cela, une étude de leur contribution aux processus d'entreprise est nécessaire. Notre cadre d'étude de l'intégration repose sur la formalisation de la connaissance liée à la standardisation à travers les relations dans un modèle entre ses différents construits. Cette contribution des briques aux processus est ainsi un élément d'ontologie détaillant la relation entre les construits « ressources IT » et « Processus » ou « Enterprise Activity » du méta-modèle. Ces ontologies seront de fait la base de construction d'un graphe de dépendances détaillé au niveau générique de la modélisation. Les dépendances au niveau conceptuel de méta-modèle ne donne en effet qu'une connaissance conceptuelle des dépendances possibles à ce niveau. Elles sont insuffisantes pour fournir une cartographie détaillée des dépendances au niveau des différents métiers de l'entreprise. Pour construire une telle connaissance de cette relation, nous l'étudions à travers deux référentiels contenant une expertise sur cette contribution des applications aux processus d'entreprise, le modèle SCOR et le modèle de Lambert (Lambert et Cooper 2000).

Processus et briques dans le modèle SCOR

Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, SCOR ne propose pas de modélisation des systèmes d'information support de la chaîne logistique, mais identifie pour chaque processus des « bonnes pratiques » et des fonctionnalités associées. Ces fonctionnalités font souvent référence à des noms d'applications de type progiciel connues (ERP, SCM,...), mais aussi à certaines fonctionnalités précises de ces applications (inventaire cyclique, contrôle des coûts par activité), parfois à des pratiques rendues possibles par ces applications (sélection à base de règles d'un transporteur en expédition), ou encore à des technologies (code à barre, RFID...).

A partir de ces descriptions de fonctionnalités, nous avons associé à chaque processus la brique applicative principale supportant ces fonctionnalités (Millet et Botta-Genoulaz 2006). Ce croisement permet d'illustrer comment le modèle SCOR « utilise » les briques applicatives. Le Tableau 3.6 montre ainsi en ligne les briques applicatives identifiées et en colonne les processus de niveau 2 du modèle SCOR. Le nombre d'occurrences de ces briques dans les fonctionnalités support des processus est représenté en cellule et coloré afin de caractériser visuellement le niveau de contribution de chaque brique. Les informations n'ont pu être différenciées entre PLM et PDM et entre SCE et SCEM. Concernant le PLM, on peut penser que le modèle SCOR est insuffisamment développé sur les collaborations en conception, et concernant le SCEM que cette brique est encore mal identifiée en tant que telle. D'autre part, ce travail a été réalisé sur la version 7 de SCOR pour laquelle les processus RETURN n'avaient pas encore été suffisamment détaillé pour être pris en compte.

N1	P						S						M			D					
N2	EP	P1	P2	P3	P4	P5	ES	S1	S2	S3	EM	M1	M2	M3	D1	D2	D3	D4	ED	0	
PDM											3									3	
BI	1	1					1					1	1							5	
APS	4	23		1	1	3					2	4	3	2	1	1				45	
SCP	1	7				1					1	1	1							12	
CRM		4																	1	5	
SRM				1		1	6				1									9	
ERP	1	9	2	1	9	6	21	8	8	7	22	14	13	11	19	15	9	9	9	193	
MES											9	18	23	17						67	
SCE		1	1		2		6	10	10	10	5	1			14	13	12	6	21	112	
	7	45	3	3	12	11	34	18	18	17	43	39	41	30	34	29	21	15	31	451	

Tableau 3.6 : Briques applicatives référencées par processus SCOR

On obtient ainsi une représentation standard du système d'information selon les processus d'un modèle classique de chaîne logistique. Une vue plus

synthétique permet de situer rapidement les principales briques applicatives dans les 4 processus principaux Plan (P), Source (S), Make (M), Deliver (D) présentés en colonnes dans la matrice résumée du Tableau 3.7.

COTS	P	S	M	D	
PDM			3		3
BI	2	1	2		5
APS	32		11	2	45
SCP	9		3		12
CRM	4			1	5
SRM	2	6	1		9
ERP	28	44	60	61	193
MES			67		67
SCE	4	36	6	66	112
	81	87	153	130	451

Tableau 3.7 : Matrice de synthèse par processus SCOR de niveau 1

On constate que ce modèle 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 4 fois pour la planification de la demande et le support de la saisie de commande en ligne par le client. Ce tableau permet de mettre en évidence le rôle transversal de l'ERP support de pratiquement tous les processus SCOR. De même, il souligne la vocation de certaines briques à supporter précisément certains processus, comme les MES tournés vers les processus de production. On constate cependant que la partition des processus ne recouvre pas celle des briques applicatives montrant ainsi l'enjeu de l'intégration des systèmes d'information support des processus logistiques. L'étude confirme la pertinence de la classification en niveau opérationnel, de pilotage et de décision, différenciant les briques « transversales » qui sont en fait centrées sur l'entreprise (ERP) et les briques opérationnelles assurant les fonctions d'exécution qui sont proches d'un processus opérationnel. Ainsi le MES est centré sur la production (Make) et en détaillant la brique SCE, on trouve les WMS et TMS centrés sur l'expédition (Deliver), et la brique purement SCE restante est la plus souvent orientée vers l'approvisionnement (Source).

Le référentiel SCOR représente ainsi une formalisation des connaissances permettant d'identifier quelles briques applicatives peuvent contribuer aux différents processus d'entreprises. Une telle connaissance formalisée sous forme d'ontologie exploitable dans un cadre de modélisation d'entreprise peut jouer un rôle essentiel.

Processus et Fonctions dans la matrice de Lambert

Ce travail réalisé sur un référentiel métier centré sur la logistique doit être élargi à une mise en correspondance plus systématique entre les fonctions décrivant une organisation et les processus décrivant ses modes de réponses aux relations avec ses clients et partenaires dans la chaîne logistique. Lambert propose une telle classification sous forme d'un croisement des processus d'affaires aux fonctions de l'entreprise (Lambert et Cooper 2000). Si le modèle SCOR est destiné à la construction d'indicateurs de performance dans une chaîne logistique, le modèle de Lambert est destiné à étudier la chaîne logistique comme intégration transverse dans l'entreprise afin de la différencier de la fonction logistique dans l'entreprise. Cela conduit à identifier les relations entre trois dimensions caractérisant le pilotage de la chaîne logistique : les processus d'affaires, les fonctions nécessaires au système de management et la structure de la chaîne elle-même.

Les processus utilisés sont les suivants :

- ◆ Customer Relationship Management (Gestion de la relation client)
- ◆ Customer Service Management (Gestion des services au client)
- ◆ Demand Management (Gestion de la demande)
- ◆ Fullfilment (Réalisation des ventes)
- ◆ Manufacturing Flow Management (Gestion des flux de production)
- ◆ Supplier Relationship Management (Gestion de la relation fournisseur)
- ◆ Product Development and commercialization (Développement et commercialisation produit)
- ◆ Returns (Gestion des retours)

Contrairement au modèle SCOR, cette approche des processus d'affaires met l'accent sur les relations collaboratives dans la chaîne logistique plutôt que sur les processus internes à l'entreprise. Elle éclaire le rôle des fonctions analysées comme des silos dans l'organisation : « Marketing », « Research & Development », « Logistics », « Production », « Purchase », « Finance & Accounting ». Le modèle proposé permet ainsi de répondre à trois questions sur l'intégration de la chaîne logistique :

- ◆ Quels sont les acteurs qui doivent être reliés dans la chaîne logistique ?
- ◆ Quels processus doivent être reliés entre ces différents acteurs ?
- ◆ Quel niveau d'intégration et de pilotage est nécessaire pour ces processus ?

L'apport de chaque processus aux fonctions est analysé en termes d'activité contribuant à la création de valeur pour le processus. Cette approche met en valeur fortement le caractère transverse des processus identifiés et permet de repérer des activités connexes au cœur des fonctions et qui contribuent pourtant significativement au support de la performance, comme l'illustre la Figure 3.8 sous

forme d'une matrice processus/fonctions. Le processus de gestion de la relation client s'appuie sur la gestion des clients (fonction marketing), la définition des besoins produits (fonction recherche & développement), la définition des besoins logistiques (fonction logistique), la stratégie industrielle (fonction production), la stratégie d'approvisionnement (fonction achat), la rentabilité des clients (fonction finance).

Fonction Processus.....	Sales & Marketing	Research & Development	Logistics	Production	Purchase	Finance & Accounting
Customer Relationship Management	Account Management	Requirements Definition	Requirements Definition	Manufacturing Strategy	Sourcing Strategy	Customer Profitability
Customer Service Management	Account Administration	Technical Services	Performances Specifications	Coordinated execution	Priority Assesment	Cost To Serve
Demand Management	Demand Planning	Process Requirments	Forecasting	Capability Planning	Sourcing	TradeOff analysis
Fullfilment	Special Orders	Environnemental Requirments	Network Planning	Plant Direct	Selected Suppliers	Distribution Costs
Manufacturing Flow Management	Packaging Specifications	Process Stability	Priorization Criteria	Production Planning	Integrated Supply	Manufacturing Costs
Supplier Relationship Management	Order Booking	Material Specifications	Inbound Flow	Integrated Planning	Supplier Management	Material Costs
Product Development and comercialisation	Business Plan	Product Design	Movement Requirments	Process Specifications	Material Specifications	R&D Costs
Returns	Product Life Cycle	Product Design	Return Logistics	Re manufacturing	Material Specifications	Revenue & Costs
Information Architecture, Database Strategy, Information Visibility						

Figure 3.8. Matrice de Lambert : croisement processus / fonctions

Nous avons placé dans cette matrice les briques applicatives proposées précédemment pour obtenir une « cartographie » des briques applicatives selon la matrice de Lambert (Figure 3.9). Ces cartographies représentent à la fois l'alignement des briques aux processus et fonctions d'entreprise et précisent ainsi en retour la définition de ces briques. Nous proposons dans ce mémoire celles concernant l'ERP et les applications SCM.

Démarche d'ingénierie orientée intégration / Cadre et méta-modèle de l'intégration

Fonction Processus.....	Sales & Marketing	Research & Development	Logistics	Production	Purchase	Finance & Accounting
Customer Relationship Management	Account Management	Requirements Definition	Requirements Definition	Manufacturing Strategy	Sourcing Strategy	Customer Profitability
Customer Service Management	Account Administration	Technical Services	Performances Specifications	Coordinated execution	Priority Assesment	Cost To Serve
Demand Management	Demand Planning	Process Requirments	Forecasting	Capability Planning	Sourcing	TradeOff analysis
Fulfillment	Special Orders	Environnemental Requirments	Network Planning	Plant Direct	Selected Suppliers	Distribution Costs
Manufacturing Flow Management	Packaging Specifications	Process Stability	Priorization Criteria	Production Planning	Integrated Supply	Manufacturing Costs
Supplier Relationship Management	Order Booking	Material Specifications	Inbound Flow	Integrated Planning	Supplier Management	Material Costs
Product Development and comercialisation	Business Plan	Product Design	Movement Requirments	Process Specifications	Material Specifications	R&D Costs
Returns	Product Life Cycle	Product Design	Return Logistics	Re manufacturing	Material Specifications	Revenue & Costs
Information Architecture, Database Strategy, Information Visibility						

Figure 3.9. Positionnement des ERP dans la matrice de Lambert

La cartographie est représentée par un marquage coloré de la matrice selon l'apport (partiel ou complet) de la brique étudiée à l'activité repérée dans le croisement processus/fonction.

Ainsi l'ERP est un support complet de la coordination des activités de réalisation des ventes (apport de la fonction production au processus Customer Service Management), et un support partiel de la planification de la demande (apport de la fonction Marketing au processus de gestion de la demande). Ces cartographies confirment le caractère transverse de l'ERP qui couvrent une grande partie de la matrice, du caractère transverse centré sur la logistique des solutions SCM (Figure 3.10), et du caractère ciblé des solutions CRM qui ne contribuent qu'à trois activités sur les 48 définies, les solutions MES étant quant à elles centrées sur 4 autres activités.

Pour obtenir une approche plus détaillée, il est nécessaire de s'appuyer sur une définition générique des processus d'affaires, des fonctions d'entreprises et des fonctionnalités détaillées des briques applicatives. Les processus logistiques et les organisations font l'objet de modèles existants (SCOR par exemple) qui peuvent être utilisés comme référentiel. Un approfondissement du référentiel de briques applicatives est donc nécessaire. Il faut noter de plus que ces matrices de positionnement des briques applicatives sont établies à partir des définitions construites sur les fonctions existantes des différentes briques. On sait cependant qu'il existe une différence parfois notable entre les fonctions existantes et les

fonctions utilisées selon les typologies d'entreprise, les niveaux d'informatisation et les types d'intégration organisationnelles et informationnelles dans les entreprises.

Fonction Processus.....	Sales & Marketing	Research & Development	Logistics	Production	Purchase	Finance & Accounting
Customer Relationship Management	Account Management	Requirements Definition	Requirements Definition	Manufacturing Strategy	Sourcing Strategy	Customer Profitability
Customer Service Management	Account Administration	Technical Services	Performances Specifications	Coordinated execution	Priority Assesment	Cost To Serve
Demand Management	Demand Planning	Process Requirments	Forecasting	Capability Planning	Sourcing	TradeOff analysis
Fullfilment	Special Orders	Envirommental Requirments	Network Planning	Plant Direct	Selected Suppliers	Distribution Costs
Manufacturing Flow Management	Packaging Specifications	Process Stability	Priorization Criteria	Production Planning	Integrated Supply	Manufacturing Costs
Supplier Relationship Management	Order Booking	Material Specifications	Inbound Flow	Integrated Planning	Supplier Management	Material Costs
Product Development and comercialisation	Business Plan	Product Design	Movement Requirments	Process Specifications	Material Specifications	R&D Costs

Figure 3.10. positionnement des briques SCM dans la matrice de Lambert

C'est l'enjeu de la prise en compte de la maturité des organisations dans l'identification des usages des systèmes qui conditionnent la réalité des dépendances potentielles entre processus et applications.

Nous proposons une interprétation du cadre de modélisation ISO 19439 orientée vers une ingénierie de systèmes d'information à base de logiciels du marché dans laquelle nous définissons un méta-modèle orienté vers l'étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Ce méta-modèle est issu d'une confrontation entre la norme ISO 19440, le modèle de référence SCOR et un méta-modèle ERP issu de nos précédents travaux.

L'étude de référentiels métiers, de la connaissance qu'ils contiennent sur les concepts et leurs relations illustre la nécessité de compléter le méta-modèle d'entreprise qui représente un point de vue « architectural » du système d'entreprise par des ontologies définissant les connaissances utilisées et les dépendances possibles entre-elles et portant ainsi une définition par « extension » du système. Nous avons proposé une liste de « briques applicatives » qui peut être la base d'une ontologie détaillant le construit « IT resource » de notre méta-modèle et une classification des informations issues du référentiel SCOR qui est une étape vers une ontologie détaillant le construit « Object View » de ce méta-modèle. Dans cette approche, on retrouve la pertinence des « points de vue » de modélisation portés par la norme 19439 et que des référentiels métiers peuvent concrétiser :

Le point de vue informationnel qui modélise les données, informations qui circulent dans une organisation inter ou intra entreprise ;

Le point de vue fonctionnel qui décrit les processus et activités en les reliant aux ressources mises en œuvre ;

Le point de vue organisationnel qui décrit les entités, les acteurs et leurs pratiques ;

Le point de vue des ressources qui permet notamment de décrire les applications support des activités informatisées.

La construction de référentiels métiers permettant d'enrichir le cadre de modélisation au niveau générique pour les différents construits est un enjeu de leur mise en cohérence, de leur utilisabilité dans des modèles d'entreprise et dans des projets d'ingénierie.

Chapitre 3.2

Graphes d'intégration du modèle d'entreprise

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3.1, l'intégration peut être caractérisée par la notion de dépendances entre objets, acteurs, processus. L'identification et la caractérisation de ces dépendances est un enjeu de la modélisation d'entreprise pour supporter les stratégies organisationnelles.

Nous présentons dans la première section le graphe d'intégration que représente l'ensemble des dépendances et sa pertinence pour étudier tous les aspects d'un projet : informationnels, organisationnels, techniques. Nous proposons ensuite la notion de « sous-graphe d'intégration » pour étudier les dépendances directes et indirectes d'un construit et leur pertinence par rapport à des problématiques connues des projets de type ERP.

Nous définissons ensuite une « distance » entre construits dans le graphe qui nous permet de proposer des « partitions » dans le graphe. Nous définissons de même un « couplage » qui nous permet de proposer des « voisinages » dans le graphe. Partitions et voisinages sont deux outils d'analyse du graphe.

Nous étudions la complexité des algorithmes nécessaires aux calculs des distances et couplages.

Nous étudions enfin comment prendre en compte la nature technique ou organisationnelle des dépendances de même que la maturité des usages et leur influence sur le graphe.

3.2.1 Graphe des dépendances

Nous étudions les dépendances issues du méta-modèle en nous inspirant des études de dépendances identifiées dans l'état de l'art. La classification de Chapron (2006) repose sur la nature de l'objet créant la dépendance entre processus : acteurs, ressources ou informations. Dans le même esprit, la classification des modes de collaboration de Simatupang (2002) repose sur l'objet focus : produits et services, information, connaissances et capacités, bénéfiques et risqués. Winter (2003) compare les dépendances entre processus et données et entre fonctions et centres de profits. Dans le modèle ERP évoqué précédemment, nous prenons en compte les dépendances entre objets informatiques et les dépendances entre processus et transactions de l'application. Les dépendances sont donc diverses et peuvent être identifiées entre plusieurs catégories d'objets.

Nous étudions de manière systématique l'existence de dépendances potentielles entre chaque couple de construits de notre méta-modèle. Une dépendance doit pouvoir être caractérisée par ses conséquences opérationnelles, et notamment dans notre problématique par son importance dans l'efficacité des projets et des usages d'ERP. Elle doit alors être représentée comme une relation dans le méta-modèle utilisé. Si deux processus sont dépendants parce qu'ils utilisent une même ressource, ou influent sur la même information, nous devons avoir dans le modèle une relation processus-ressource ou processus-information. A l'inverse, si notre méta-modèle propose une relation entre les construits process et événements, c'est qu'une dépendance existe entre un processus déclencheur d'un événement et cet événement, et réciproquement dans ce cas. On peut identifier plusieurs natures de dépendance, fortement liées aux points de vue de la modélisation :

- ◆ Des dépendances « fonctionnelles » liant les construits décrivant le fonctionnement de l'entreprise et ses ressources. Le construit « Enterprise Activity » porte la relation essentielle de ce point de vue.
- ◆ Des dépendances « organisationnelles » fortement transverses au reste du modèle et liant les construits organisationnels aux autres représentations par la relation « controls » sur tous les construits.
- ◆ Des dépendances « informationnelles » liant les construits informationnels entre eux et avec les ressources qui sont représentées dans le point de vue informationnel. C'est dans ce cas le construit « object view » qui porte la relation entre information et ressources.

C'est d'ailleurs la représentation courante des construits 19440 sous forme d'une carte répartissant les objets selon les points de vue que nous reprenons dans la Figure 3.5 du méta-modèle d'intégration. Cette analyse est confortée par la comparaison avec la classification des dépendances de processus proposée par Chapron (2006) pour qui les dépendances de processus peuvent être de type « acteurs », « informations » et « ressources ». Elle rejoint ainsi les trois types de relations possible entre le point de vue fonctionnel que portent les processus et les autres points de vue, ce qui se représente facilement dans notre méta-modèle d'intégration. La Figure 3.11 présente ce méta-modèle en surlignant les différentes dépendances possibles dont celles identifiées par Chapron (en jaune) autour des processus en relation avec les autres points de vue. Elle permet aussi d'identifier les

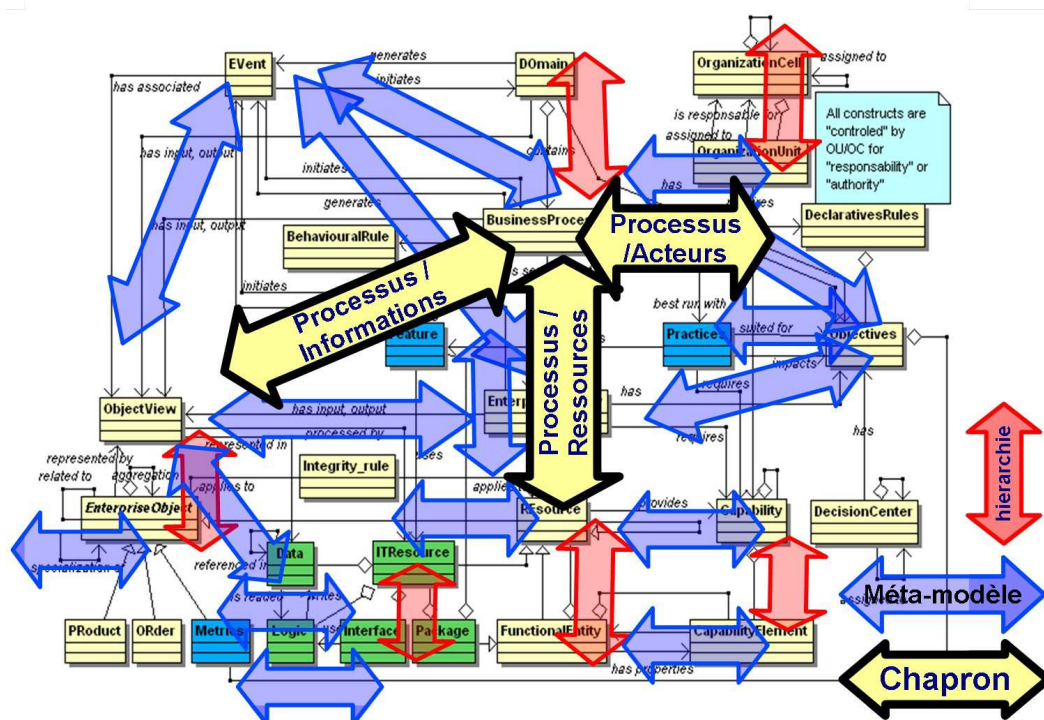


Figure 3.11: Classification des dépendances de processus de Chapron et 19440

autres dépendances internes à un point de vue ou reliant les points de vue en illustrant la richesse du modèle pour étudier les diverses sources d'alignement. Les dépendances qui portent une hiérarchisation du modèle sont surlignées en rouge et les autres en bleu.

Les relations d'agrégation permettent de considérer une structure hiérarchique permettant d'analyser les dépendances à divers niveaux de granularité de la modélisation. Ce ne sont pas des dépendances porteuses de contraintes pour l'ingénierie d'entreprise mais permettant de passer d'un point de vue macro à un point de vue détaillé ou l'inverse. Ces relations d'agrégation permettent de différencier les dépendances au niveau d'instances du modèle et leur agrégation à un niveau d'abstraction plus élevé. On pourrait ainsi représenter entre un business process et une unité organisationnelle, l'ensemble des dépendances entre les sous-business process et les sous-unités organisationnelles. On peut alors utiliser un graphe hiérarchisé proche de la proposition de Eades, évoquée dans l'état de l'art (2000), associant à un graphe, un arbre de hiérarchisation prédéfini à partir de partitionnement connu du graphe. La Figure 3.12 présente les relations d'agrégation du méta-modèle. Pour notre travail, nous considérerons ces relations d'agrégation comme complémentaires aux autres dépendances. Elles concernent des ressources regroupées en entité fonctionnelle, des unités organisationnelles regroupées en

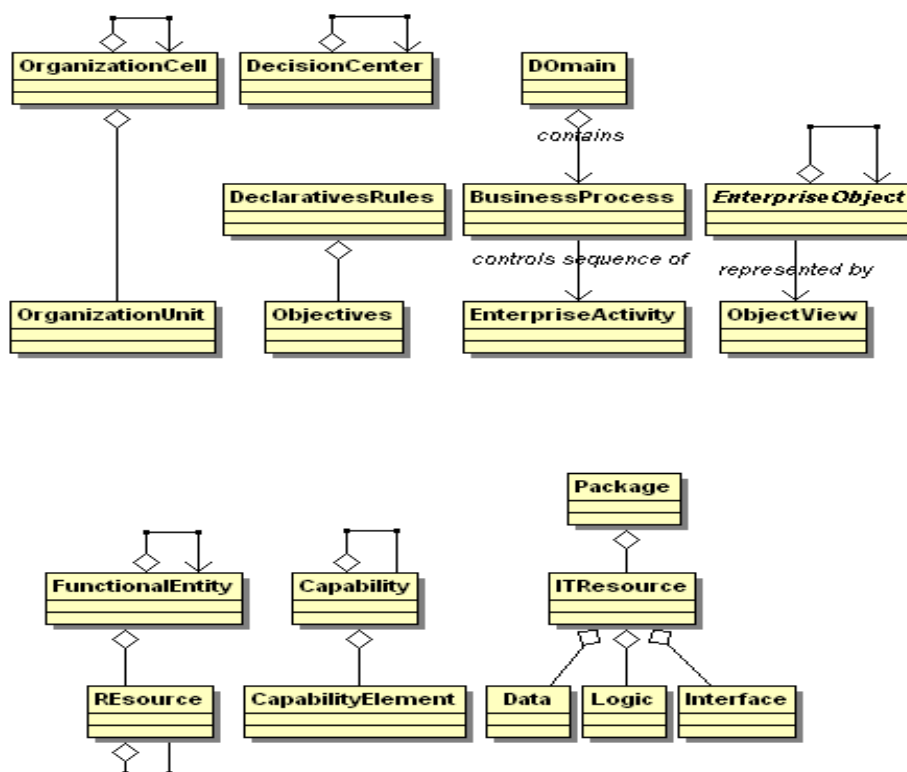


Figure 3.12. Hiérarchisation du modèle d'intégration

cellule/ilot, des objets d'entreprises décomposés en sous-objets, des processus décomposés en sous-processus, des aptitudes décomposées en aptitudes, des ressources IT regroupées en applications (package).

Les dépendances peuvent aussi être étudiées à partir de la classification des dépendances de coordination de Malone et Crowstow (1991) qui caractérise les dépendances entre buts, activités et acteurs en quatre classes :

- ◆ Dépendances de ressources (« Shared ressources »). Cette dépendance concerne la relation fonctions/ressources et nécessite un processus d'allocation qui doit avoir un responsable. Elle est couverte dans le modèle 19440 par une dépendance indirecte entre activité (EA) à travers la relation avec les ressources (RE) du type $EA_1 \rightarrow RE_1$ et $EA_2 \rightarrow RE_1$.
- ◆ Dépendance séquentielle « Producer/consumer » : pour des échanges physiques mais aussi informationnels. On retrouve notamment la question des connaissances produites par une entité et utilisées par une autre. Cette dépendance est couverte dans le modèle 19440 par la relation input/output au niveau activité ou processus et qui peut porter sur tout objet d'entreprise ou sur des événements ($EA \rightarrow EO \rightarrow EA$).
- ◆ Dépendance temporelle « Simultaneity constraints » : Ce type de contrainte temporelle est couverte dans le modèle 19440 par les relations Input/Output des événements. ($Ev \rightarrow EA$) ou ($EA \rightarrow Ev$) sous forme d'une dépendance indirecte $EA_1 \rightarrow Ev$ et $EA_2 \rightarrow Ev$.
- ◆ Dépendance d'objectif « Task / subtask » : ce type de dépendance nécessite l'identification du but commun à un ensemble de tâches qui n'implique pas de contraintes directes en termes de ressources ou d'évènements, mais suppose un processus d'affectation des tâches garantissant leur cohérence. Cette dépendance est couverte dans le modèle par la relation objectifs (Ob) /activité (EA) et une dépendance indirecte $EA_1 \rightarrow Ob_1$, $EA_2 \rightarrow Ob_2$.

Ces dépendances étudiées par Malone pour répondre aux besoins de coordination confirment la nécessité de prendre en compte les chaînes de dépendances entre construits, que nous aborderons dans la suite de ce chapitre. Le méta-modèle permet ainsi de repérer les dépendances étudiées par Chapron et Malone, et d'autres dépendances potentielles. La Figure 3.13 les présente en les identifiant par le construit source et destination des relations.

Nous pouvons donc considérer les dépendances suivantes en complément de celles étudiées par Chapron et Malone :

de la vue fonctionnelle. Elle est un des outils de l'alignement entre la vue fonctionnelle du modèle et le système informatique.

- ◆ M-OU : Dépendance entre les unités organisationnelles portant notamment les rôles de l'entreprise avec l'ensemble des objets du modèle (pour l'ensemble des vues). Cette affectation d'un « responsable » organisationnel à tout objet est une dépendance essentielle à la structuration d'une action ou d'un projet d'ingénierie. Elle porte l'alignement entre l'organisation et les autres points de vue. Cette notion de responsabilité est essentielle aux construits qui portent l'alignement du point de vue informationnel (EO, Da, Re, BP, EA, Ob).
- ◆ Ca-Re : Dépendance entre les aptitudes utilisées pour caractériser d'un point de vue organisationnel les besoins des processus et activités avec l'affectation de ressources à ces mêmes processus et activités. Cette dépendance porte directement la cohérence entre organisation (gestion des capacités) et processus du point de vue des ressources.
- ◆ Ca-Fe : Dépendance entre les éléments d'aptitudes et les entités fonctionnelles agrégeant des ressources. Cette dépendance permet d'identifier les besoins de compétences des ressources. Elle concerne l'alignement entre ressources et aptitudes nécessaires de l'organisation.
- ◆ PR-Ob : Dépendances entre les pratiques standard définies pour construire les processus et les objectifs de l'entreprise. Cette dépendance est définie au niveau générique et représente un élément de « bonne pratique ». Elle porte sur la cohérence des bonnes pratiques et de leurs efficacité en regard des objectifs qu'elles se proposent d'atteindre. Elle concerne donc l'alignement entre une vue organisationnelle et une vue décisionnelle.

Compte tenu de la diversité des dépendances identifiées à ce niveau générique et de la nécessité de les étudier plus précisément dans leurs instanciations possibles selon les référentiels utilisés, nous approfondirons la suite de nos travaux sur un méta-modèle simplifié limité aux dépendances qui interviennent dans l'alignement entre système informatique, système d'information et organisation, qui portent la cohérence entre intégration informationnelle et organisationnelle (Figure 3.14).

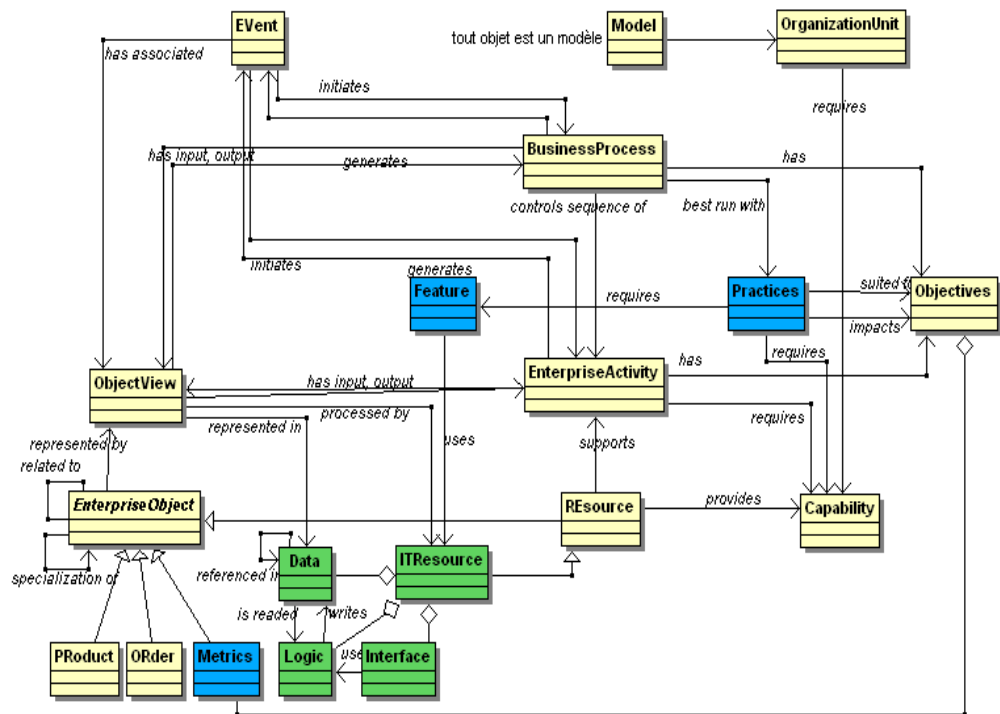


Figure 3.14. Dépendances prises en compte pour l'alignement du S.I.

Nous considérons les dépendances internes à la vue organisationnelle entre aptitude et rôles comme relevant du management. L'alignement entre ces construits n'est pas une problématique d'alignement entre points de vue mais un objectif propre du point de vue organisationnel.

De plus, nous ne considérons pas les relations d'agrégation comme un élément de dépendance mais un enjeu opérationnel pour construire des vues synthétiques d'un problème d'alignement et d'assurer la cohérence entre vue « macro » et vue détaillée. De telles vues agrégées ne peuvent être construites qu'une fois la problématique de l'alignement formalisée à un niveau de granularité donné. Le traitement de graphe de dépendances hiérarchisé ne peut être étudié sans avoir proposé une représentation de graphe mononiveau. De même, nous ne considérerons pas des processus hiérarchisés, bien que la pratique de modélisation conduise le plus souvent à considérer des « macro-processus » et des processus détaillés. Cette facilité de modélisation est elle-même un outil de l'analyse descendante, et de la cohérence des vues agrégées et détaillées. Nous considérons donc que les dépendances peuvent être définies au niveau le plus détaillé, et que l'agrégation permettra de reconstruire ces dépendances d'un point de vue macro. Cela nous

conduit à ne pas considérer les relations d'agrégation entre « Business Process » et de spécialisation d'une « Enterprise Activity » en « Business Process ».

Par contre, les relations entre « Data », « Logic » et « Ressource IT » qui représentent la structuration technique interne des applications ne peuvent être considérées comme les relations d'agrégation précédente. Nous les conservons dans le modèle car elles portent potentiellement les contraintes d'intégrité ou de workflow des progiciels.

Il reste une dépendance particulière qui relie le même construit et n'est pas une agrégation, la relation entre « Enterprise Objects ». Elle représente de nombreuses relations qui traduisent la cohérence de la vue informationnelle et qui permet aux acteurs la « navigation » dans cette vue informationnelle. Une commande client peut par exemple être liée à un devis, puis à une facture. Un produit est lié à ses composants, une opération de gamme à la ressource qu'elle utilise. L'ensemble de ces relations représente dans la vue informationnelle des relations entre les données dans le construit « Data ». Ainsi, dans notre méta-modèle simplifié pour l'étude des dépendances, celles-ci peuvent être considérées de même « niveau » de modélisation, avec la même granularité de construits.

Le méta-modèle partiel ainsi défini sera celui que nous utiliserons dans l'étude du graphe d'intégration dans la suite de ce chapitre. Il nous faut toutefois dans un premier temps identifier la notion de « chaînes de dépendances » qui tient compte de la transitivité des dépendances.

3.2.2 Sous-graphes d'intégration

Les dépendances issues du méta-modèle peuvent être considérées comme « structurelles » en ce qu'elles existent dans tout modèle d'entreprise. Mais elles induisent de fait d'autres dépendances indirectement, parce que des dépendances successives créent des dépendances entre des construits qui ne sont pas liés par une relation, et parce que deux construits étant dépendants du même tiers deviennent de fait dépendant. C'est pourquoi nous allons étudier les « chaînes de dépendances » et les dépendances « indirectes » de notre méta-modèle afin de caractériser le « graphe d'intégration ».

Les dépendances peuvent donc être déduites des relations du méta-modèle par une « chaîne » du graphe de dépendance. Une dépendance entre un processus BP et un objectif Ob, lui même dépendant d'un indicateur Me, lui même associé à une ressource Re constitue une « chaîne de dépendances » qui au final représente une dépendance entre le processus BP et la ressource Re. Cette transitivité des dépendances correspond à l'expérience de l'intégration comme contrainte pour les

acteurs d'un projet ERP. Un exemple représentatif est celui des conflits possibles dans l'usage par différents acteurs d'un projet d'une même donnée à codifier et à gérer dans le système d'information. C'est le cas des données de base du système, données organisationnelles, de classification, de valorisation... qui peuvent être utilisées par de nombreuses fonctions du système et donc par de nombreux acteurs différents. Les règles de gestion d'une telle donnée « multi-usage » doivent être validées par ces acteurs d'une manière cohérente. Une telle dépendance est tout à fait représentative de l'impact de l'intégration informationnelle sur les dépendances organisationnelles.

Nous considérons donc l'ensemble des construits (C) et de leur relation (R) comme un graphe des dépendances $D(C,R)$ dans lequel les construits sont les nœuds et les relations des arcs. Nous l'appellerons le « **graphe d'intégration** » du modèle. Les relations sont « orientées » à l'exception de l'association entre « Enterprise Objects » qui peut cependant être considérée comme orientée avec un objet source de la relation comme pour une relation « composée de » qui correspondra à une relation inverse « est composée de ». Cependant, une relation « orientée » représente une dépendance aussi bien dans le sens « orienté » que dans le sens inverse. Nous pouvons donc considérer le graphe de dépendances comme un graphe non orienté ou considérer le graphe orienté dans le sens des relations et le graphe inverse. Nous verrons que l'existence structurelle de cycles dans le graphe orienté nous conduit à privilégier le graphe non orienté.

Les caractéristiques du graphe non orienté sont représentatives de la complexité de l'intégration. La **diamètre**, défini comme le plus long des plus court chemins entre deux sommets est représentatif du couplage global du modèle. Le **degré** du graphe, défini comme le plus grand degré de ces sommets, permet d'identifier l'homogénéité de l'intégration ou au contraire l'existence de points particulièrement structurant.

Le graphe de dépendances peut être étudié au niveau conceptuel à partir des relations possibles entre construits de notre méta-modèle. Mais il prend une autre dimension comme graphe de dépendance des instances d'un modèle d'entreprise donné. Nous considérons cependant que l'étude du graphe conceptuel est une première étape pour permettre l'étude opérationnelle d'un graphe réel. En effet, un cycle au niveau des instances correspond nécessairement à un cycle au niveau conceptuel. De même, on peut noter qu'un tel graphe ne sera pas planaire. Le théorème d'Euler qui relie le nombre de sommets, d'arêtes et de faces d'un graphe définit un nombre d'arêtes maximum pour un graphe planaire. Si n est le nombre de sommets, a , le nombre d'arêtes alors si $(3 \times n - 6 > a)$, les graphes que nous avons étudié ne sont jamais planaires. On peut vérifier que c'est le cas pour notre graphe au niveau du méta-modèle. Cette caractéristique vient confirmer la nécessité des

points de vue de modélisation qui permettent de donner des vues partielles plus facilement représentable.

Dans la suite, nous désignons par C,D,E... un construit quelconque quand il n'est pas nécessaire d'utiliser la codification du méta-modèle pour évoquer un construit particulier. Nous notons d'autres part C_i une instance quelconque du construit C (BP_i une instance de « Business Process », autrement dit un Business Process particulier).

L'exemple déjà cité des dépendances aux données de base conduit à s'intéresser aux « chaînes » reliant le construit « Organizational Unit » au construit « Data ». Une chaîne entre ces deux construits peut suivre les dépendances $Da \rightarrow OV$, qui relie données de la base de donnée et vue d'objet, puis $OV \rightarrow EA$, qui identifie les activités concernés, puis $EA \rightarrow BP$ qui trouve les processus impliqués et enfin $BP \rightarrow OU$ pour rejoindre le « rôle » organisationnel concerné. Une telle chaîne repose principalement sur la vue « fonctionnelle » comme lien entre la vue organisationnelle et informationnelle. Mais il existe d'autres chaînes possibles, par exemple en utilisant le construit « Event » qui analyse la même dépendance à partir de la dynamique de la vue fonctionnelle. Elle peut aussi être étudiée à partir du lien de support des ressources aux activités d'entreprise en identifiant les « Ressources IT » concernées, y compris en tenant compte des contraintes informatiques (Data-Logic-Ressource IT) puis la relation $RIT \rightarrow EA$, et enfin $EA \rightarrow OU$. Cette dépendance apporte une vue plus opérationnelle utilisant le construit définissant les activités comme support de la dépendance entre les données et les rôles. La Figure 3.15 présente les différentes chaînes entre ces deux construits.

Cependant, il s'agit des chemins « utiles », car de nombreux chemins plus long existent. En considérant le graphe non orienté et tenant compte que le graphe est connexe, on peut joindre tout sommet en parcourant tout le graphe. Il nous faut donc caractériser les chemins « utiles » et tenir compte des « cycles » possibles du graphe orienté.

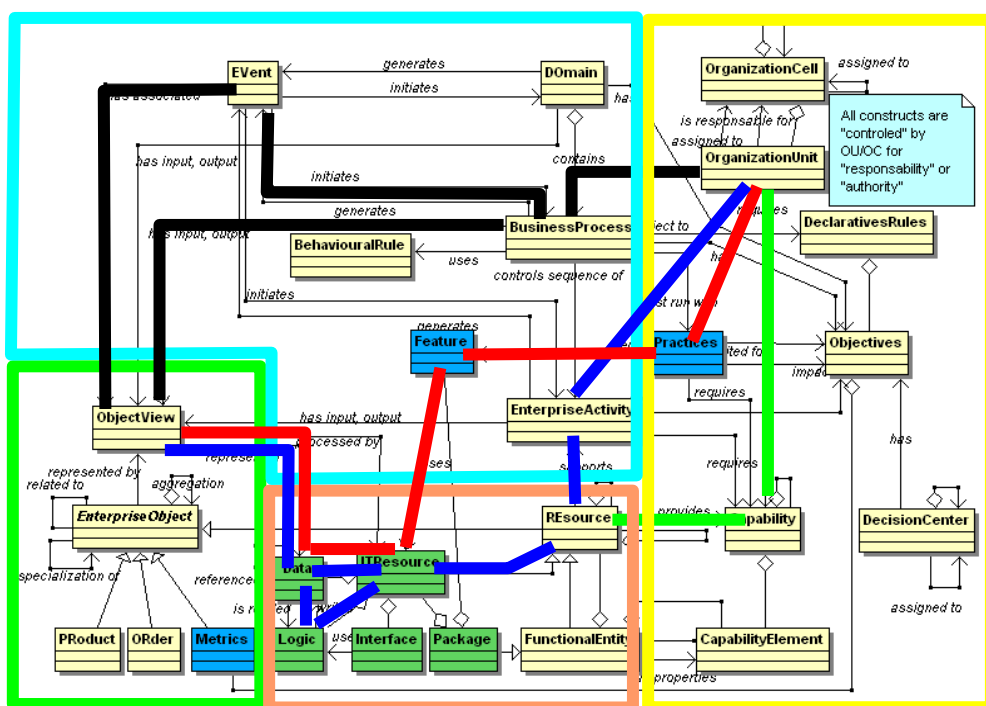


Figure 3.15. les chaînes de dépendances entre Data et Organizational Unit

Pour étudier les cycles, nous prenons la matrice d'adjacences du graphe. Pour un graphe $D(C,R)$, cette matrice est la matrice $M_{i,j}$ où i et j sont des sommets du graphe et $M_{i,j} = 1$ si une arête existe entre i et j . Cette matrice permet en étudiant ses puissances de connaître le nombre de chaînes possibles entre deux sommets du graphe. Plus précisément, pour une matrice d'adjacence $M(D)$ du graphe $D(C,R)$, si on note $M^n_{i,j}$ la position de ligne i et de colonne j de la matrice M à la puissance n , $M^n_{i,j}$ est le nombre de chemins de longueur n reliant les sommets i et j . Pour un graphe orienté sans cycle de longueur n , la matrice d'adjacence à la puissance n a une diagonale nulle ($M^n_{i,i} = 0$, pour tout i , n). La matrice du graphe orienté conceptuel de la Figure 3.14 est présentée dans le Tableau 3.8 avec en ligne et colonne les construits du méta-modèle d'intégration.

La coloration permet de noter des caractéristiques particulières :

- ◆ La colonne (resp ligne) « somme » contient le nombre de sommet aval (resp amont). Le total est le degré d'un sommet. Ainsi, le construit OV a 4 dépendances dont il est l'origine et 5 dont il est destination, son degré en tant que sommet du graphe est de 9.
- ◆ Une relation réflexive sur un seul construit est notée en rouge. Elle représente un cycle structurel de l'intégration. Les cellules des relations hiérarchiques qui ne sont pas prises en compte dans le modèle simplifié sont surlignées en orange.

- ◆ Les autres cycles directs correspondent à des symétries et sont notées en bleu clair. Ils reposent principalement sur les relations des construits « Event » et « Object View » qui relève d'une logique temporelle. Un événement déclenche une activité qui génère un autre événement. Un objet est consommé par une activité qui en produit un autre. Ces cycles n'existent pas au niveau opérationnel où les activités sont alors successives. La dépendance au niveau opérationnel intervient bien de manière chronologique comme toutes les activités humaines.
- ◆ D'autres cycles que ceux portés par les dépendances temporelles existent, liés notamment aux relations réflexives de la vue informationnelle sur les construits « Enterprise Object », « Data » et « Logic » . Ils sont aussi liés aux construits issus du rapprochement avec le modèle SCOR, rapprochement qui porte justement une intégration plus forte et complémentaire au méta-modèle 19440.
- ◆ Enfin, certains construits n'interviennent pas dans l'existence de cycles car ils ne portent que des relations entrantes ou sortantes. Ils sont pour toute chaîne un début ou une fin. Dans un graphe, ils constituent des sources, notées en vert dans

→	Event	Bus. Process	Ent. Activity	Ressource	Capability	Ent. Object	Object View	Product	Order	Org. Unit	Objective	Metrics	Feature	Practices	Data	ITResource	Logic	Interface	Somme	
Event		1	1				1													3
Bus. Process	1		1				1				1			1						5
Ent. Activity	1				1	1	1				1									4
Ressource			1		1	1														3
Capability																				P
Ent. Object							1													1
Object View		1	1												1	1				4
Product						1														1
Order						1														1
Org. Unit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Objective												1								1
Metrics						1														1
Feature																1				1
Practices					1						1	2								4
Data															1	1	1			3
ITResource				1																1
Logic															1	1		1		2
Interface																1	1			2
Somme	3	3	5	2	4	5	5	1	1	S	4	4	1	2	4	6	3	1		
Degré	6	8	9	5	4	6	9	2	2	17	5	5	2	6	7	7	5	3		17

Tableau 3.8: Matrice d'adjacence du graphe de dépendances

le tableau (Organizational Unit) et des puits notés en bleu dans le tableau (Capability, Objective).

Ces caractéristiques du graphe du méta-modèle ne permettent pas d'identifier toutes celles d'un graphe au niveau des instances d'un modèle particulier. L'existence de cycles au niveau du méta-modèle n'implique pas nécessairement leur existence au niveau du modèle d'entreprise. Mais c'est le cas par exemple du cycle « $BP_i \rightarrow Pr_j \rightarrow Ob_k \rightarrow BP_i$ ». En effet, dans un modèle cohérent, les pratiques conseillées d'un processus sont efficaces pour des objectifs auxquels le processus doit contribuer. Le cycle apparent au niveau conceptuel sera bien traduit par des cycles au niveau instancié. De nombreux cycles sont ainsi dus à la cohérence nécessaire de l'intégration entre les différents points de vue. Par exemple, deux activités liées par un événement utilisent des ressources informatiques qui s'appuient souvent sur la même application qui transforme l'objet informationnel dont le changement de statut traduit l'évènement. Les transactions applicatives correspondantes aux deux activités sont le plus souvent dépendantes par les données communes qu'elles manipulent. Ainsi la structure en parallèle « $EA_i \rightarrow Ev_j \rightarrow EA_j$ » au niveau fonctionnel et « $ITR_k \rightarrow Da_l \rightarrow ITR_m$ » au niveau informatique crée naturellement un cycle puisque les ressources informatiques supportent les activités. On a une chaîne « $ITR_m \rightarrow EA_i \rightarrow Ev_j \rightarrow EA_i \rightarrow ITR_k \rightarrow Da_l \rightarrow ITR_m$ ».

C'est pourquoi l'utilisation de graphe orienté ne produit pas aisément une mesure de l'intégration. Plutôt qu'une approche cherchant à mesurer un « flux » d'intégration dans un graphe orienté, nous chercherons donc plutôt une « structure » liée aux chaînes possibles dans le graphe en cherchant à identifier des sous-graphes particuliers pertinents pour l'étude de l'intégration en tenant compte des problématiques ERP connues. La dimension de ces sous-graphes ne pouvant être borné a priori, il faut pouvoir les « limiter » de manière réaliste en considérant que la contrainte d'intégration ne se propage pas indéfiniment. Nous proposons de considérer que la dépendance « s'affaiblit » par transitivité. Cela correspond à une réalité par exemple dans une relation « client-fournisseur ». S'il est vrai qu'un acteur est dépendant de son fournisseur, donc du fournisseur de son fournisseur, le but de toute organisation est de gérer les conséquences d'un aléa. Plus cet aléa est « loin » dans la chaîne logistique, plus son impact sera déjà pris en compte par les acteurs intermédiaires. De même, il est clair qu'un paramètre de stock d'un composant de bas niveau est une donnée qui pèse indirectement sur l'activité de vente d'un produit fini, dans la mesure où ce paramètre influe sur la disponibilité du composant qui peut être un critère de disponibilité du produit fini. Cependant, si plusieurs étapes de production sont nécessaires, l'impact sera naturellement limité par les stocks intermédiaires, marges, délais. Traduit dans le graphe de dépendances de notre modèle, il est clair que le chemin de dépendances qui mène du paramètre de stock du composant au processus de vente d'un produit fini est d'autant plus long que la

structure technique du produit produira de nombreux intermédiaires entre le composant et le produit fini.

Nous appelons « **sous-graphe d'intégration de longueur n** » des instances de construits C_i et D_j l'ensemble des chaînes existantes de longueur inférieure à n entre ces deux instances, et nous le noterons $GI_n(C_i, D_j)$. Nous utilisons aussi des sous-graphes liant une instance C_i et l'ensemble des instances d'un construit D et nous le noterons $GI(C_i \rightarrow D)$. Dans l'exemple des relations entre données et rôles organisationnels, le sous-graphe $GI(DA_i \rightarrow OU)$ liste l'ensemble des rôles organisationnels concernés par une même donnée du système.

La longueur maximum d'un sous-graphe d'intégration devient un paramètre du cadre d'étude de l'intégration. Nous savons qu'un graphe se caractérise par un diamètre qui est la longueur maximum du plus court chemin entre deux sommets. Ce diamètre nous indique ainsi une borne pertinente pour considérer une chaîne. Nous verrons dans l'étude précise que c'est le rayon du graphe, plus grand des plus court chemins issus d'un centre du graphe qui constitue le paramètre le plus discriminant pour nous. Chaque sous-graphe représente un point de vue de l'intégration et décrit un ensemble de contraintes sur l'objet C_i du point de vue du construit D . Il permet de définir pour D une comparaison entre les instances D_j selon leur proximité avec l'objet C_i .

Les exemples ci-dessous éclairent comment des sous-graphes d'intégration illustrent des problématiques connues des projets de type ERP. Les chemins listés sont les chemins les plus utiles, mais bien entendu, d'autres chemins, notamment avec boucles, peuvent exister. Nous notons entre parenthèse des étapes optionnelles d'un chemin pour en limiter le nombre.

♦ $GI_n(Da_i, OU)$: Quels sont les acteurs concernés par une même donnée DA_i du système ? Ce sous-graphe correspond à différents chemins possibles (voir Figure 3.15) :

- ➔ $Da \rightarrow (Lo \rightarrow) \rightarrow ITR \rightarrow Fea \rightarrow Pr \rightarrow OU,$
- ➔ $Da \rightarrow (Lo \rightarrow) \rightarrow ITR \rightarrow Re \rightarrow EA \rightarrow OU,$
- ➔ $Da \rightarrow (Lo \rightarrow) \rightarrow ITR \rightarrow Re \rightarrow Ca \rightarrow OU,$
- ➔ $Da \rightarrow OV \rightarrow BP \rightarrow OU,$
- ➔ $Da \rightarrow OV \rightarrow Ev \rightarrow BP \rightarrow OU,$

♦ $GI_n(DA, OU_i)$: Quelles sont les données pertinentes à la maîtrise du contexte d'une activité Ea_j par un acteur OU_i ? Cette problématique de l'intégration dans un projet conduit à rechercher toutes les données qui interviennent dans des composants informatiques qui sont mobilisés par des activités amont de l'activité étudiée. Elle est en quelque sorte un graphe « symétrique » du précédent qui fixe

le point de vue organisationnel. Les dépendances possibles sont les mêmes que pour le sous-graphe $GI(Da_i, OU)$.

- ♦ $GI_n(RIT_i, Ob)$: Quels sont les objectifs de l'entreprise qui peuvent aider à une prise de décision dans le paramétrage d'un composant logiciel ? Cette problématique classique de la mise en œuvre d'un ERP correspond aux différentes chaînes entre une « Ressource IT » et un « Objective » :

 - $RIT \rightarrow Re \rightarrow EA \rightarrow Ob$,
 - $RIT \rightarrow Re \rightarrow EA \rightarrow BP \rightarrow Ob$,
 - $RIT \rightarrow Fea \rightarrow PR \rightarrow Ob$,
 - $RIT \rightarrow Da \rightarrow OV \rightarrow Me \rightarrow Ob$ (chemin permettant de prendre en compte d'éventuelles dépendances informatiques non modélisées dans les activités et processus)
- ♦ $GI_n(OV, Ca_i)$: Quels sont les connaissances informationnelles nécessaires à la maîtrise d'une aptitude ? Ce sous-graphe contient les chemins suivants :

 - $OV \rightarrow EA (\rightarrow BP \rightarrow EA) \rightarrow Ca$,
 - $OV \rightarrow EA \rightarrow Re \rightarrow Ca$,
 - $OV \rightarrow Ev \rightarrow EA \rightarrow Re \rightarrow Ca$,
 - $OV \rightarrow Da \rightarrow ITR \rightarrow Fea \rightarrow Pr \rightarrow Ca$,
- ♦ $GI_n(RIT, BP_i)$: Quelle contribution des applications informatiques aux processus d'entreprise ? Ce sous-graphe semble relativement simple puisqu'il repose presque directement sur les relations de support qui lient ressources et activités d'un processus. Il est cependant utile pour montrer que les différents chemins possibles d'un sous-graphe illustrent différents aspects d'une dépendance :

 - $RIT \rightarrow Re \rightarrow EA (\rightarrow BP \rightarrow EA) \rightarrow BP$, (chemin « naturel » du modèle)
 - $RIT \rightarrow Re \rightarrow EA \rightarrow Re \rightarrow BP$, (permet de s'interroger sur une contribution indirecte du S.I. qui vient paramétrer dans une activité une ressource utilisée par un autre processus.
 - $RIT \rightarrow Ev \rightarrow EA \rightarrow Re \rightarrow Ca$, (intègre une dépendance temporelle, une application supporte une transaction, mais elle est aussi dépendante de ce qui se passe en amont et en aval)
 - $RIT \rightarrow (Da \rightarrow RIT) \rightarrow EA (\rightarrow BP \rightarrow EA)$, l'application est liée par des données à d'autres applications qui elles-mêmes interviennent dans des activités support d'autres processus. La dépendance temporelle est sans doute devenue une dépendance à travers des interfaces
 - $RIT \rightarrow Fea \rightarrow Pr \rightarrow BP$, indépendamment de la définition réelle des processus en activité, l'application est associée à des fonctionnalités qui représentent les services qu'elle peut rendre et qui sont associés à des pratiques elles-mêmes conseillées pour certains processus. Cette dépendance est donc celle des « bonnes pratiques » qu'on peut comparer aux dépendances réelles passant par les activités.

Cette liste de sous-graphes d'intégration n'est pas exhaustive. Elle représente cependant une traduction dans le modèle d'intégration des principales problématiques rencontrées dans les projets ERP. Elle constitue une approche de la notion « d'alignement » dont nous proposerons une définition dans le chapitre 3.3. Ainsi, si le modèle contient une relation de « responsabilité » des « Organizational Unit » sur les autres objets, les sous-graphes liant ces mêmes OU permettent de juger de la « transversalité » de cette responsabilité. Si une OU est fortement dépendante d'un grand nombre d'objets sur lesquels, elle n'exerce pas de responsabilité, on pourra considérer que l'alignement stratégique entre les différents points de vue et l'organisation est mis en cause.

3.2.3 Définition de mesures de l'intégration

Les dépendances et chaînes de dépendances permettent d'obtenir un premier ensemble de dépendances portées par des relations du modèle. Cependant elles ne suffisent pas à expliciter l'ensemble des contraintes que représente l'intégration. C'est ce que ressentent les acteurs d'un projet ERP confrontés au constat que des décisions jugées à priori indépendantes se retrouvent de fait dépendantes, notamment parce qu'elles concernent une donnée de base du système ERP qui n'avait pas été identifiée comme significative dans chacun des processus, alors qu'elle les impacte de fait, notamment en cas de non gestion de cette donnée. L'ERP « masque » sa complexité derrière des transactions que l'ergonomie cherche à simplifier pour l'utilisateur et derrière des processus qui se concentrent sur l'ajout de valeur en considérant que les fonctions de support sont maîtrisées et cohérentes dans l'ensemble de l'entreprise. En quelque sorte l'acteur est supposé concentré sur l'étape du processus dans lequel il agit sans que l'efficacité et la qualité des actions amont ne puissent interférer dans sa propre efficacité.

Ainsi une dépendance directe entre un processus BP_1 et un événement Ev_1 , créent une dépendance indirecte entre les processus BP_1 et BP_2 s'il déclenche le même événement Ev_1 . Une telle dépendance traduit une contrainte potentielle de coopération entre les deux processus. Les sous-graphes d'intégration permettent de prendre en compte ces dépendances indirectes entre construits qui jouent un rôle important. Reprenons l'exemple de la chaîne de dépendance reposant sur l'usage d'une donnée par des activités d'entreprise. De fait, l'utilisateur, une fois formé à l'utilisation des transactions support des activités dont il a la charge, peut relativement facilement connaître les données qui lui sont nécessaires. Mais il ne voit pas naturellement par qui d'autres ces mêmes données sont utilisées.

L'exemple de la Figure 3.16 illustre cet enjeu des dépendances indirectes à partir de trois types de construits (P pouvant être un processus, R pouvant être une ressource de type transaction informatique, et D pouvant être une donnée). La partie gauche du schéma permet de constater que si on en reste à la dépendance processus/ressource, les processus P1 et P4 sont indépendants.

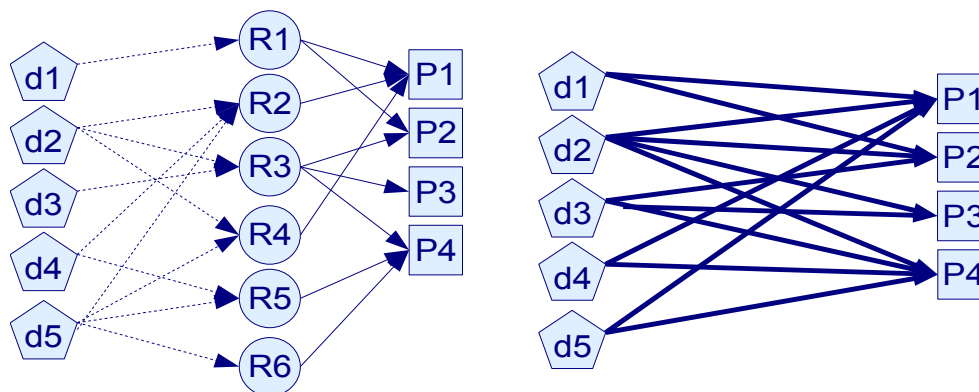


Figure 3.16: Dépendances Indirectes

Cependant, si la qualité et la connaissance des données amont est cruciale pour ces processus, alors on peut constater que la relation indirecte données/processus fait au contraire des processus P1 et P4 les processus les plus dépendants par le nombre de données amont qui leur sont nécessaires ou qu'ils ont en commun.

Il nous faut donc définir plus précisément comment deux objets sont dépendants indirectement, car ils sont en relation avec les mêmes objets à travers le graphe alors qu'aucune relation directe ne les lie. Pour cela, nous allons considérer les sous-graphes d'intégration qui relient ces construits au reste du graphe en considérant les différents points de vue de modélisation. Ces sous-graphes représentent le contenu de l'intégration qui concerne ce construit. **Nous considérons que deux construits C_i et C_j sont proches, c'est à dire relient beaucoup d'objets identiques.** Plus précisément, nous désignons comme graphe d'intégration d'un objet C_i l'union des sous-graphes d'intégration $GI_n(X, C_i)$ pour tout construit X . Nous notons $GI_n(C_i)$ le graphe complet qui contient la totalité des contraintes d'intégration pertinentes portant sur l'objet C_i . Nous pouvons alors comparer les construits C_i et C_j en comparant leur graphe d'intégration. La Figure 3.17 montre deux graphes d'intégration $GI(s1)$ et $GI(s2)$ dans un graphe global. Nous considérerons l'intersection des deux sous-graphes que nous appellerons le « **couplage** » des deux objets, leur différence au sens ensembliste que nous appellerons la

« **dissimilarité** », et enfin le poids relatif de la dissimilarité dans la taille cumulée des deux graphes qui mesure de manière plus précise une mesure normée. Cette « **dissimilarité relative** » mesure la proximité entre les sommets quelque soit leur degré. Dans le cas de deux sous-graphes d'intégration disjoint, le couplage est nul, et la dissimilarité relative sera alors toujours égale à 1 quelque soit la taille des sous-graphes.

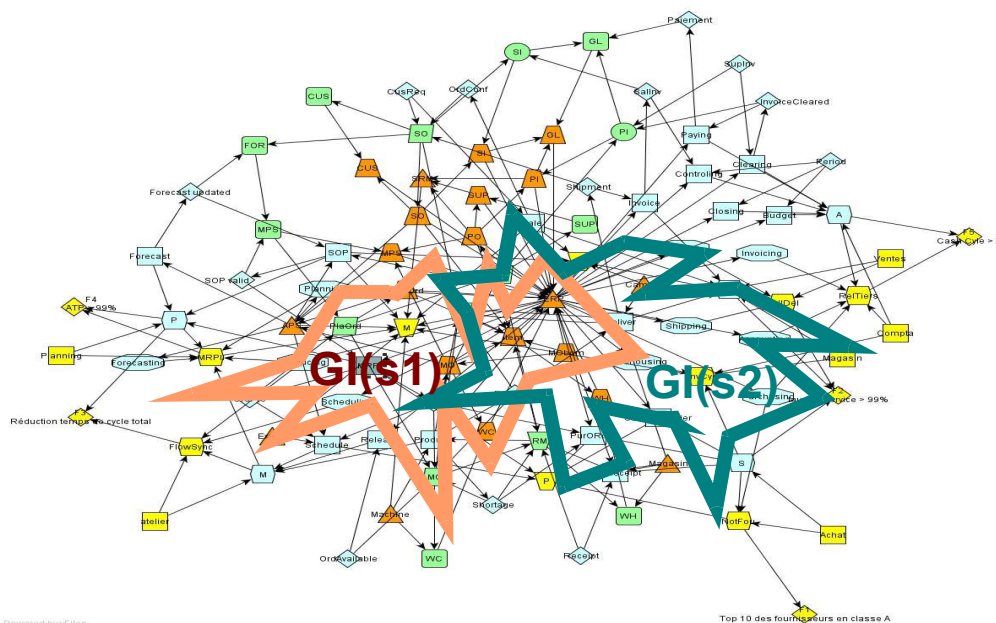


Figure 3.17 couplage et dissimilarité de graphes d'intégration

Plus précisément, nous définissons le couplage $c_n(C_i, C_j)$ par :

$$c_n(C_i, C_j) = | GI_n(C_i) \cap GI_n(C_j) |$$

et la dissimilarité $d_n(C_i, C_j)$ par :

$$d_n(C_i, C_j) = | GI_n(C_i) - GI_n(C_j) | + | GI_n(C_j) - GI_n(C_i) |$$

Ces mesures de couplage et dissimilarité « absolue » peuvent être normées en les rapportant à la taille du graphe d'intégration avec le couplage relatif (inversé pour être une dissimilarité) :

$$cr_n(C_i, C_j) = 1 - c_n(C_i, C_j) / (c_n(C_i, C_j) + d_n(C_i, C_j))$$

et la dissimilarité relative par :

$$dr_n(C_i, C_j) = d_n(C_i, C_j) / (c_n(C_i, C_j) + d_n(C_i, C_j))$$

La dissimilarité est une distance au sens mathématique et on peut vérifier les relations suivantes :

$$d_n(d_n(C_i, C_k) \leq d_n(C_i, C_j) + d_n(C_j, C_k))$$

$$d_n(C_i, C_i) = 0$$

$$d_n(C_i, C_j) = d_n(C_j, C_i)$$

Les autres mesures proposées sont des métriques pour lesquelles des cas de non vérification de l'inégalité triangulaire sont faciles à construire. Il faut noter que cette définition peut être généralisée à deux objets quelconque. On peut donc parler de $d_n(C_i, D_j)$ et $dr_n(C_i, D_j)$ quelque soit le type de construit de C et D. Nous présentons les algorithmes de calcul dans la section 3.4.

Ces définitions sont sensibles au paramètre de longueur maximum utilisé. Pour une valeur très faible, les graphes d'intégration sont de petite taille et la plupart des objets seront relativement éloignés. A l'inverse, si la valeur est proche du diamètre du graphe, les graphes d'intégration seront de grande taille et se recouvriront fortement. A l'extrême, avec une valeur égale au diamètre, tout graphe d'intégration est égal au graphe total et les dissimilarités sont alors nulles. La Figure 3.18 présente ainsi l'efficacité relative des dissimilarités selon la longueur max dans des matrices de dissimilarité d'un graphe exemple de 15 sommets et de diamètre 5 que nous notons E15 et qui est présenté dans la Figure 3.19 du chapitre 3.4.

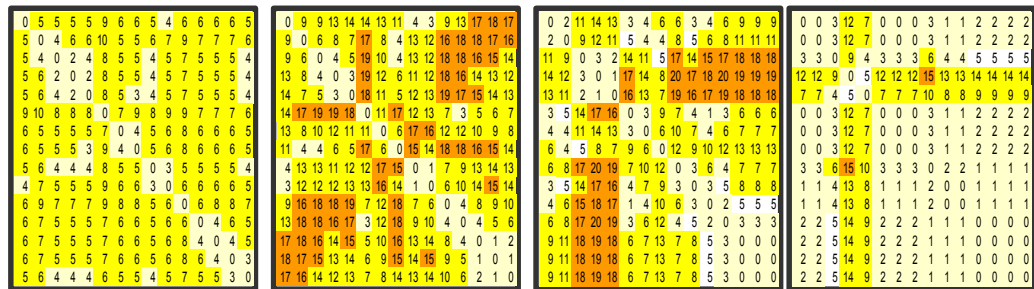


Figure 3.18 matrice des dissimilarités selon la longueur d'intégration

Les couleurs différencient les objets proches (en clair), ou lointains (en orange foncé ou gris foncé). Les données sont résumées dans le Tableau 3.9. Les longueurs 2 et 3 sont les plus pertinentes, ce qui correspond au rayon du graphe.

Dissimilarité	Max = 1	Max = 2	Max = 3	Max = 4
proches	51	41	65	163
neutres	174	124	116	60
lointains	0	60	44	2

Tableau 3.9 : répartition des dissimilarités selon la longueur d'intégration

Nous avons comparé les différentes mesures possibles (couplage, dissimilarité, couplage relatif, dissimilarité relative) du point de vue des

conséquences sur les lites ordonnées de construit qu'elles permettent de réaliser. La position des objets dans une liste ordonnée par les différentes mesures est relativement stable (moins de 10% de la taille du graphe dans les cas étudiés). Cependant les écarts sont dépendants de la position de l'objet dans le graphe. L'objet centre est par exemple très homogène dans toutes les mesures car son graphe d'intégration recouvre le graphe total, alors que des objets faiblement couplé sont positionnées différemment par le couplage et la dissimilarité. On peut cependant considérer ces mesures comme équivalentes. **Nous utiliserons le couplage comme mesure de similarité et la dissimilarité relative que nous appellerons par la suite par commodité « distance »**, tenant compte que les analyses suivantes restent valables avec d'autres définitions de distance comme le classique « plus court chemin » dans le graphe. Nous étudierons la complexité du calcul correspondant dans le chapitre 3.4 afin de proposer une démarche capable de traiter des modèles de taille réelle. Cette distance d'intégration dans un modèle d'entreprise va devenir un outil d'analyse dont nous allons proposer des utilisations possibles, le « partitionnement » d'un ensemble de construit, et le « voisinage d'intégration » d'un construit que nous allons étudier dans les sections suivantes.

3.2.4 Partitionnement d'un graphe d'intégration

Muni de la distance ainsi définie, nous pouvons utiliser les techniques de partitionnement évoquées dans l'état de l'art pour proposer des « partitions » de construits donnant un autre point de vue sur l'intégration, révélant des conséquences structurelles, notamment sur l'organisation. Des objets du modèle fortement dépendants devraient être « associés » dans les unités organisationnelles qui en assument la responsabilité. La possibilité de visualiser la proximité de deux processus, deux objets d'entreprise, deux ressources, du point de vue de l'intégration, doit donc être outillée dans notre cadre d'étude. Ce sera le but des « partitions de construits ». **Une partition de construits est une carte qui présente les objets d'un construit donné en les regroupant de manière à faire apparaître une « partition » de l'ensemble de ces objets à partir de la distance calculée entre eux.** Cette carte est construite pour que le positionnement relatif de chaque construit par rapport aux autres soit significatif de sa distance aux autres.

Pour illustrer ces partitions de construits et leur pertinence pour comparer l'intégration avec les structures hiérarchiques définies indépendamment, nous prenons l'exemple d'un graphe liant 15 instances de construits regroupés dans 4 structures (par exemple des domaines métiers). Il s'agit du cas E15 présentés dans le chapitre 3.4.

La Figure 3.19 présente en haut le graphe avec les objets classés en groupes prédéfinis et les dépendances entre ces objets. La partie basse présente une structuration possible obtenue par un algorithme de force qui repositionne les objets à partir de leur distance et fait apparaître une partition potentielle différente. Pour vérifier la réalité de ce partitionnement, nous prenons des graphes de longueur 2 comme graphes d'intégration pour définir la distance entre construits et nous utilisons un algorithme de classification ascendante hiérarchique.

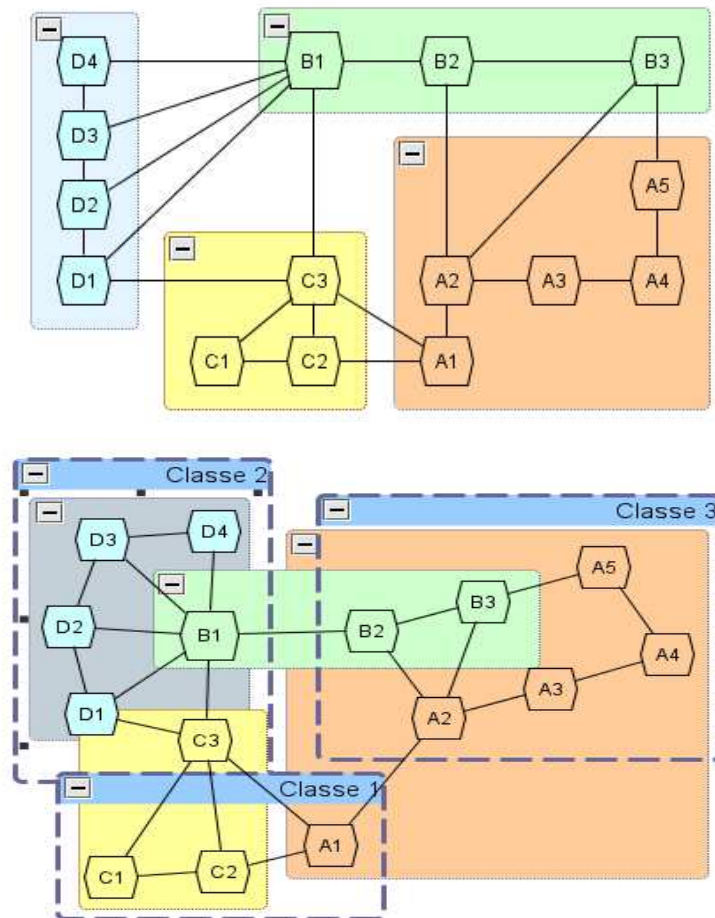


Figure 3.19. modèle conçu et modèle placé avec partitions de construits

Les distances présentées dans le Tableau 3.11 permettent d'appliquer à l'ensemble des 15 construits un partitionnement par analyse ascendante hiérarchique. Le résultat identifie 3 classes et confirme la pertinence du

partitionnement rendu visible par l'algorithme de force. Les classes sont rendues visibles dans la Figure 3.19 par les traits en tirets.

- ◆ la classe 1 contient les objets C1,C2,A1
- ◆ la classe 2 les objets A2,A3,A4,B2,B3
- ◆ la classe 3 les objets B1,C3,D1,D2,D3,D4.

Les caractéristiques du partitionnement sont notées dans le Tableau 3.10 :

Classe	1	2	3
Variance intra-classe	51,000	130,767	116,400
Distance minimale au barycentre	2,828	5,904	6,583
Distance moyenne au barycentre	5,444	9,575	9,387
Distance maximale au barycentre	7,937	18,552	15,470

Tableau 3.10 : Classification ascendante hiérarchique (variance totale: 487, 933)

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4
A1	0	9	9	13	14	14	13	11	4	3	9	13	17	18	17
A2	9	0	6	8	7	17	8	4	13	12	16	18	18	17	16
A3	9	6	0	4	5	19	10	4	13	12	18	18	16	15	14
A4	13	8	4	0	3	19	12	6	11	12	18	16	14	13	12
A5	14	7	5	3	0	18	11	5	12	13	19	17	15	14	13
B1	14	17	19	19	18	0	11	17	12	13	7	3	5	6	7
B2	13	8	10	12	11	11	0	6	17	16	12	12	10	9	8
B3	11	4	4	6	5	17	6	0	15	14	18	18	16	15	14
C1	4	13	13	11	12	12	17	15	0	1	7	9	13	14	13
C2	3	12	12	12	13	13	16	14	1	0	6	10	14	15	14
C3	9	16	18	18	19	7	12	18	7	6	0	4	8	9	10
D1	13	18	18	16	17	3	12	18	9	10	4	0	4	5	6
D2	17	18	16	14	15	5	10	16	13	14	8	4	0	1	2
D3	18	17	15	13	14	6	9	15	14	15	9	5	1	0	1
D4	17	16	14	12	13	7	8	14	13	14	10	6	2	1	0

Tableau 3.11: dissimilarité de longueur d'intégration 2 pour le graphe E15

Dans cet exemple simple, la classification avec la dissimilarité et la dissimilarité relative donne le même résultat.

3.2.5 Couplage et voisinage d'intégration

La notion de couplage qui est complémentaire à la dissimilarité nous paraît très pertinente dans un contexte où un modèle d'entreprise existe déjà et où le travail de modélisation doit tenir compte des contraintes d'intégration qui ne sont pas directement visibles dans les relations. Ainsi, un acteur de projet travaillant sur

un modèle organisationnel aura du mal à tenir compte d'un point de vue informationnel qui n'apparaît pas directement dans son modèle. De manière générale, le travail de modélisation est toujours un travail partiel, ou le modélisateur se concentre sur un point de vue et un périmètre particulier. L'architecture générale du modèle, le passage du générique au particulier et sa connaissance générale du domaine l'aide à garantir la cohérence de son travail avec les autres acteurs. Cependant, la complexité de l'intégration rend difficile la connaissance et la prise en compte de l'ensemble des contraintes qui pèsent sur un objet d'un modèle, contraintes qui sont justement hétérogènes en termes de métiers, de techniques, qui peuvent être des contraintes indirectes traduites par des chaînes d'une longueur qui interdit de les représenter dans un graphe visible au modélisateur.

Nous proposons donc de représenter de manière synthétique l'ensemble de ces contraintes d'intégration en les hiérarchisant à partir de cette notion de couplage pour représenter une liste des voisinages par point de vue, quelque soit la position des objets concernés dans le modèle global. Plus précisément, pour un objet C_i nous définissons **un voisinage d'intégration de couplage n pour un point de vue donné comme l'ensemble des objets de ce point de vue dont le couplage avec l'objet est supérieur à n** . Ainsi, nous définissons un voisinage informationnel noté $VI_n(C_i)$, un voisinage fonctionnel noté $VF_n(C_i)$, un voisinage ressources noté $VR_n(C_i)$ et un voisinage organisationnel noté $VO_n(C_i)$. On peut écrire :

$$V I_n(C_i) = \{ C_j, C_j \text{ informationnel, couplage}(C_i, C_j) \geq n \}$$

$$V F_n(C_i) = \{ C_j, C_j \text{ fonctionnel, couplage}(C_i, C_j) \geq n \}$$

$$V R_n(C_i) = \{ C_j, C_j \text{ ressources, couplage}(C_i, C_j) \geq n \}$$

$$V O_n(C_i) = \{ C_j, C_j \text{ organisationnel, couplage}(C_i, C_j) \geq n \}$$

Par extension, nous parlerons **du voisinage d'un objet comme la réunion des voisinages par point de vue** :

$$V_n(C_i) = \{ C_j, \text{couplage}(C_i, C_j) \geq n \}$$

Comme pour la longueur d'intégration, le paramètre n est borné, dans ce cas par le diamètre du graphe. Cependant, contrairement à la longueur d'intégration pour laquelle une valeur proche du rayon du graphe semble pertinente, il n'existe pas a priori pas de longueur générale particulière qui permettrait de figer cette notion de voisinage. En effet un objet fortement utilisé comme l'application ERP en relation avec de très nombreux processus et données, ou une donnée de base du système comme un magasin, pourra être très fortement couplé à de nombreux autres objets. Un couplage de longueur faible conduira à considérer dans le voisinage de cet objet la presque totalité du graphe. A l'opposé, pour un objet faiblement connecté, ce sera l'inverse. Nous considérons donc que c'est l'acteur de la modélisation qui choisit d'interroger cette notion de couplage selon l'objet considéré

et l'objectif recherché avec une « profondeur » de voisinage adaptée au contexte et au construit étudié. C'est pourquoi nous proposons une représentation de ce voisinage intégrant une variable destinée à représenter et agir sur ce paramètre du voisinage d'intégration.

Cette notion de voisinage peut être illustrée dans l'exemple du graphe E15 présenté précédemment avec un couplage défini cette fois pour une longueur d'intégration de 3. A partir des couplages, on obtient comme premier voisinage du construit A1, a une longueur de couplage supérieur à 18 les objets A2, B1, B2 et C3. On peut représenter un tableau des voisinages de A1 pour différentes longueurs discriminantes dans ce cas (18,15 et 9) qui répartissent le graphe en trois voisinages successifs, présentés par couplages décroissants :

Construit A1	Couplage > 18	Couplage > 13	Couplage > 9
Voisins de type A	A2		A3
Voisins de type B	B1,B2	B3	
Voisins de type C	C3	C1,C2	
Voisins de type D		D1	D2,D3,D4

Tableau 3.12 : Voisinages dans le cas E15

La matrice des couplages, calculée pour une longueur d'intégration de 3, permettant de construire ces voisinages est présentée dans le Tableau 3.13.

Un acteur de modélisation peut avec ce type de représentation de voisinage par point de vue, prioriser son travail d'étude, de comparaison, afin de mieux tenir compte de l'ensemble de la sémantique existante dans le modèle. La Figure 3.20 illustre la pertinence de cette notion de voisinage basé sur le couplage entre graphes d'intégration, en présentant graphiquement les voisinages successifs décrits dans le Tableau 3.12. Le premier voisinage de l'objet A1 contient les objets B1,B2 qui ont un plus court chemin vers A1 de 2, mais ne contient pas l'objet C1 qui est pourtant directement relié à A1. On voit ainsi que l'intégration mesurée à travers la notion de couplage est différente de ce que les relations directes et la notion de plus court chemin peuvent illustrer dans un modèle.

Ce concept de voisinage est une aide à la modélisation en permettant de représenter graphiquement le « contexte d'intégration » d'un objet du modèle quelque soit sa position précise dans le modèle. Il est donc un outil au service de l'alignement entre point de vues en aidant à agir sur ce qui est porteur des plus fortes contraintes.

couplage	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4
A1	11	6	4	1	1	6	5	4	7	8	8	5	2	1	1
A2	6	10	5	3	4	4	7	7	2	3	4	2	1	1	1
A3	4	5	6	3	3	1	4	5	0	1	1	0	0	0	0
A4	1	3	3	4	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
A5	1	4	3	3	5	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0
B1	6	4	1	0	1	15	8	3	5	5	11	12	10	9	8
B2	5	7	4	2	3	8	12	7	1	2	7	6	6	6	6
B3	4	7	5	3	4	3	7	8	0	1	2	1	1	1	1
C1	7	2	0	0	0	5	1	0	7	7	7	5	2	1	1
C2	8	3	1	0	0	5	2	1	7	8	8	5	2	1	1
C3	8	4	1	0	0	11	7	2	7	8	14	11	8	7	6
D1	5	2	0	0	0	12	6	1	5	5	11	12	9	8	7
D2	2	1	0	0	0	10	6	1	2	2	8	9	10	9	8
D3	1	1	0	0	0	9	6	1	1	1	7	8	9	9	8
D4	1	1	0	0	0	8	6	1	1	1	6	7	8	8	8

Tableau 3.13 : matrice des couplages du graphe E15

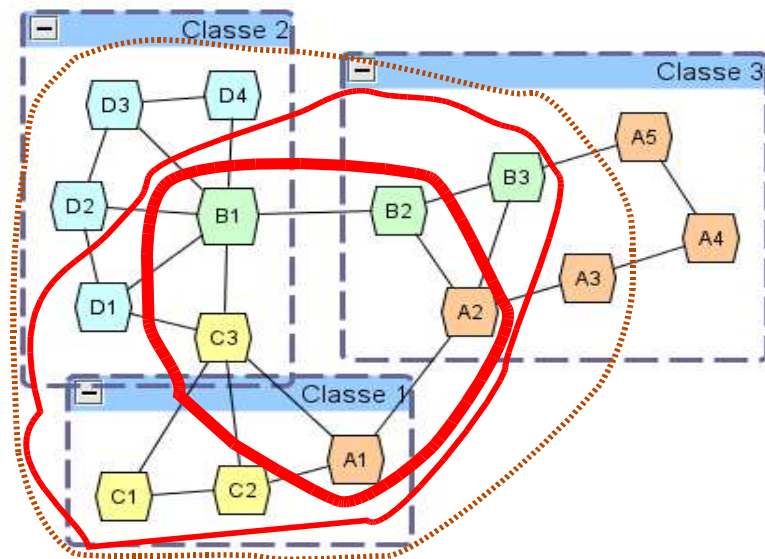


Figure 3.20 voisins successifs de l'objet A1 dans le graphe E15

3.2.6 Complexité des algorithmes

La capacité à calculer effectivement les voisinages et les partitions nécessite d'étudier la complexité des algorithmes nécessaires. Nous proposons une démarche en 3 étapes de complexité différente (les algorithmes utilisés sont fournis en annexe) :

- ◆ La construction des voisins à la longueur d'intégration est possible avec un algorithme reposant sur une définition récursive (les voisins à une longueur n , sont les voisins à une longueur $n-1$ des voisins directs). Sa complexité dépendante du degré moyen du graphe (d) et de son rayon (r) est égale à $(n*d*r)$. Degré et rayon n'augmentent pas linéairement avec la taille du graphe mais sont représentatives de sa complexité. Le degré étant le nombre de relations possibles sur un objet, nous considérons pour des raisons de lisibilité qu'il est borné (en général inférieur à 10). Le rayon du graphe est d'autant plus bas que le système est fortement intégré. Nous pouvons aussi le considérer comme borné. La complexité est alors $o(n)$ pour la construction des voisins.
- ◆ A partir des voisins, les distances peuvent être calculées dans un algorithme de complexité $(d*n^2)$. Là encore, le fait de considérer le degré du graphe comme borné permet de considérer une complexité $o(n^2)$ correspondant à la taille des matrices. Cela nous a permis de traiter rapidement des graphes de 1000 ou 2000 sommets. Dans un système de très grande taille comme un ERP, il sera cependant difficile d'effectuer la totalité du calcul de manière transactionnelle. Mais compte tenu qu'au delà d'une longueur de chemin supérieure au rayon du graphe, les distances seront rapidement toutes égales au maximum, il est possible de limiter le calcul à un sous-graphe pertinent à un point de vue et pour une sélection limitée de nombre d'objets, il est alors possible de calculer la sous-matrice de leur distance. Nous reprendrons ce point dans les perspectives .
- ◆ Enfin, la construction des sous-graphes d'intégration relève d'un algorithme de complexité $o(n^l)$ où l est la longueur d'intégration. Nous avons pu exécuter sans difficulté ces algorithmes pour des graphes de 1000 sommets et de rayon 5. A partir de 2000 sommets, nous avons rencontré des limitations de taille mémoire. Les sous-graphes ne pourront être construits globalement pour un graphe de très grande taille dont le rayon peut être de l'ordre de 10. Il faudra donc trouver que de manière interactive pour un sous-graphe sélectionné et non pour l'ensemble du graphe.

Si les algorithmes de base sont d'une complexité acceptable pour une utilisation opérationnelle, la taille d'un graphe d'intégration complet d'un modèle d'entreprise de type ERP qui peut être estimé à 10^5 objets pose évidemment

problème en terme de taille mémoire pour gérer des matrices qui devraient donc être de dimension double 10^{10} . Nous évoquerons ce défi dans la partie 4 sur les perspectives académiques (4.1.3) et industrielles 4.2.

3.2.7 Dépendances et maturité des usages des S.I.

En redéfinissant la problématique de l'alignement comme celle de la cohérence entre plusieurs points de vue d'un modèle d'entreprise, cohérence explicitable par l'ensemble des dépendances entre ces points de vue, nous devons étudier la dimension essentielle de la « maturité » des usages des systèmes d'information pour prendre en compte dans la caractérisation des dépendances les aspects humains et sociaux, portés dans les construits organisationnels, qui sont générateurs d'incertitude, de non défini, de flou. Nous avons déjà noté l'importance d'étendre le modèle aux construits d'objectifs avec indicateurs, de pratiques organisant les aptitudes et leur mise en œuvre en relation avec les activités. Mais ce sont les dépendances qui doivent être qualifiées pour prendre en compte des contraintes qui ne sont pas absolues au sens d'une contrainte d'intégrité dans une base de donnée.

En fait, si certaines dépendances peuvent être traduites dans un système d'information par des relations techniques « dures », « obligatoires » si elles sont activées, de nombreuses dépendances notamment concernant les construits organisationnels doivent être considérées comme « molles », parfois non permanentes, soumises à interprétation dynamique par les acteurs et susceptibles d'être non respectées selon le contexte, ou la décision particulière d'un acteur. C'est bien entendu le cas de la notion de « responsabilité » qui relie tout modèle (fonctionnel, informationnel ou de ressource) à une unité organisationnelle. Il est bien connu qu'un acteur est responsable de quelque chose, sauf si son propre chef décide de confier la chose en question à un autre acteur... C'est ce que nous avons étudié en évoquant la notion de « couplage faible » dans la recherche de l'intégration (chapitre 2.4). Nous devons donc qualifier les dépendances par leur nature plus ou moins « structurante » notamment pour différencier les dépendances qui seront considérées comme relevant de l'architecture du modèle, devant toujours être prises en compte et les dépendances relevant du pilotage par les acteurs et pouvant être « levées » selon le contexte par les acteurs. Pour cela, nous nous inspirons des travaux présentés dans l'état de l'art (chapitre 2.4) sur le niveau de couplage en théorie des systèmes en qualifiant les dépendances en « réelle », « hypothétique » et « dirigée »

- ◆ Une dépendance « réelle » est considérée comme existante en permanence et correspondant à une intégration technique ou physique. C'est le cas des dépendances liant les objets techniques ou informationnels entre eux.
- ◆ Une dépendance « hypothétique » est soumise au contexte et peut être active ou non selon certaines hypothèses. Ce peut être le cas des dépendances entre fonctions et ressources, dont la réalité peut dépendre de « paramètres » du système d'information. Ainsi, un contrôle qualité créant une dépendance entre une fonction réception et une ressource de contrôle peut être inactif dans une première phase de mise en œuvre d'un projet, puis activé dans le cadre d'une action d'amélioration du même système.
- ◆ Une dépendance « dirigée » n'est effective que par la volonté d'un acteur qui la rend opérationnelle au moyen de processus, règles, indicateurs. De manière générale, c'est le cas des dépendances liant les construits organisationnels.

Les sous-graphes d'intégration évoqués précédemment prendront donc une qualification que nous désignons comme une « **force** » qui sera naturellement le minimum au sens de l'ordre naturel : (« dirigé » < « hypothétique » < « réel »). On pourra par la suite pondérer les relations avec cette force pour en tenir compte dans la notion de « longueur » de chaîne, une suite de relations « hypothétiques » représentant certainement une contrainte d'intégration plus faible qu'une suite de relations « réelles ».

En complément de cette caractéristique de « force », le modèle doit tenir compte d'une autre caractéristique essentielle d'un système d'information opérationnel, la maturité des acteurs dans ses différents points de vue. L'étude des modèles de maturité dans la section 2.3.3 conduit à identifier plusieurs « points de vue » de la maturité, comme la maturité « organisationnelle » et « informatique » étudiée dans le modèle de maturité portant sur la contribution des S.I. à la performance de l'entreprise (Botta-Genoulaz et Millet 2005). le modèle CMMI propose lui cinq niveaux de maturité que nous utiliserons pour évaluer la maturité d'une unité organisationnelle sur tout autre construit du méta-modèle. Cette maturité devient un attribut de la dépendance de contrôle des unités organisationnelles.

- ◆ initial : processus imprévisibles, mal contrôlés et réactifs
- ◆ processus gérés : un processus par projet, gestion parfois réactive
- ◆ processus définis : processus standardisés, gestion proactive
- ◆ processus maîtrisés : processus sous contrôles
- ◆ optimisation : amélioration continue des processus

Nous considérons que tout élément du modèle d'entreprise doit être qualifié par un niveau de maturité mesuré dans l'organisation, ce niveau de maturité étant naturellement un attribut de la relation de contrôle des unités

organisationnelles sur tous les éléments du modèle (si le modèle autorise un même objet à être sous la responsabilité de plusieurs unités organisationnelles, on considérera que la maturité de l'objet est la maturité minimum de ses responsables). Une telle approche permet de prendre en compte une maturité acquise hétérogène dans l'organisation, et dans sa nature. Le croisement de la maturité dans la relation « Organizational Unit » et « Processus » avec la maturité de la relation « Organizational Unit » et « IT Resource » représente ainsi la matrice de maturité proposée section 2.3.3.

On peut ainsi mesurer la maturité de l'alignement entre plusieurs points de vue, et plus généralement de toute dépendance entre construits du modèle. Une dépendance est qualifiée par la maturité des construits qui sont liés par cette dépendance à travers la maturité des unités organisationnelles qui les contrôlent. On peut ainsi obtenir une classification des situations de maturité pour deux construits C1 et C2 sous contrôle d'unité organisationnelle U1 et U2 selon :

- ◆ la nature de la relation organisationnelle entre U1 et U2 (hiérarchique $U1 > U2$ ou $U2 > U1$, parallèle notée $U1 // U2$, indépendante notée $U1 \langle \rangle U2$)
- ◆ les niveaux de maturité constatés des unités U1 et U2 sur les construits qu'elles contrôlent, U1(C1) plus mature que U2(C2) noté $U1(C1) \gg U2(C2)$, ou de maturité équivalent noté $U1(C1) \sim U2(C2)$.

Le Tableau 3.14 présente les différentes situations possibles et illustre l'importance de cette notion de maturité pour orienter les décisions dans la modélisation et le plan d'action dans un projet utilisant le modèle. Cette définition de la maturité conduit à compléter les relations avec les construits organisationnels du méta-modèle d'intégration par un attribut de « maturité » pouvant prendre les cinq valeurs standard proposé par le modèle CMMI que nous renommerons (initial, géré, défini, maîtrisé, aligné). Cette maturité se propageant aux construits peut être analysée dans tout chemin du graphe qui devient ainsi enrichi d'une deuxième caractéristique en complément de la « force » mesurant la nature technique ou humaine de la dépendance. Bien qu'elle puisse s'appliquer à l'ensemble des construits, ce n'est toutefois ni possible ni utile. Ce sont principalement les construits sur lesquels une action d'évaluation, de correction, de formation est possible et donc principalement les construits BP et EA pour la vue fonctionnelle, OV pour la vue informationnelle, Da et RIT pour la vue des ressources (informatiques) et Ca pour la vue organisationnelle.

Dépendance C1 vers C2	Maturité U1(C1) << U2(C2)	Maturité faible U1(C1) ~ U2(C2)	Maturité U1(C1) >> U2(C2)
U1 > U2	Fort risque, car le décideur ne maîtrise sans doute pas.	Besoin d'amélioration sous la responsabilité de U1	Faible risque car le décideur a autorité et compétence.
U2 > U1	Faible risque car le décideur a autorité et compétence.	Besoin d'amélioration sous la responsabilité de U2	Fort risque, car le décideur ne maîtrise sans doute pas.
U1 // U2	Risque devant être soumis à l'organisation supérieure	Besoin d'amélioration sous la responsabilité de l'organisation supérieure	Risque devant être soumise à l'organisation supérieure
U1 <> U2	Fort risque exigeant une réingénierie pour identifier la responsabilité	Risque exigeant une réingénierie pour identifier la responsabilité	Fort risque exigeant une réingénierie pour identifier la responsabilité

Tableau 3.14.: caractérisation des dépendances par la maturité

Pour caractériser une dépendance par une mesure de maturité, nous considérons une codification numérique de la maturité (Initial = 0,2, géré = 0,4, défini = 0,5, maîtrisé = 0,8, aligné = 1). La maturité d'une dépendance peut alors être évaluée en tenant compte de deux aspects contradictoires :

- ◆ l'effet « solidaire » d'une organisation qui permet à un acteur de compenser par l'expérience une maturité faible d'un autre acteur. Un maillon faible ne condamne pas nécessairement totalement la chaîne totale.
- ◆ l'effet au contraire cumulatif des erreurs. Il est bien connu que les aléas ont un caractère multiplicateur qui fait qu'un taux de service de 90% est jugé comme très faible dès qu'il s'applique à un ensemble d'activité

Une étude fine de ces effets contradictoires supposent de tenir compte de l'orientation des dépendances, puisque l'effet cumulatif d'une erreur se propage nécessairement chronologiquement. Dans un premier temps, nous nous limitons cependant à définir la maturité d'une dépendance dans le graphe non orienté comme la moyenne des maturités des construits. Ainsi la chaîne : RIT(0,8)→Da(0,4)→RIT(0,8)→EA(1)→BP(0,6) aura comme maturité 0,6 ce qui veut dire que la maturité « gérée » de la gestion des données ne suffit pas à perturber la chaîne au point que les différents construits pourraient ne plus être défini. Les conséquences de ces caractéristiques qualitatives des dépendances, force et maturité, supposent de considérer un graphe valué. Nous l'évoquerons dans les perspectives académiques de la partie 4.

Nous avons ainsi situé dans le cadre de modélisation de la norme 19439 les construits nécessaires à la modélisation d'entreprise en prenant en compte l'existence de référentiels ou standards autant pour les pratiques et la définition fonctionnelle du système d'entreprise que pour les applications informatiques support de ces pratiques. Ce méta-modèle d'intégration contient les relations entre construits qui permettent la construction d'un modèle d'entreprise et portent les différentes formes de dépendances internes au système d'entreprise.

Nous construisons ainsi un « graphe d'intégration » correspondant au modèle que nous pouvons analyser. Ce graphe peut être étudié localement pour caractériser des « chaînes d'intégration » entre deux objets. Il permet plus globalement de définir un couplage et une distance entre objets à partir de la connexité comparée des graphes d'intégration. Il permet de propager la maturité évaluée des entités organisationnelles pour colorer le graphe par cette maturité.

Le couplage entre objets permet de définir le voisinage d'un objet qui représente un « contexte d'intégration » dont le modélisateur doit tenir compte.

La distance entre objets permet de définir une partition significative des conséquences de l'intégration sur la structuration du modèle.

Nous avons ainsi un cadre d'étude, un méta-modèle de construits, des graphes d'intégration permettant de construire des voisinages et des partitions qui constituent les outils de base de notre étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle.

Nous allons étudier plus précisément comment les construits deviennent, à travers des référentiels métiers, des « ontologies » permettant la modélisation non seulement en respectant l'architecture que porte le méta-modèle, mais aussi la connaissance métier et sa structuration que portent les standard.

Chapitre 3.3

Ingénierie d'entreprise orientée intégration

Le cadre de modélisation, le méta-modèle et le graphe d'intégration nous permettent de proposer une démarche d'ingénierie doublement caractérisée par la place de la modélisation au cœur des efforts d'alignement entre des points de vue multiples, et la place de l'intégration comme critère d'évaluation de la pertinence d'une vue du modèle d'entreprise.

Nous commençons par proposer une définition générale de l'alignement, autant pour ses dimensions managériales que pour l'alignement entre besoins et solutions standard, ou même entre système défini et système en usage.

Nous proposons ensuite une démarche d'ingénierie dans le cadre de modélisation utilisé s'appuyant sur les vues partielles du méta-modèle adaptées à des situations de projet variées.

Enfin, nous caractérisons des situations d'alignement dans les différentes étapes de notre démarche d'ingénierie en listant les construits au cœur de la modélisation à ces différentes étapes.

Nous avons défini un méta-modèle de l'intégration construit par extension du méta-modèle de la norme 19440 pour notre problématique de l'intégration et nous l'avons détaillé sur quelques construits en étudiant la structure de référentiels métiers. Nous avons étudié le graphe d'intégration correspondant à un modèle d'entreprise utilisant ce méta-modèle et nous avons défini dans ce graphe un couplage et une distance permettant de construire des outils d'analyse du modèle d'entreprise. Nous pouvons alors proposer une ingénierie d'entreprise dirigée par les modèles orientée vers la prise en compte de l'intégration qui s'appuie sur :

- ◆ le cadre de modélisation issu de la norme 19439 dans l'interprétation que nous avons proposé à la section 3.1.1, page 140.
- ◆ le méta-modèle d'intégration proposé dans la section 3.1.2, page 145 et issu de la confrontation du méta-modèle 19440 avec le référentiel SCOR et un méta-modèle ERP.
- ◆ la prise en compte de connaissances métiers standardisés sous forme de référentiels à travers des ontologies qui enrichissent le langage de modélisation, telles que celles étudiées dans la section 3.1.3, page 159.
- ◆ les dépendances entre objets du modèle d'entreprise que nous appelons le « graphe d'intégration » et dont nous pouvons proposer des sous-graphes d'intégration représentant autant de « points de vue » sur l'intégration présentées dans la section 3.2.2, page 189. Ces graphes permettent de définir deux mesures de l'intégration, le couplage qui traduit la connectivité entre deux objets et la distance basée sur la dissimilarité des graphes d'intégration et qui illustre si les objets sont proches du point de vue de leur contraintes d'intégration.
- ◆ des voisinages d'intégration d'un objet dans le modèle présentés dans la section 3.2.5, page 203, voisinages fondées sur la notion de couplage et qui hiérarchisent les contraintes d'intégration existantes pour chaque point de vue afin d'outiller une modélisation tenant compte en permanence de l'intégration,
- ◆ des partitions présentées dans la section 3.2.4, page 201, représentant un point de vue sur la structuration possible d'un construit, issues de la distance définie par le graphe d'intégration et qui peut être comparé avec les structures hiérarchiques préexistantes dans un modèle standard ou l'organisation de l'entreprise.
- ◆ des niveaux de maturité de l'organisation dans ses dépendances aux construits qui permettent d'interroger les sous-graphe d'intégration et partitionnements en les colorant par la maturité présentés dans la section 3.2.7 de la partie 3, page 208.

Dans cette approche, le graphe d'intégration joue un rôle central dans la mesure où il porte les contraintes et les objectifs d'intégration qui sont la clef de la réussite de l'ingénierie d'entreprise. Nous allons montrer qu'il permet d'outiller les démarches d'alignement qui sont caractéristiques de l'ingénierie des systèmes d'information,

alignement entre les différents points de vue qui reposent sur les dépendances entre objets du modèle d'entreprise, donc sur le graphe d'intégration.

3.3.1 Démarche d'alignement

Notre démarche d'étude de l'intégration s'appuie sur la modélisation à la fois dans le cadre de l'ingénierie des systèmes d'information et dans celui du management des systèmes d'entreprise. Il faut donc éclairer comment nous cherchons à prendre en compte les deux approches de la modélisation qui nous sont nécessaires. A partir du positionnement des techniques de modélisation proposée par Katzy (2003) et du modèle d'alignement stratégique de Henderson et Venkatraman (1993) vu dans l'état de l'art, nous situons le rôle des modèles comme support de l'alignement nécessaire entre les points de vue du management, qui porte en premier lieu la capacité de compréhension du modèle pour les acteurs humains et le point de vue de l'ingénierie des systèmes d'information qui porte la capacité à mettre en œuvre et utiliser les systèmes (Figure 3.21). Le mot « enactment » traduit cette concrétisation d'une potentialité que représente la promulgation d'une loi, la représentation d'un rôle dans une pièce de théâtre. C'est bien ce lien entre la volonté des acteurs et la réalité des pratiques et des résultats que nous cherchons à maîtriser en étudiant l'ensemble des dépendances qui conditionnent, contraignent ou freinent ce « passage à l'acte ».

Le point de vue des systèmes (en bas à gauche de la figure) est bien entendu appuyé sur le système informatique et a comme premier objectif l'utilisation opérationnelle et informatisée des modèles. Le point de vue managérial (en haut à droite de la figure) est à l'opposé supporté par les acteurs humains et a comme premier objectif la compréhension des modèles. Le rapprochement entre ces deux points de vue est au cœur de l'alignement nécessaire entre stratégie et opérations. Nous enrichissons ce double point de vue du management et des systèmes en positionnant les vues issues de la modélisation d'entreprise afin d'illustrer notre interprétation prenant en compte non seulement les aspects techniques, informatisables, mais aussi les aspects humains qui nécessitent une représentation plus qualitative de la « compréhension » par les acteurs. Les vues standard de la norme 19439 représentent aussi différentes vues de la problématique de l'alignement comme nous l'avons noté à la section 3.1.1, introduisant une lecture en « couches » de la Figure 3.21 où les ressources informatiques s'alignent sur les processus d'entreprise de la vue fonctionnelle à travers la vue informationnelle, et où la vue fonctionnelle sert de support à l'alignement entre la vue organisationnelle et la vue informationnelle.

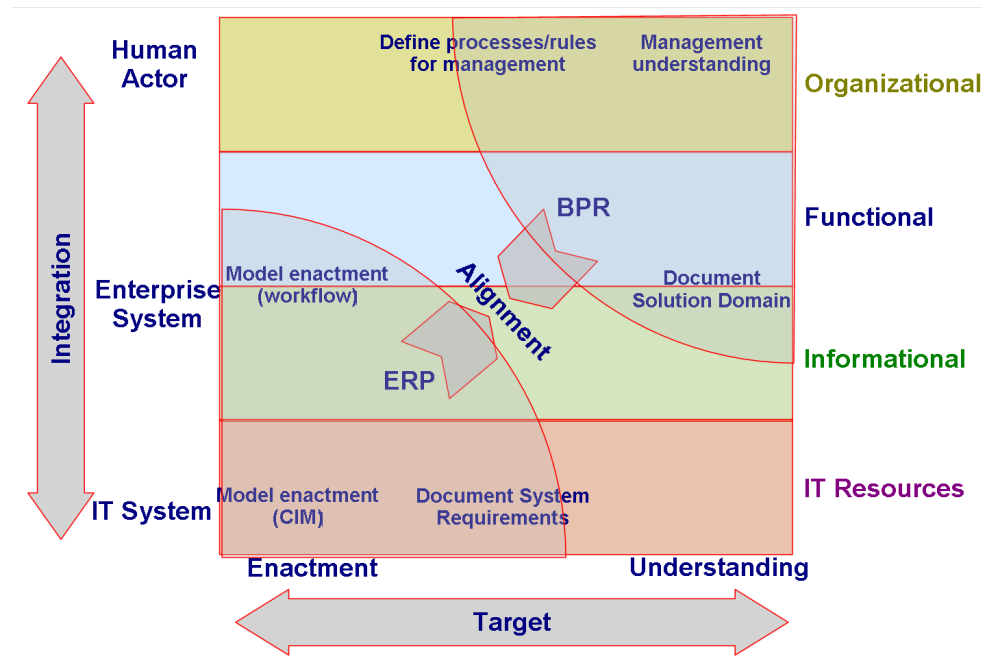


Figure 3.21. démarche d'alignement dirigée par les modèles

L'alignement porte autant sur les conditions d'efficacité des projets d'ingénierie de S.I. que sur la maturité des usages dont sont porteurs à la fois l'organisation et les acteurs individuels. C'est pourquoi nous ne limitons pas l'alignement à une relation entre stratégie et technique ou même comme dans le modèle de Henderson et Venkatraman aux relations entre stratégie d'entreprise, opérations, stratégie informatique et système d'information. Notre objectif est bien de mettre en relation les différents modèles utilisés aux étapes successives d'un projet d'ingénierie d'entreprise afin de faciliter un alignement qui concerne l'ensemble des acteurs intervenant dans l'ensemble des phases d'ingénierie d'entreprise, de la conception aux usages. Nous nous inspirons fortement des objectifs et des premiers résultats du projet de recherche Easy-dim du groupement de recherche MACS du CNRS²⁸

L'alignement doit alors être étudié sur chaque dépendance entre des construits du modèle d'entreprise. Il peut être interne à un point de vue, par exemple l'alignement entre aptitudes définies dans le modèle et organisation hiérarchique des métiers, ou aligner des points de vue différents comme l'alignement entre ressources informatiques et activités de l'entreprise qui est au cœur des projets d'ingénierie des S.I. Nous allons chercher à caractériser les différentes situations d'ingénierie afin de

²⁸<http://easy-dim.org>

repérer les situations d'alignement entre construits les plus pertinentes pour construire une démarche d'ingénierie guidée par l'intégration.

3.3.2 Démarche d'ingénierie

Notre démarche d'ingénierie d'entreprise est guidée par les modèles nécessaires et l'étude de l'intégration dont ils sont porteurs. Notre interprétation non séquentielle du cadre 19439 d'ingénierie d'entreprise peut éclairer le rôle des différents modèles utilisés. Il est pour cela nécessaire de préciser comment le cadre de modélisation répond aux différentes situations de projets d'entreprise. Nous plaçons pour cela dans le cadre 19439 différents « cycles de projet » correspondant à des typologies de projet connues.

- ◆ Des projets de type BPR toujours déclenchés par une volonté d'une direction générale et qui chercheront d'abord à reconvevoir l'entreprise avant de traduire le modèle cible retenu en système d'information nécessitant des solutions informatiques.
- ◆ Des projets de type ERP « IT » déclenchés par une opportunité ou une contrainte et nécessitant la mise en œuvre rapide d'une solution standard, projets souvent portés par une direction informatique et qui par choix méthodologique ou par contrainte de temps peuvent être limités aux tâches informatiques sans effort de modélisation orientée processus.
- ◆ Des projets de type ERP « BP » souvent déclenchés par une recherche d'amélioration de performance, une demande de réorganisation pour laquelle le système d'information est vu par la direction générale comme une opportunité et qui tout en s'appuyant sur une solution standard vont intégrer la nécessité d'un effort de modélisation et de re-conception partielle du modèle d'entreprise.

D'autres situations de projet existent, « montée de version », « migration », « déploiement » qui s'appuient sur un modèle existant et se limite à déployer une solution dans un périmètre. Souvent portés par une direction informatique, ils peuvent être des projets à dominante technique mais dont les impacts opérationnels sur les pratiques des acteurs peuvent être significatifs et exiger une démarche de conduite de changement.

Nous étudierons dans la suite les trois premiers types de projets en les situant dans les phases de modélisation du cadre 19439 rappelées ci-dessous et décrites dans le Figure 2.6, page 74 :

- ◆ Identification du domaine (« Domain Identification ») ;
- ◆ Définition des concepts (« Concept Definition ») ;
- ◆ Définition des besoins (« Requirements Definition ») ;

- ◆ Spécification de conception (« Design Specification ») ;
- ◆ Description de la mise en oeuvre (« Implementation Description ») ;
- ◆ Opérations (« Domain Operation »)
- ◆ Définition de décommission (« Decommission Definition »).

Les figures suivantes représentent chaque type de projet par un enchaînement de phases de modélisation dans le cadre 19439 pour lesquelles nous précisons les construits « cœur de phase » qui portent la connaissance essentielle à cette étape et dont la validation en constitue le livrable principal. Chaque figure présente dans le cadre de modélisation 19439, une séquence type de projet (flèche parcourant les phases de projet à travers les niveaux de généralité) en précisant les construits typiques de cette phase pour chaque point de vue. Si cette liste de construits par phase, pertinente pour une typologie de projet d'intégration, n'est pas exhaustive, elle caractérise une démarche d'ingénierie dans le cadre 19439 et ses principaux enjeux d'alignement dans cette typologie de projet.

La Figure 3.22 présente les projets de type BPR en utilisant la codification définie des construits (Tableau 5.2 en annexe). Ces projets débutent par la définition d'objectifs qui sont spécifiques à l'entreprise concernée. Ces objectifs conduisent des consultants à chercher des « bonnes pratiques » qui seront issues des connaissances génériques portées par des référentiels métiers et le plus souvent traduites en processus d'affaires. Il s'agit d'éclairer la connaissance des acteurs en termes de « concepts » pour leur permettre de définir ensuite leur besoin.

Projets de type BPR	Généricité			Vues			
	Gen.	Part.	Spec.	Func.	Inf.	Ress.	Org.
Domain Identification							Ob
Concept Definition				BP			PR
Requirements Definition				Fea Ey	EO	Da	Ca
Design Specification				EA	Me	Re	
Implementation Description					OV		OU
Domain Operation					Me		
Decommission Definition							

Figure 3.22. cadre 19439 et projets de type BPR

Pour cela, les processus porteurs de bonnes pratiques seront traduits en fonctionnalités attendues du système, fonctionnalités qui peuvent être génériques,

mais seront le plus souvent adaptés au métier. Ces fonctionnalités conduiront à la fois à spécifier les objets d'entreprise qui doivent être gérés et les besoins correspondants en termes de données, tout en définissant les aptitudes nécessaires de l'organisation. Sur la base de ces besoins, la conception du système cible portera sur les indicateurs de performance traduisant les objectifs par rapport aux objets d'entreprise définis et sur les ressources applicatives nécessaires.

Le choix de solutions de type COTS interviendra à ce niveau. Les conditions de mise en œuvre seront décrites à la fois dans les vues d'objets qui permettront de détailler les diverses représentations des informations du système (états, écrans...) et la définition des rôles de la nouvelle organisation correspondant aux processus et aux aptitudes définies.

Enfin, le nouveau système d'entreprise mis en œuvre sera suivi par les indicateurs définis qui constituent les différents tableaux de bord des opérations. Bien entendu, d'autres construits peuvent être utilisés aux différentes étapes, mais la séquence « objectifs » (Ob), « pratiques » (Pr), « processus » (BP), « fonctionnalités attendues » (Fe), « indicateurs définis » (Me), « données » (Da), « aptitudes nécessaires » (Ca), « indicateurs définis » (Me), ressources nécessaires (Re), « organisation » (OU), « indicateurs suivis » (Me) est tout à fait représentative de la nature d'un projet de ré-ingénierie qui conçoit l'organisation dans une approche processus afin de servir des objectifs.

La Figure 3.23 présente les étapes d'un projet de type ERP « IT », projet qui n'implique que faiblement les directions générales et les directions métiers. Dans ce contexte piloté par la direction informatique, c'est très souvent la simulation directe sur l'ERP standard installé qui va guider la rédaction de procédures d'utilisation en parallèle aux décisions de paramétrages. Il n'y a pas réellement de spécifications du système cible, en dehors des spécifications de quelques développements ou interfaces nécessaires.

De tels projets peuvent être précédés ou débutés par des approches orientées maîtrise d'ouvrage de rédaction de cahier des charges représentant les « besoins », voire intégrant des débuts de modélisation des processus métiers. Mais sans implication des compétences métiers qui nécessiteraient l'engagement de la direction générale, l'expérience montre que ces ébauches n'ont que peu d'impacts sur le déroulement du projet qui sera centré sur le choix d'une solution pour laquelle les motivations de la direction informatique seront prédominantes (maintien d'un environnement connu tel que AS400, ou choix du leader incontestable pour des raisons de « prestige » informatique, au contraire, refus des leaders et recherche de solutions « libres »...).

Projets de type ERP « IT »	Généricité			Vues			
	Gen.	Part.	Spec.	Func.	Inf.	Ress.	Org.
Domain Identification							
Concept Definition							
Requirements Definition							
Design Specification							
Implementation Description							
Domain Operation							
Decommission Definition							

Figure 3.23. le cadre 19439 et les projets de type ERP « IT »

Le projet commence réellement avec ce choix de solution qui se situe au niveau opérationnel du cadre 19439, puisqu'il ne s'agit pas de modélisation, mais bien d'installation et de simulation d'un système standard (simulation au sens de saisie de données pour réaliser des transactions simulées et évaluer les résultats notamment en termes de documents produits). Ce sont directement les construits représentant le système informatique qui sont mobilisés dans le projet (Da, Re). L'installation et la première configuration des solutions standard représente un passage du niveau générique à un niveau partiel qui préfigure le système spécifique et à partir duquel les procédures de travail seront définies. Ces procédures ne sont le plus souvent pas issues d'une approche processus, au sens d'une réflexion organisationnelle sur la contribution de ces processus à une finalité, mais simplement d'une définition événementielle des activités nécessaires. Les pratiques et les rôles dans l'entreprise sont définis à travers ces procédures qui peuvent être regroupées en « manuel utilisateur » représentant les « pratiques » de l'entreprise et support des formations nécessaires.

Dans un tel projet, la maîtrise de l'intégration est évidemment très difficile et ne peut être portée par les outils de modélisation qui peuvent être totalement absents. C'est pourquoi ces projets généreront souvent un très grand nombre de développements spécifiques pour adapter le système aux habitudes de l'organisation existante, pour « défaire » des contraintes d'intégration que la solution standard porte, ou au contraire prendre en compte une contrainte d'intégration de

l'organisation existante dont la traduction dans la solution standard n'a pas été trouvée par un mapping au niveau des activités opérationnelles.

La Figure 3.24 présente un projet de type ERP « BP », projet qui intègre une volonté de changement de l'entreprise, marqué à la fois par une dimension de ré-ingénierie forte, libérant des ressources métiers pour contribuer à une réflexion sur l'organisation, les processus, les rôles à redéfinir, et dans le même temps par la recherche d'une solution standard, limitant les développements spécifiques en cherchant à obtenir le plus fort alignement possible entre le standard et les besoins métiers.

Projets de type ERP « BP »	Généricité			Vues			
	Gen.	Part.	Spec.	Func.	Inf.	Ress.	Org.
Domain Identification							Ob
Concept Definition				BP			PR
Requirements Definition				Fea	EO		Ca
Design Specification				Ev BP/EA	Me	Da	OU
Implementation Description				Ev BP/EA	OV	Da	PR Ca
Domain Operation				Ev BP/EA	Me	Da/Re	OU
Decommission Definition							

Figure 3.24. le cadre 19439 et les projets de type ERP « BP »

L'entreprise dans ce type de projet accepte le coût de la conduite de changement nécessaire afin d'obtenir une situation permettant la recherche d'une contribution forte des S.I. à sa performance. De tels projets ont donc une double origine et s'organisent le plus souvent autour de deux démarches parallèles de formalisation du besoin et de prototypage du standard. La première origine conduit comme dans un projet de type BPR à une réflexion sur les objectifs spécifiques à l'entreprise et les bonnes pratiques susceptibles d'aider à les atteindre qui sont recherchées dans des référentiels formels ou informels (Construits Ob, PR, BP en phase d'identification de domaine et de définition de concept). L'objectif plus directement opérationnel de ces projets par rapport aux projets BPR conduira à rechercher des référentiels proches des métiers de l'entreprise, de sa typologie et nous les considérons donc plutôt comme des modèles partiels dans l'axe de généricité du cadre 19439. Ces référentiels permettront de s'appuyer sur une

définition générique des processus, dont il faut ensuite organiser le rapprochement avec des solutions possibles (Construits BP, Fea, Ev, EA, Me, OU...) dans l'itération entre les phases de définition de besoin et de spécification de conception). Ces solutions sont étudiées en parallèle à partir des progiciels standard existants, dont le choix peut s'appuyer sur les modèles partiels de processus qui constituent alors une forme nouvelle de cahier des charges de consultation (Explicitation des contraintes de la phase de spécification à partir des simulations faites sur l'ERP en plateforme de test, en phase d'opération au niveau générique). Loin de la liste détaillée des fonctionnalités qui souvent est une agrégation de toutes les fonctionnalités existantes de l'offre, de tels cahiers des charges se concentrent sur les processus porteurs des objectifs du projet dont les contraintes d'intégration et la qualité des solutions support doivent être étudiées en détail en limitant l'effort sur les processus jugés « standard » pour lesquelles une démarche de mise en œuvre rapide est possible. On est alors au cœur de la « boucle » d'alignement proposée par Soffer comparant le modèle de solution au modèle de besoin. Il s'agit d'une démarche itérative basée sur le prototypage de solutions standard, et nécessitant la codification de données, le paramétrage de ressources, en cohérence avec la définition de processus, d'objets d'entreprise et en anticipant sur la définition des compétences nécessaires aux rôles impliqués dans les processus. L'efficacité repose alors sur la cohérence des différents modèles utilisés, la capacité à en vérifier l'alignement de manière dynamique selon les décisions prises, les modifications liées aux résultats des simulations...

La maîtrise de ce type de projet d'ingénierie qui aligne standard et cas spécifique, spécification du besoin et configuration de la solution, paramétrage du système et définition des compétences nécessaires des acteurs, rend fortement nécessaire une approche d'ingénierie d'entreprise « dirigée par les modèles » pour permettre un alignement dynamique au fur et à mesure du prototypage du système. Cela nécessite d'être capable de rapprocher des référentiels métiers entre eux dans le cadre d'un modèle d'entreprise. Ce sera le but de l'intégration d'ontologies dans la modélisation. Il est aussi nécessaire de représenter le modèle implicite d'une solution standard en concevant une vue « fonctionnelle » orientée processus. Certains ERP le proposent et de nombreux outils de modélisation existants font le lien avec des ERP et permettent de construire un tel modèle à partir de l'expérience et d'en vérifier la cohérence avec l'ERP.

3.3.3 Démarche d'alignement et graphe d'intégration

Dès que la modélisation intervient, donc à l'exception des projets de type ERP « IT », elle est le support essentiel des différentes formes d'alignement recherchées. Elle permet de les représenter comme un alignement entre des points de vue partiels du modèle que l'alignement met en relation. **Nous considérons l'alignement comme une qualité du graphe d'intégration lié au modèle d'entreprise.** Mais ce graphe est une construction progressive dans la démarche d'ingénierie. Dans le cas d'un projet de type ERP « BP », la démarche met en relation une approche descendante qui détaille progressivement objectifs en pratiques puis en processus et une démarche ascendante qui part des applications, de leurs données et des processus opérationnels pour construire l'alignement avec le besoin. La granularité de la modélisation dans ces deux démarches est donc différente et cela rend nécessaire de garantir la cohérence des passages entre différents niveaux de granularité dans la modélisation. Ainsi, on passe du concept au besoin en spécialisant des construits génériques à partir des ontologies métiers disponibles. Un processus de vente se spécialise par exemple en processus de vente de matières dangereuses, dont une ontologie métier peut définir les caractéristiques dans l'industrie chimique soumise à des normes strictes. S'il existe une dépendance générique entre processus de vente de marchandises et documents d'expéditions, il existe une dépendance particulière entre un processus de vente de matières dangereuses et la déclaration de transport de matières dangereuses. Le graphe d'intégration se construit donc par morceaux que l'alignement entre deux modèles va relier et à différents niveaux de granularité qu'il faudra « coudre » parfois en instanciant une relation du modèle qui n'est pas nécessairement pré-définie dans un des modèles génériques ou partiels utilisés.

Mais les projets qui nous intéressent peuvent être de nature très différente, des projets « de conception » tels que les projets ERP « BP » évoqués précédemment. Ils peuvent être des projets de ré-ingénierie, de changement de version d'un ERP, ou de maintenance d'un système en exploitation (évaluation des usages d'un système ERP). Dans tous les cas, les acteurs vont chercher à modéliser l'existant et la cible de différents points de vue en confrontant des expériences métiers diverses. La démarche de modélisation ne sera donc que rarement une démarche ex nihilo dans laquelle les acteurs peuvent construire progressivement un modèle en assurant la cohérence complète par la qualité propre de la conception. Le plus souvent, elle sera confrontée à une représentation partielle de systèmes existants, à des normes ou standards dont l'utilisation est imposée ou considérée comme nécessaire, à des solutions standard qui apportent leurs propres contraintes. De fait, la modélisation dans tous les types de projet va nécessiter de « mettre en

relation » différents modèles. C'est ainsi au cœur de la modélisation que peut se définir de manière précise la notion d'alignement. A chaque phase de modélisation, des modèles partiels d'origine différente sont rapprochés afin d'en assurer la cohérence. Cette cohérence est portée par l'ensemble des dépendances entre ces modèles, et aussi par l'insertion de ces modèles dans le modèle global. L'alignement est donc une qualité du « graphe d'intégration ». La modélisation ne peut se limiter à une vue locale des dépendances dans une vue partielle du modèle. L'alignement doit se construire avec le graphe d'intégration pour tenir compte des contraintes non locales, pour aider à situer un modèle partiel dans son contexte d'intégration. On peut donc caractériser les situations d'alignement en référence aux différentes positions possibles dans la démarche d'ingénierie présentée dans la section précédente. Le Tableau 3.15 et la Figure 3.25 présentent ces différentes situations d'alignement possibles en les situant dans une phase de modélisation du cadre 19439 et un niveau de spécialisation de l'axe de généricité. La Figure 3.25 place les différents modèles possibles dans le cadre de modélisation. Les différents types d'alignement possibles sont représentés par une flèche dont le numéro renvoie au Tableau 3.15. Chaque alignement est ainsi défini comme une relation entre deux modèles, caractérisés par leur niveau de généricité et la phase de modélisation où ils sont pertinents. On peut alors construire pour chaque alignement un méta-modèle particulier reprenant les construits concernés et surtout les dépendances qui conditionnent cet alignement.

La qualité de l'alignement peut alors être étudié comme une caractéristique de cette relation extraite du graphe d'intégration. Le « bon alignement » est celui qui « conserve » les structures de chacun des modèles dans la relation. Les construits du modèle A qui sont « proches » doivent être liés à des construits du modèle B qui sont proches. Les structures hiérarchiques des construits du modèle A doivent être dépendantes de structures hiérarchiques du modèle B. On peut proposer une définition formalisée de l'alignement. Deux modèles sont alignés si les dépendances qui les lient représentent une relation monotone pour la distance d'intégration. Notre approche de partitionnement présenté en page 201 est alors un outil d'identification de « mauvais alignement », quand une partition calculée ne correspond pas à une structure hiérarchique existante.

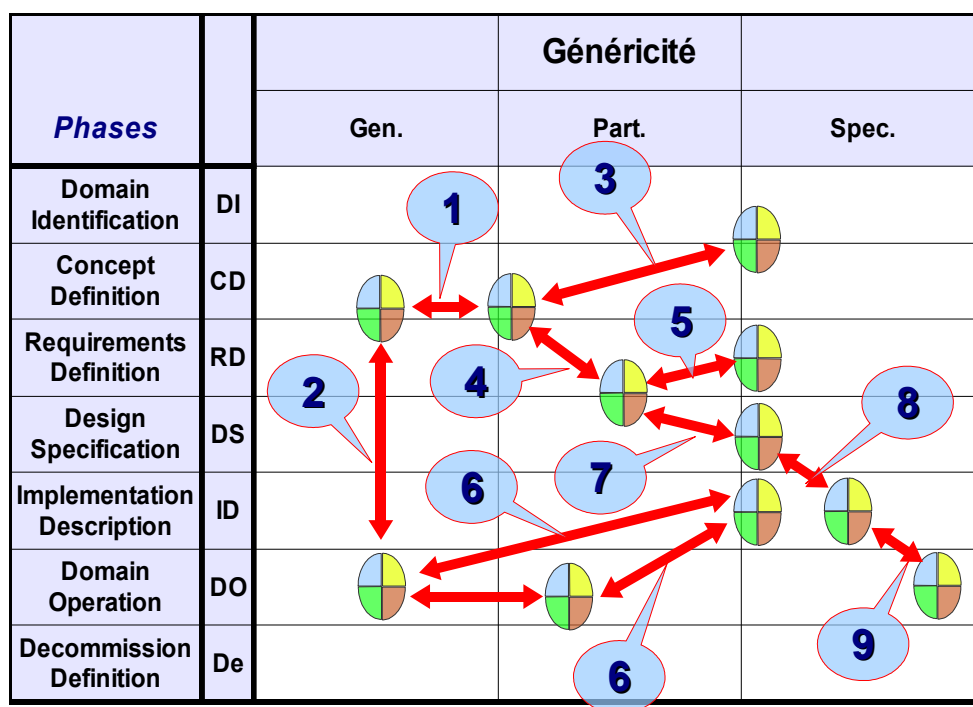


Figure 3.25 Alignement entre modèles dans le cadre d'intégration

N	Modèle A		Modèle B		Type d'alignement entre les modèles
	Phase	Génér.	Phase	Génér.	
1	CD - RD	Génér. - Partiel	CD - RD	Génér. - Partiel	Alignement de Référentiels (Ontologies)
2	CD - RD	Génér. - Partiel	DO	Génér. - Partiel	Mapping COTS sur Référentiel
3	DI - CD	Spéc.	CD	Partiel	Conception d'un périmètre projet à partir de référentiels
4	CD - RD	Génér. - Partiel	RD - DS	Partiel	Adaptation d'un référentiel a un contexte métier (ontologies)
5	RD - DS	Partiel	RD - DS	Spéc.	Mapping modèle métier / modèle standard
6	DO	Génér. - Partiel	ID	Spéc.	Simulations/Paramétrage d'un COTS pour définir des procédures de mise en œuvre.
7	RD - DS	Partiel	DS	Spéc.	Conception du système cible à partir de modèle standard
8	DS	Spéc.	ID	Spéc.	Conception de la mise en œuvre
9	ID	Spéc.	DO	Spéc.	Alignement des usages sur les bonnes pratiques décrites.

Tableau 3.15 : Typologie d'alignement de modèles dans la démarche

Le positionnement entre partiel et spécifique est bien entendu utile pour souligner la pertinence de modèles partiels, plus facilement alignable avec un besoin spécifique. Cependant, dans une démarche d'ingénierie, le modèle de projet évolue constamment et se retrouve de fait dans une situation mixte entre partiel et spécifique.

Cette représentation souligne l'importance de travaux sur l'alignement au niveau générique des différents référentiels possibles (SCOR et OAGIS par exemple), mais aussi de l'alignement entre ces référentiels métiers et les applications standards.

L'alignement entre deux modèles peut se traduire par différentes activités de modélisation :

- ◆ Les modèles peuvent être en partie complémentaires et l'alignement consiste à ajouter des dépendances qui explicitent cette complémentarité.
- ◆ Les modèles peuvent se recouvrir, et l'alignement nécessitera de fusionner des objets en consolidant leurs définitions et dépendances.
- ◆ Un modèle peut être construit comme une spécialisation d'un autre. L'alignement consiste alors à construire le premier par instanciation du deuxième. L'enjeu de la démarche de modélisation est alors de conserver la traçabilité de ce travail, pour permettre à tout moment de « remonter » à l'objet générique pour étendre son implémentation en s'appuyant sur les dépendances existantes au niveau générique.

La Figure 3.26 présente un exemple de cadre de modélisation dans lequel différents modèles utilisés dans un projet d'ingénierie sont mis en relation :

- ◆ RFP : le modèle d'expression des besoins par l'entreprise
- ◆ SCOR, OAGIS : des référentiels métiers utilisés comme base de connaissances
- ◆ OWL : des ontologies métiers complémentaires aux référentiels
- ◆ ERP : le modèle de l'ERP dans ses différentes instanciations au fil du projet.

Le graphe d'intégration et ses caractéristiques restent au cœur des dépendances entre ces différents modèles.

Les exemples suivants correspondant à la figure illustrent certaines de ces situations typiques d'une construction progressive du modèle.

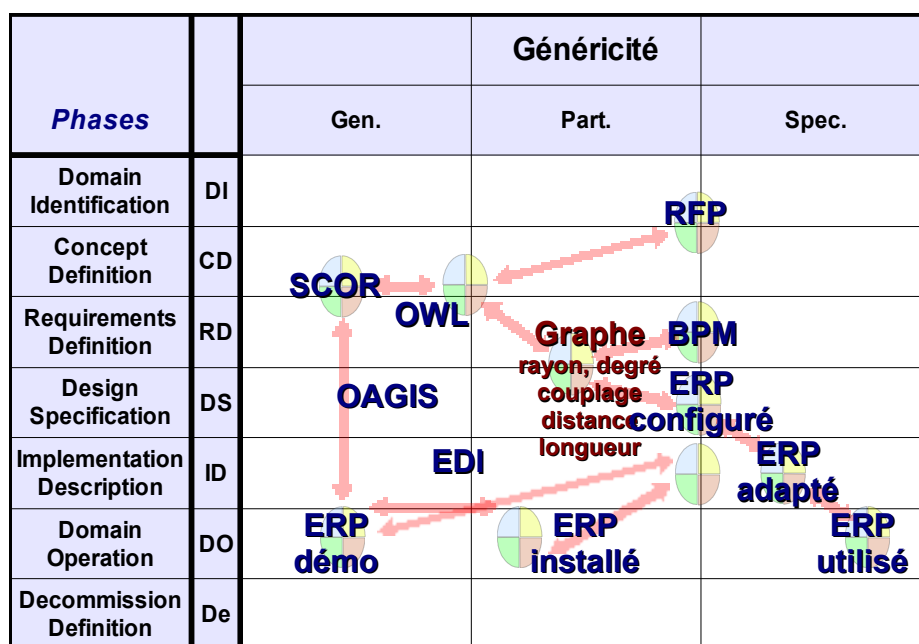


Figure 3.26 exemples d'alignement entre modèles

- ◆ La correspondance entre deux ontologies qui se recouvrent dans la définition de certains objets métiers. Ainsi, le référentiel SCOR définit des informations échangées entre processus que normalisent aussi le référentiel OAGIS. S'il n'existe pas de correspondance prédéfinie, un modèle d'entreprise utilisant les deux référentiels devra « mapper » les objets d'entreprise correspondants. Dans ce cas, il s'agit d'éviter une redondance du modèle en considérant que deux définitions portées par des référentiels recouvrent le même objet du modèle. Cette correspondance peut être une fusion de deux objets du niveau générique en un objet du modèle partiel ou spécifique. Les dépendances existantes de ces deux objets génériques sont alors cumulées sur le nouvel objet qui sera de fait plus connecté que chacun des deux objets précédents et donc dont les distances avec d'autres seront transformées. La comparaison des voisinages des objets au niveau générique et des voisinages après fusion au niveau spécifique peut être un atout dans la compréhension des conséquences de cette fusion.
- ◆ Les contraintes d'intégrité informatique sont « activables » par paramètres qui sont définis progressivement dans le projet. Une dépendance peut donc exister « en principe » au niveau générique et être « désactivée » par une décision de modélisation traduite dans le paramétrage de l'ERP. Le graphe d'intégration se spécialise donc au fil de la spécialisation d'objets du modèle en se simplifiant des contraintes génériques qui n'existent plus à un niveau particulier ou spécifique.

On doit pouvoir caractériser le modèle en cours de travail par les conséquences d'une (des)activation d'un paramètre.

- ◆ La faisabilité d'une solution est dépendante de la capacité à dimensionner les tâches de conduite de changement nécessaires. Pour cela, la capacité à relier le système existant au modèle en cours d'ingénierie est essentielle, notamment à « affecter » les objets du système aux acteurs de l'organisation pour éclairer le « qui fait quoi », autant dans le système cible que pour le projet. Il faut pouvoir lister les connaissances nécessaires aux différents acteurs, vérifier comment le futur système produit les indicateurs existants ou redéfinis. On va donc chercher à caractériser les conséquences du projet sur un modèle organisationnel existant et transformé.

Dans ces différentes situations d'alignement, le modélisateur est toujours dans une représentation partielle du système, à la fois en termes de vues et de périmètre. La totalité du modèle et donc de ses contraintes d'intégration, ne peut être rendue visible. Nous avons montré dans la section 3.2.2 que les dépendances directes, correspondantes aux relations existantes du modèle ne sont pas suffisantes pour expliciter l'ensemble de ces contraintes. Le graphe d'intégration et les outils associés, (voisinages et partitions) sont indispensables pour aider le modélisateur à prendre des décisions **« localement efficace pour la vue partielle du modèle sur laquelle il travaille, mais globalement cohérente avec les contraintes d'intégration impactant les objets de sa vue partielle par transitivité »**.

Cette cohérence entre le local et le global d'un système est une caractéristique bien connue de la complexité. Notre proposition fondamentale est bien d'outiller une démarche d'ingénierie par la prise en compte du graphe d'intégration dans la modélisation afin de faciliter l'alignement entre des modèles partiels. Cela suppose un environnement de modélisation adapté, capable de représenter les voisinages d'un objet au sens du couplage dans le graphe, les partitions calculées à partir de la distance d'intégration, de caractériser les vues partielles du modèle par des indicateurs de structure du sous-graphe comparée aux caractéristiques globales du graphe total :

- ◆ Le diamètre indique l'étendue du modèle au sens de l'intégration.
- ◆ Le rayon représente une bonne mesure du niveau d'intégration du modèle. Dans un modèle à faible rayon, tout objet est relativement proche de tout autre, et donc relativement dépendant, alors qu'à l'inverse, dans un graphe de rayon élevé, des objets sont relativement distants et donc faiblement couplés.
- ◆ La dispersion des degrés de sommets dans le graphe indique l'homogénéité plus ou moins forte de l'intégration. Des objets à fort degré sont des objets saillants de l'intégration, comme l'ERP dans le cas académique présenté en section 3.4.1. Ces

objets sont les points principaux de l'intégration et sont donc à la fois critiques et centraux dans les projets d'ingénierie.

De même, l'alignement n'est jamais une situation parfaite qui pourrait être définie théoriquement dans le modèle puis traduite dans le système. Il ne peut être qu'un processus toujours en cours pour obtenir un « meilleur alignement », un « réalignement » dans un contexte évolutif, avec par exemple, une nouvelle application, une nouvelle situation du marché, de nouvelles ressources, de nouveaux objectifs... L'alignement doit donc tenir compte de la nature socio-technique de tout système d'entreprise que nous avons traduit par les caractéristiques de force et de maturité des dépendances présentées en section 3.2.7. Une dépendance « technique » sur des construits pilotés avec une faible maturité sera un point de faiblesse de l'alignement. La « qualité » d'alignement d'un modèle suppose donc un niveau de maturité des dépendances qui portent cette maturité.

Afin d'illustrer cette démarche d'ingénierie dirigée par l'intégration, nous proposons une représentation imagée d'un atelier de modélisation intégrant les fonctionnalités listées ci-dessus. La Figure 3.27 représente une esquisse d'un tel atelier dans lequel un modèle partiel en cours d'édition est « contextualisé » par différentes vues du contexte d'intégration :

- ◆ Les voisinages d'un objet sélectionné, pour les différents points de vue (flèches ordonnant des objets dans un cadre à haut à droite).
- ◆ Une partition correspondant à l'ensemble des objets utilisés dans le modèle et leurs voisins proches (cercles groupant des objets en bas à droite). Cette partition peut faire apparaître des structures d'intégration qui peuvent être une aide pour décider d'une structuration du modèle.
- ◆ Des mesures caractéristiques des graphes correspondants au modèle partiel en cours d'édition, au modèle global, à la partition affichée... (taille, degré, diamètre...) (légende en haut à gauche). La partition peut être caractérisée par le nombre de parties, la variance interclasse représentant l'efficacité de la partition.
- ◆ Des filtres permettant de prendre en compte uniquement les dépendances « fortes » du modèle, à caractère technique, ou de tenir compte de l'ensemble des dépendances, éventuellement d'une maturité minimum ou au contraire maximum pour étudier un graphe représentatif des points de faiblesse de l'organisation (encart en bas).
- ◆ Des informations détaillées associées à un objet (fenêtre associée à une dépendance au milieu du cadre présentant la vue encours du modèle), permettant de connaître la force et la maturité d'une dépendance.

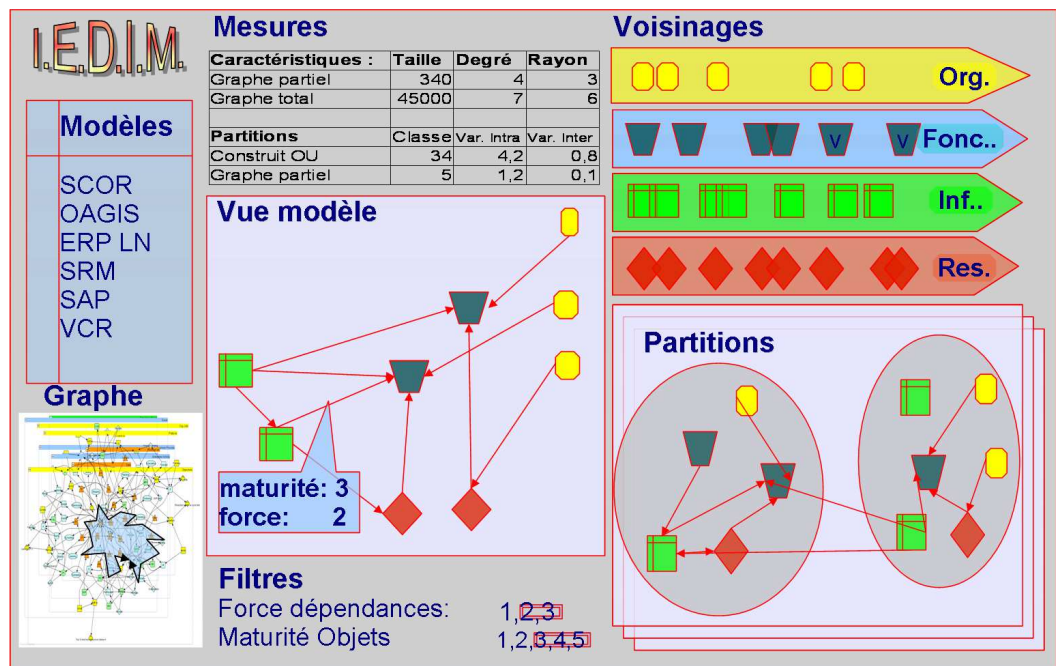


Figure 3.27 Environnement de modélisation dirigé par l'intégration et les modèles

On utilise ainsi dans un environnement de modélisation d'entreprise les modèles de référence porteurs des métiers, des bonnes pratiques, des solutions standard,... et les caractéristiques du graphe d'intégration outillé pour caractériser un modèle et une vue partielle. L'ensemble de cet environnement permet ainsi de « modéliser localement en concevant globalement » afin d'aider à la prise en compte de l'ensemble des contraintes d'intégration dans une vue partielle d'un modèle.

Nous avons étudié dans le cadre de notre méta-modèle d'intégration les relations entre les construits nécessaires à un modèle d'entreprise et qui portent les différentes formes de dépendances internes au système d'entreprise. Les dépendances informatiques issues des contraintes des logiciels sont en général précises et calculables à partir de la connaissance détaillée des applications. Elles sont souvent « paramétrables » ce qui permet de les activer ou les désactiver selon les besoins d'une entreprise. Les dépendances organisationnelles sont plus difficiles à identifier et à caractériser. La difficulté fréquente à publier un organigramme à jour d'une entreprise est révélateur du fait qu'une organisation repose largement sur de l'informel, du compromis qui donne « du mou », donc de la flexibilité aux décideurs.

Nous ne proposons pas une structuration à priori de ces dépendances, mais une représentation permettant de découvrir les structures que ces dépendances imposent ou révèlent sur le modèle d'entreprise. C'est pourquoi nous considérons l'ensemble des dépendances comme un « graphe d'intégration » à partir duquel nous cherchons à construire des « représentations » du modèle afin de révéler l'enjeu des contraintes d'intégration pour les différents points de vue. La mise en œuvre de telles « représentations de l'intégration » à partir de l'étude des dépendances peut aider à constater l'incohérence de sous-modèles, à prendre une décision sur un des points de vue dans l'objectif de progresser dans la modélisation en ajoutant ou levant une contrainte.

Nous étudions ce « graphe d'intégration » localement pour caractériser des « chaînes d'intégration » entre deux objets, qui permettent de définir une distance et un couplage entre objets à partir de leur connexité comparée.

Le couplage entre objets permet de définir le voisinage d'un objet qui représente un « contexte d'intégration » dont le modélisateur doit tenir compte.

La distance entre objets permet de définir une partition significative des conséquences de l'intégration sur la structuration du modèle.

Enfin, nous proposons de propager la maturité évaluée des entités organisationnelles pour colorer le graphe par cette maturité.

Nous avons ainsi un cadre d'étude, un méta-modèle de construits, des graphes d'intégration permettant de construire des voisinages et des partitions qui constituent les outils de base de notre étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle.

Chapitre 3.4

Illustration sur des cas académiques et réels

Nous allons illustrer le cadre de modélisation et son graphe d'intégration sur un cas académique, construit à partir de notre expérience métier et défini sous forme d'un modèle d'entreprise. Nous avons réalisé les calculs de distance, de couplage et évalué la pertinence des outils proposé de voisinage et de partitionnement.

Nous étudions ensuite deux cas issus d'applications réelles. Le premier concerne l'ERP BAAN déjà cité, autant pour l'étude de sa structure technique que pour le mapping fonctionnel des processus aux fonctions support de l'ERP. Le deuxième concerne le référentiel de la chaine logistique SCOR dont nous étudions l'alignement entre vue métier et vue système d'information.

3.4.1 Illustration sur un cas académique

Pour illustrer notre cadre d'étude de l'intégration, nous utilisons un cas d'entreprise simplifié pour obtenir un graphe d'intégration de taille limitée et pouvant faire l'objet de manière aisée d'une représentation sous forme de graphe et de matrice d'adjacence. Nous l'appellerons E104 car le graphe correspondant contient 104 objets.

Il s'agit d'une entreprise industrielle transformant des matières en produits finis en une seule étape de production, avec un processus de vente, un processus d'approvisionnement et un processus de production. Son organisation est limitée aux services de base (achat, production, planification, ventes, comptabilité). Nous avons simplifié légèrement le méta-modèle en fusionnant les construits EO et OV, considérant que chaque objet était utilisé dans toutes les fonctions avec la même vue. Nous considérons que la gestion de la demande est hors périmètre, que la traçabilité de planification n'est pas assurée... Les objets du modèle sont présentés dans les tableaux suivants regroupés par points de vue (Tableau 3.16, Tableau 3.17, Tableau 3.18).

Pratiques	Capability	Objectives	Organizational Unit
Pr-InvCyc	CA-Manage	Ob-Top10F	OU-Purchase
Pr-MRPPII	CA-Make	Ob-TS>99	OU-Sales
Pr-FullDel	CA-Source	Ob-TimeCycle	OU-Shop-Floor
Pr-NotFou		Ob-ATP>	OU-Warehouse
Pr-FlowSync		Ob-CashCycle	OU-Accounting
Pr-RelTiers			OU-Planning

Tableau 3.16 : liste des objets organisationnels du modèle E104

Les relations entre ces objets ne sont pas listées compte tenu de leur nombre (234) mais sont représentées dans le graphe de la Figure 3.28 . Dans cette figure, les objets sont regroupés par construits avec une coloration correspondant aux points de vue. Les groupes « Data, Features, Practices et Objectives » sont détaillés, les autres groupes sont condensés sur un objet graphique ce qui permet de faire ressortir la structure générale au niveau des construits. Cette représentation est un exemple de la hiérarchisation nécessaire du graphe pour en permettre des représentations utilisables. Même sur ce modèle simplifié, la structure du méta-modèle ne permet pas de représenter de manière pertinente l'intégration. En effet, de nombreuses dépendances traversent cette structuration et nous allons montrer sur cet exemple simple, la pertinence des différents outils proposés dans notre démarche d'ingénierie dirigée par l'intégration.

Features	Event	Enterprise Activity	Business Process
Fea-Selling	Ev-CusReq	EA-Release	BP-Plan
Fea-Shipping	Ev-OrdConf	EA-SelectSupplier	BP-Source
Fea-Invoicing	Ev-SOP valid	EA-PurOrder	BP-Make
Fea-Forecasting	Ev-OrdPro	EA-PurReceipt	BP-Deliver
Fea-Planning	Ev-OrdTrans	EA-Forecast	BP-Account
Fea-Scheduling	Ev-Shortage	EA-SOP	
Fea-Purchasing	Ev-ProdDecl	EA-MRP	
Fea-Warehousing	Ev-Receipt	EA-Produce	
Fea-Accounting	Ev-Shipment	EA-Schedule	
Fea-Producing	Ev-SupInv	EA-Sale	
	Ev-InvoiceCleared	EA-Deliver	
	Ev-Paiement	EA-Invoice	
	Ev-Forecast updated	EA-Clearing	
	Ev-OrdAvailable	EA-Closing	
	Ev-Period	EA-Controling	
	Ev-SalInv	EA-Budget	
		EA-Paying	

Tableau 3.17 : Liste des objets de la vue fonctionnelle du modèle E104

Data	Enterprise Object	Resources
Da-PlanOrd	EO-SalesO	Re-Machine
Da-MObom	EO-PurchaseO	Re-Stocks
Da-SO	EO-ManufactO	Re-Truck
Da-PO	EO-EntPlan	Re-Expert
Da-Manuf-Order	EO-RawMat	Re-ERP
Da-Item	EO-SalesI	Re-APS
Da-SI	EO-PurchaseI	Re-SRM
Da-PI	EO-WorkCenter	
Da-WC	EO-Customer	
Da-Customer	EO-Supplier	
Da-SUP	EO-Warehouse	
Da-WH	EO-Forecast	
Da-MPS	EO-MPS	
Da-Gen-Ledger	EO-PlanOrd	
	EO-GenLedger	

Tableau 3.18 : liste des objets informationnels et ressource du cas E104

critères de classification et comparer les résultats à des méthodes de type k-means. Enfin un algorithme de positionnement du graphe par équilibre de force a été réalisé en complément du logiciel utilisé pour obtenir des visualisations utilisables de graphes. Ces outils ont été utilisés pour le cas académique et les cas réels présentés dans les sections suivantes.

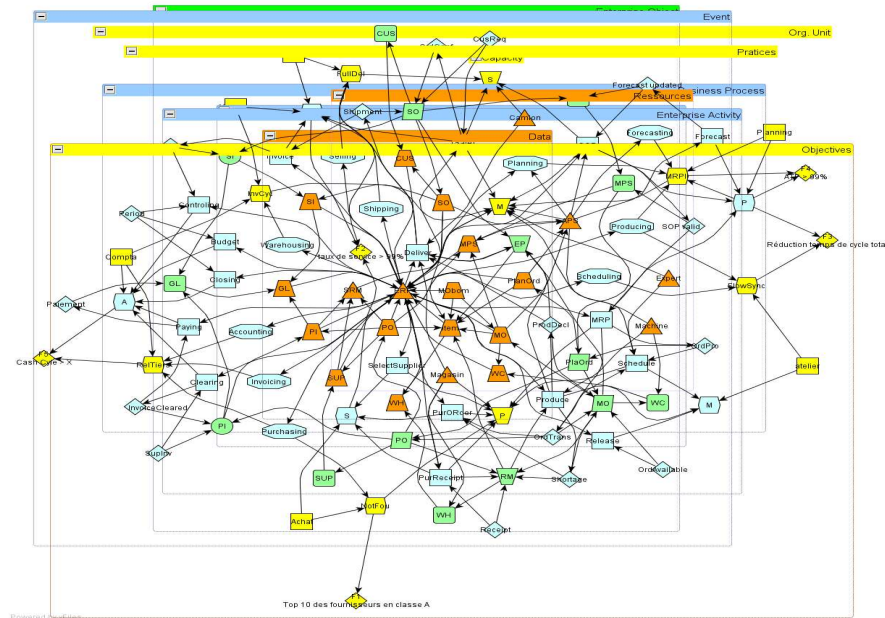


Figure 3.29. graphe d'intégration du cas E104 avec algorithme de force

Les temps de calculs pour la construction des chemins confirme la complexité évoquée dans la section 3.2.6. Le calcul des voisins pour le cas E104 ne prend que 15s sur un portable DELL630 (INTEL Core CPU 2Ghz, 2Go RAM)³⁰, et se confirme comme un outil capable de passer à l'échelle d'un graphe correspondant à un projet ERP qui peut être estimé à 10^5 objets. Le Tableau 3.19 donne les temps de construction des graphes permettant le calcul des distances en fonction du paramètre de longueur d'intégration, ainsi que le nombre de chemins correspondants.

Longueur	Temps (s)	Nb chemins
2	30	788
3	92	4855
4	796	25862
5	23455	134578

Tableau 3.19 : temps de construction des graphes d'intégration (cas E104)

³⁰L'ensemble des calculs décrits dans ce document ont été effectués sur cette machine

La pertinence du rayon du graphe comme paramètre de longueur d'intégration est confirmée dans ce cas. Le Tableau 3.20 montre que c'est la longueur 3 qui permet de discriminer le mieux les couplages entre objets du cas E104. Il présente pour chaque longueur en colonne, le nombre de couples de sommets dont le couplage est compris dans la dizaine correspondante de la ligne. On voit que la longueur d'intégration 1 ou à l'inverse proche du diamètre ne mesure pas de distance significative puisque tous les sommets sont équivalents. La valeur optimale est bien 3 ce qui correspond au rayon du graphe E104. Nous utilisons donc cette valeur pour choisir les matrices de couplage, et distance dans la suite des calculs.

Couplage max	Longueur=1	Longueur=2	Longueur=3	Longueur=4	Longueur=5
10	10811	8388	520	0	0
20	4	726	640	0	0
30	0	86	591	0	0
40	1	12	499	0	0
50	0	1446	1245	18	0
60	0	129	1172	16	0
70	0	23	1328	102	0
80	0	4	1097	217	0
90	0	1	883	211	0
100	0	0	674	206	0
110	0	0	338	281	0
120	0	0	157	547	0
130	0	0	45	410	0
140	0	0	24	192	0
150	0	0	0	199	0
160	0	1	1151	400	0
170	0	0	305	598	14
180	0	0	101	945	193
190	0	0	36	886	4
200	0	0	9	1570	26
210	0	0	0	1316	581
220	0	0	0	940	613
230	0	0	1	1762	9385
total	10816	10816	10816	10816	10816

Tableau 3.20 : Couplages répartis par dizaine selon la longueur d'intégration

Dans un premier temps, nous utilisons la matrice de couplage pour établir des voisinages. Nous prenons un exemple centré sur l'objet « EO-EntPlan » dans un modèle en cours de construction centré sur le processus de planification. Des objets de différents types sont placés dans le modèle. Le processus « P » de planification est décrit par l'objectif « ATP » avec les activités d'entreprise « Forecast », « SOP »

et « MRP » qui sont déclenchés par les événements « Forecast update » et « SOP validated ». Deux objets d'entreprise sont concernés, le « plan MPS » et les « ordres planifiés ». Le modèle utilise les données « Ordre planifié », « MPS » et les applications « APS » et « ERP ». L'objet «EntPlan » est positionné dans le modèle et le modélisateur cherche à connaître le contexte d'intégration de cet objet. Les calculs de couplage permettent d'identifier les objets qui lui sont liés fortement dans l'ordre décroissant de leur couplage. Le Tableau 3.21 présente les couplages pour cet objet présenté par ordre décroissant et pour chaque point de vue en colonne. Une valeur limite est proposée pour identifier les « voisins » de chaque point de vue qui sont colorés. La structure du graphe fait que cette limite est variable selon le point de vue, sachant que le couplage maximal dans ce graphe est de 233.

Fonctionnelle	Informationnelle	Organisationnelle	Ressources	
Ev-Period	133 EO-Purchasel	115 OU-Compta	121 Re-APS	80
EA-Produce	133 EO-PurchaseC	98 Ob-TS>99	116 Da-WC	70
Fea-Producing	117 EO-RawMat	95 Pr-FullDel	111 Da-WH	67
Fea-Purchasin	114 EO-Customer	86 Pr-FlowSync	111 Re-Stocks	62
Fea-Warehouse	113 EO-MPS	82 OU-Magasin	111 Re-Camion	58
Fea-Selling	112 EO-PlanOrd	76 OU-Achat	106 Re-SRM	55
Ev-Shortage	110 EO-Warehouse	75 Pr-MRPll	105 Re-Expert	52
Ev-ProdDecl	109 EO-Supplier	75 Ob-Top10F	105 Re-Machine	50
Fea-Scheduling	108 EO-SalesI	70 OU-Planning	102 Da-SUP	40
Ev-Paiement	108 EO-WorkCent	61 Pr-InvCyc	97 Re-ERP	39
BP-Account	107 EO-SalesO	60 Ob-ATP>	95 Da-SI	28
Fea-Shipping	106 EO-EntPlan	55 CA-Manage	93 Da-Manuf-Orde	21
EA-Paying	104 EO-ManufactC	45 Ob-TimeCycle	92 Da-Gen-Ledge	21
Ev-SOP valid	102 EO-GenLedge	45 Ob-CashCycle	92 Da-Item	17
Fea-Planning	101 EO-Forecast	43 CA-Source	92 Da-PlanOrd	13
Fea-Forecastir	101	OU-atelier	64 Da-MObom	13
Fea-Accountin	99	Pr-NotFou	60 Da-Customer	12
EA-Invoice	97	CA-Make	60 Da-PO	11
EA-Forecast	97	Pr-RelTiers	40 Da-MPS	10

Tableau 3.21: Couplages dans le graphe E104 pour l'objet EA-Produce

On peut représenter pour l'utilisateur cette priorité de couplage dans une interface graphique de modélisation en présentant sous forme de bloc par point de vue, les objets dans l'ordre décroissant de leur couplage. Cette vue qui intègre le couplage dans un environnement de modélisation est présentée dans la Figure 3.30 où les voisinages reprennent la couleur des points de vue correspondants. Dans cette figure, chaque « voisinage » place les objets concernés dans l'ordre de couplage décroissant de gauche à droite.

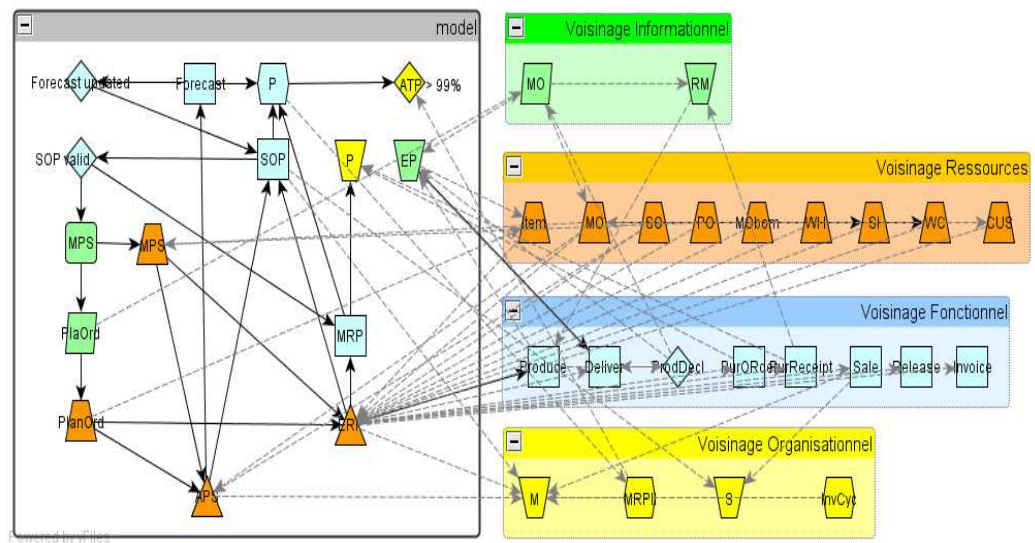


Figure 3.30 modèle partiel et voisinages par point de vue de l'objet EP.

Enfin, nous utilisons la distance pour construire un partitionnement du graphe E104. Comme pour le couplage, on constate que la longueur d'intégration qui donne la mesure la plus discriminante comme distance correspond au rayon du graphe. Le Tableau 3.22 présente la répartition des dissimilarités calculées par dizaine et par longueur d'intégration. Les distances pour la longueur 1 (colonne 2) comme celle pour la longueur 5 (dernière colonne) ne permettent pas de construire une distance efficace pour discriminer les sommets du graphe puisque les distances sont faiblement distribuées et donc que les sommets sont le plus souvent presque équidistants. Nous retenons encore la longueur d'intégration 3 pour la suite des calculs de partitionnement et nous utilisons la distance (dissimilarité relative) comme mesure pour la classification.

Nous savons qu'il n'existe pas de classification « absolue » pour tous les usages possibles. Les méthodes de classification hiérarchique proposent un nombre de classes non pré-déterminé au contraire des méthodes d'allocation autour de centres mobiles (k-means). La pertinence d'une classification peut être évaluée par la variance des distances inter-classes comparée à la variance totale. Ce critère mesure le pouvoir de « séparation » entre les classes. On peut aussi chercher à évaluer la « densité » des classes constituées. Nous avons privilégié pour des raisons pratiques la mesure de variance, et nous avons surtout évalué la pertinence métier des classes à partir de notre connaissance du modèle E104.

Dissimilarité max	Longueur=1	Longueur=2	Longueur=3	Longueur=4	Longueur=5
10	7330	164	194	1772	8492
20	3280	478	304	720	1152
30	0	1510	452	1794	766
40	0	1640	540	1518	198
50	204	1202	456	1094	8
60	2	1362	270	828	186
70	0	1836	398	462	14
80	0	1340	622	368	0
90	0	800	778	332	0
100	0	240	1028	202	0
110	0	68	1558	492	0
120	0	48	1512	474	0
130	0	4	940	338	0
140	0	4	658	156	0
150	0	44	462	54	0
160	0	72	322	200	0
170	0	4	206	12	0
180	0	0	76	0	0
190	0	0	28	0	0
200	0	0	2	0	0
210	0	0	8	0	0
220	0	0	2	0	0
230	0	0	0	0	0

Tableau 3.22 : Dissimilarité du graphe E104 selon la longueur d'intégration

Nous avons donc comparé les résultats obtenus par une classification hiérarchique utilisant différentes distances (simple, moyenne, distance de Ward) et une classification de centre mobiles (k-mean) en tenant compte du nombre de classes et de la répartition de la variance inter/intra classes. La comparaison des méthodes de classification hiérarchique (Tableau 3.23) montre surtout l'importance du choix de la règle d'agrégation qui sera utilisée. Le nombre de classes obtenues sur le graphe E104 varie fortement pour des variances interclasses proches.

	variance interclasse	nombre de classes
Méthode d'agrégation : Méthode de Ward	62%	3
Méthode d'agrégation : Lien proportionnel	84%	12
Méthode d'agrégation : Lien simple	93%	42
Méthode d'agrégation : Lien complet	81%	13
Méthode d'agrégation : Méthode de Ward	62%	3
Méthode d'agrégation : Lien moyen	57%	9

Tableau 3.23 : Comparaison méthode de classification hiérarchique ascendante

La méthode de Ward donne quelque soit la distance un nombre de classes faible avec une variance intraclasse qui reste forte (près de 40%). La classification

est dans ce cas peu efficace. La méthode du lien simple éclate le graphe en un très grand nombre de classes (42 pour 104 objets). C'est la méthode du lien proportionnel qui propose une classification significative en nombre de classes et en séparation des classes. Cependant, 4 classes générées ont 1 ou 2 objets seulement.

L'utilisation d'une méthode de partitionnement k-means permet de comparer les partitionnements en fonction du nombre de classes demandé. Dans tous les cas, la classification fournit des partitions inégales, une classe regroupant un grand nombre de sommets et d'autres de plus petite taille. Le Tableau 3.24 présente les résultats :

Nb de groupes	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
variance interclasses	81%	83%	85%	85%	86%	86%	87%	87%	88%	88%	89%
taille moyenne	20,8	17,3	14,9	13,0	11,6	10,4	9,5	8,7	8,0	7,8	6,9
taille maximum	40	40	40	40	40	40	40	40	24	21	22
taille minimum	6	6	6	4	2	3	2	3	1	2	1

Tableau 3.24 : Comparaison partitionnement selon nombre de groupes

Le choix du nombre de classes nécessite d'étudier leur contenu. La classe de grande taille regroupe dans plusieurs cas l'essentiel des Data, Features, et Enterprise Activity. Le partitionnement a donc partiellement reconstruit la classification des construits. Mais d'autres classes prennent une signification métier. Ainsi on voit apparaître dans plusieurs cas une classe contenant les objets BP-A (processus comptable), EO-GL (Grand Livre), EO-PI (facture fournisseur), EO-SUP (fournisseur), Ev-InvoiceCleared (facture rattachée), Ev-Paiement (paiement), Ev-Period (période), Ev-SalInv (facture client), Ev-SupInv (facture fournisseur), Pr-RelTiers (relance fournisseur).

L'analyse des classes peut conduire à s'interroger sur le modèle. Ainsi dans l'exemple ci-dessus, si la classe semble regrouper les informations à caractère financier, elle peut sembler incomplète. L'objet d'entreprise SI « facture client » n'est pas regroupé dans la même classe, alors que c'est le cas pour l'évènement correspondant (Ev-SalInv). On peut donc s'interroger sur les relations autour de cet objet. La différence entre EO-SalesInv et EO-PurchaseInv du point de vue de l'intégration repose en fait sur la présence de l'objet SRM qui n'a pas son équivalent du côté commercial dans le cadre de ce modèle simplifié.

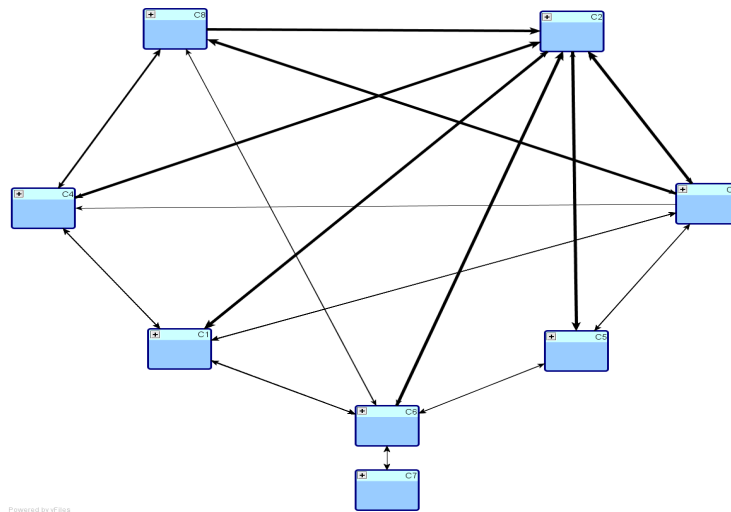


Figure 3.31 graphe interclasses après partitionnement 8-means.

On peut aussi utiliser le partitionnement pour donner une vue agrégée du graphe. La Figure 3.31 présente ainsi les 8 classes générées par un partitionnement k-means et leurs relations dans le modèle. Malgré la simplification due au partitionnement, le graphe est fortement corrélé. Une classe fait exception car elle semble être faiblement lié au graphe dans son ensemble et pouvoir être facilement rattaché à une autre classe. Cette classe isolée contient les objets suivants : Fea-Forecasting, EA-Forecast, Ob-Cycle, Ob-ATP, OU-atelier, OU-Planning. Ces objets sont cohérents et centrés autour de la maîtrise du disponible. Le super-graphe reliant les classes nous confirme que l'intégration est forte. En dehors d'une classe faiblement dépendante, le degré des sommets est élevé ((4+3+4+4+3+4+6) avec une moyenne de 4). La réalité de l'intégration apparaît dans ce graphe qui est proche du graphe complet. Certaines classes présentent un point de vue particulièrement significatif. Les classes C6 et C7 sont centrées sur la planification. Dans la Figure 3.32 les objets de ces deux classes ont été positionnés automatiquement par un algorithme de force.

Cette vue permet de s'interroger sur l'évènement « SOP Validation » non lié aux activités de planification dans cette vue mais qui, étant présent dans cette partition est proche des autres objets. Le graphe d'intégration peut ainsi à la fois être un outil d'explicitation de l'intégration masquée dans le modèle et qu'il est nécessaire de révéler au modélisateur, ou au contraire être un outil d'interrogation du modèle par le modélisateur dont l'expérience le conduit à critiquer la représentation de l'intégration que porte le graphe.

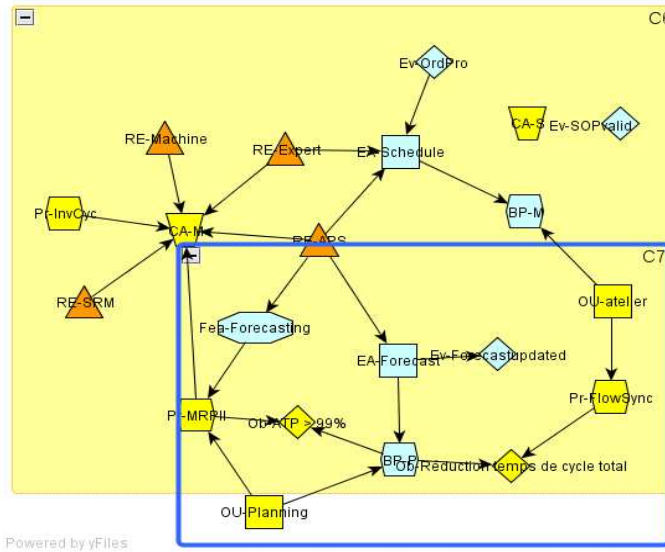


Figure 3.32 Classes C6,C7 du partitionnement K8 du graphe E104

D'autres dispositions, notamment hiérarchiques sont possibles et permettent de générer des « points de vue » particuliers de l'intégration, regroupant des objets proches qui sont ou ne sont pas liés dans le modèle. Le partitionnement peut aussi être utilisé sur un sous-graphe, notamment sur un des construits afin d'aider à la structuration du modèle. Cette démarche est robuste sur ce cas E104. Le construit « Enterprise Activity » a un classement quasi constant par toutes les méthodes utilisées. Le Tableau 3.25 montre ce classement dans le cas d'un partitionnement k-means avec 4 groupes.

EA-Release	EA-SelectSupplier	EA-Forecast	EA-Clearing
EA-PurOrder	EA-SOP	EA-Schedule	EA-Closing
EA-PurReceipt	EA-Sale		EA-Controlling
EA-MRP	EA-Deliver		EA-Budget
EA-Produce	EA-Invoice		EA-Paying

Tableau 3.25 : Classement des "Enterprise Activity" partitionnement 4-means

Ce cas académique que nous avons utilisé comme cas expérimental pour mettre au point les outils de calcul permet de vérifier la pertinence et la faisabilité de l'étude de l'intégration à travers le graphe des dépendances du modèle d'entreprise. Le couplage et les voisinages, la distance et les partitions peuvent donner des représentations originales et pertinentes sur le modèle d'entreprise afin d'aider les acteurs à tenir compte des contraintes globales qui conditionnent leurs actions sur le modèle.

3.4.2 Illustration sur le cas BAAN

1 Etude de l'intégration de l' ERP BAAN

BAAN a été un ERP parmi les leaders des années 1990, et un des premiers éditeurs d'ERP qui a inclus un module de modélisation de processus dans l'application. Ce module (DEM for Dynamic Enterprise Modelling) permet de définir des modèles de référence standard selon des typologies d'entreprise, représentant les « meilleures pratiques » d'usage de cet ERP. Cet ERP, qui représente toujours une base installée parmi les plus importantes, s'appelle, après plusieurs rachats successifs « INFOR ERP LN ». Il conserve cette originalité d'un module intégré de modélisation de processus et d'un référentiel qui permet d'analyser un modèle générique de processus déjà aligné sur les fonctionnalités applicatives. La structure technique de l'ERP est classiquement celle d'une application 3-tiers, autour d'une base de données relationnelle, d'un serveur applicatif qui assure la logique des traitements et des calculs par un ensemble de bibliothèques qui sont activées par des interactions utilisateurs principalement sous forme transactionnelle. Ces interactions sont structurées en « sessions » qui représentent l'entité élémentaire d'un menu et l'objet informatique que repère l'utilisateur et qui représente « l'outil » à sélectionner selon la tâche à réaliser. Une session correspond à la notion de « transaction » de SAP et peut comporter plusieurs écrans ou états. Les sessions, écrans, états, tables, champs, bibliothèques... sont classifiés dans une arborescence technique et codifiés d'une manière pertinente pour cette classification. Cette classification organise l'ERP en « applications » (packages) qui représentent un domaine fonctionnel comme la production, les services ou la finance, lui-même décomposé en modules qui correspondent à des ensembles d'objets développés par une équipe pour répondre à un besoin fonctionnel et sont donc supposés être « fortement intégrés » et faiblement dépendants des autres modules.

Le module DEM propose une démarche d'analyse centrée sur des « modèles de contrôle (business control model) » et des « cas d'entreprises (business cases) » qui décrivent à la fois une structuration du domaine et sa dynamique. Il existe quelques modèles de contrôle standard pour les principales typologies d'entreprise (MTS, ATO, MTO...) mais la démarche de modélisation consiste en général à créer des modèles spécifiques représentant le « cadre » d'expression du projet. Ces modèles de contrôle identifient les « déclencheurs » ou événements internes ou externes qui activent des « fonctions ». Une fonction est décrite sous forme de un ou plusieurs « processus » qui peuvent être spécialisés selon la typologie d'activité ou d'évènements déclencheurs. Ce module propose une

décomposition hiérarchique des fonctions et des processus facilitant l'analyse descendante. Un processus est décrit sous une forme de type « réseau de petri » ou les places traduisent les évènements et déclencheurs sous forme de statuts d'objets et les transitions représentent les activités informatiques ou manuelles qui sont déclenchées par un événement et en génère d'autres.

L'intégration de cet ERP peut être mesurée par le nombre de dépendances entre ces différents objets. On compte dans la version 6 de cet ERP 2431 tables, 4901 scripts et 7527 sessions. Les dépendances entre ces objets peuvent être extraites des références croisées que l'outil technique peut fournir. Elles sont présentées dans le Tableau 3.26 en séparant les dépendances « intra-modules » entre deux objets du même module technique (par exemple entre la fiche magasin et les ordres d'inventaire), et les dépendances « inter-modules » entre des objets de modules différents (par exemple entre la fiche magasin et les ordres de ventes). Plus la part de dépendances interne est élevée, plus la structure technique de l'application est pertinente pour présenter les contraintes d'intégration.

	Objects	Dependences	Intra-module	Inter-modules
Tables	2431	6898	2593	4305
Tables+sessions+scripts	14841	22308	11541	14260

Tableau 3.26 : dépendances techniques inter et intra modules BAAN

On constate que la moitié des dépendances sont inter-modules ce qui souligne en première approche que l'intégration est fortement transverse à la structure technique de l'application et qu'il n'est pas possible de considérer un ERP et donc pas non plus un projet ERP, comme un ensemble de modules faiblement couplés. La même analyse peut être faite sur les dépendances entre les objets organisationnels portés par le référentiel DEM (fonctions, rôles et processus) et les objets informationnels des applications. Le Tableau 3.27 présente présente la répartition en pourcentage de la contribution d'une application (colonne) aux fonctions métiers (ligne) à partir du couplage entre les objets correspondants, cumulés au niveau des fonctions principales DEM (premier niveau de décomposition de la vue fonctionnelle) et des applications de l'ERP (premier niveau de décomposition de l'arborescence technique).

La profondeur de l'intégration apparaît encore avec des applications, cohérentes et modulaires d'un point de vue technique interne, mais qui contribuent à plusieurs fonctions métiers, notamment les applications centrales de l'ERP (distribution, finance, production, planification, service, magasin) qui contribuent à plus de 4 fonctions métiers chacune. On constate des cas particuliers, l'application "project" qui a été intégré dans cet ERP après avoir été une application autonome

orientée sur un marché particulière (génie civil) et l'application "freight management", application récente que les modèles de processus de cet éditeur n'ont pris en compte que tardivement et en complément aux processus existants.

On peut s'interroger sur l'absence de prise en compte de cette application dans le processus de planification par exemple, alors que les délais de transport et même les contraintes de groupage à l'export peuvent être prises en compte dans le calcul des délais des processus de planification. Là encore, notre approche peut être le support de démarches de vérification ou validation de modèles standard en interrogeant la cohérence de l'intégration entre les différents points de vue.

proc	Commun	Distribution	Document Mg	Finance	Freight	Industry	Invoicing	Planning	Project	Services	Warehousing	People	Total
Account Mgt	8%	11%								21%			4%
Account Payable Invoices				14%									3%
Account Rec. Invoices	2%			8%			83%						3%
Call/Order Mgt										22%			2%
Cash Mgt	3%			20%			4%						5%
Cost Accounting				20%		6%							5%
Demand Mgt								21%					1%
Engineering	24%		4%			27%				10%			7%
Enterprise Planning	8%					5%		75%		14%			6%
Fin. Planning and Budg.		1%		3%									1%
Fixed Assets				10%									2%
Freight Mgt	3%	3%			100%						2%		6%
Human Resource Mgt	5%											55%	2%
Inventory Mgt	3%	1%									53%		5%
Master Data	1%											7%	%
Object Data Mgt	1%		96%										2%
Posting & Auditing	1%			19%		1%	9%						5%
Product Assortment Mgt	6%	2%				2%					1%		1%
Production	7%	3%				40%		3%			5%	16%	8%
Project Mgt	6%					19%			96%			11%	12%
Purchase		18%							3%		2%		3%
Purchase & Sales Sched.		21%						1%			1%		3%
Quality Mgt										6%			%
Reporting & Analyzing	18%			6%			4%						3%
RMA/ Depot Repair Control										8%			1%
Sales		27%								7%			4%
Service Execution Control		1%								12%		11%	1%
Supplier Mgt	4%	11%											2%
Warehousing										%	33%		3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 3.27: Contribution des applications aux fonctions métiers (BAAN)

2

Etude des distances sur un graphe BAAN partiel

La mise en œuvre de notre approche sur un cas complet BAAN nécessite une infrastructure et des travaux complémentaires compte tenu de la taille du modèle et du graphe résultant. La taille estimée du graphe BAAN est de 30000 objets et 100000 dépendances. La première difficulté est d'obtenir l'ensemble des objets « utiles ». En effet, l'extraction automatique par les outils fournit des objets (34982) dont certains sont des outils connexes de tests, vérifications, reprises en cas d'erreur techniques. Il faut donc d'abord filtrer ces listes à partir d'une connaissance détaillée de l'ERP considéré. Sur la base des algorithmes utilisés, la taille du graphe rend nécessaire des architectures adaptées en termes de taille mémoire notamment. Les algorithmes utilisent une pile dont la paramétrage maximum sur notre portable était de 10^9 octets (pour une mémoire de 2Go de RAM). Elle permettait de traiter des graphes de l'ordre de 2000 objets.

De plus, les approches de partitionnement étudiées dans la section 3.2.4 ne reposent pas sur des techniques donnant une solution optimale, mais suppose d'étudier la pertinence de chacune des méthodes et notamment le choix du nombre de partitions recherchées. Dans un modèle de grande taille, il est indispensable d'automatiser des chaînes de tests permettant de vérifier la pertinence de telle ou telle approche.

Pour toutes ces raisons, nous avons travaillé sur des vues partielles de ce cas à partir d'un graphe réduit aux objets dépendants de l'application « Warehousing » de l'ERP. A partir de ce cas, nous avons construit deux graphes dénommé BAAN-TT et BAAN-WH. BAAN-TT a pour objectif d'étudier comment notre approche permet d'interroger la structure technique de la base de données de l'ERP. BAAN-WH a pour objectif d'étudier comment notre approche permet de mieux rendre compte des relations entre points de vue technique et fonctionnel dans le modèle.

Cas BAAN-TT-568

Ce cas est limité aux objets techniques « tables » de l'ERP en lien avec la gestion de production, (gestion d'atelier, données de base, données organisationnelles, gestion de magasin). Il représente 568 objets et 1714 dépendances après filtrage de quelques éléments non connexes. Le graphe de rayon 6 a été traité pour une longueur d'intégration de 5^{31} pour le calcul des voisinages en 368 s et pour le calcul des matrices de distances en 1620 s avec une pile mémoire maximum de 7571565 mots.

³¹Pour des raisons de limitations de taille mémoire

Des partitionnements ont été étudiés sur ce cas pour les tables des applications “production” pour vérifier des résultats précédents montrant l'existence de partitionnements plus efficace que la structure technique existante. L'utilisation de la distance d'intégration donne une vue du modèle clairement transverse à sa structure hiérarchique technique.

Nous avons d'abord effectué une classification hiérarchique pour obtenir un nombre de classes objectif. Puis nous avons utilisé un traitement k-means qui a donné une séparation des classes plus forte. Cette classification est plus intéressante car les classes sont “faiblement couplées entre elles tout en étant “relativement denses”. Or, ces classes ne correspondent pas du tout à la structure technique existante. Le Tableau 3.28 montre ainsi la classification obtenue avec des classes (en ligne) très fortement transverses à la structure technique (en colonne). Le tableau présente pour une ligne et une colonne le nombre d'objets, donc de tables concernés. Les modules pris en compte sont dans l'ordre des colonnes: bom (nomenclatures), cpr (prix de revient), cst (coûts constatés), edm (nomenclatures d'études), grt (classification de groupe), ipd (données articles de production), mfc (données fabrication), pcf (configurateur de produit), rou (gammes de production), rpt (gammes répétitives), sfc (gestion d'atelier), trp (gestion d'outillages).

Classe	bom	cpr	cst	edm	grt	ipd	mfc	pcf	pcs	rou	rpt	sfc	trp	Total
1				2									2	4
2		1		2				1		2		4	3	13
3		6								2			6	14
4		2		1				2		1			1	7
5		1	1						2				1	5
6	1								1				1	3
7	1	10	1			1			7	1		1		22
8			2	4				2		5		10		23
9				1			2	3				2		8
10		3	4					1		4		1		13
11				3				2	2			1		8
12			1					4		1	1			7
13		2						1			1			4
14								5			1			6
15	2	1				1		1		3				8
16				1					1	2				4
17					3				3					6
18									6					6
19		2							1					3
20			3					1						4
21					12									12
22					6									6
23					7									7
24					3									3
25		5												5
Total	4	33	12	14	31	2	2	23	23	21	3	19	14	201

Tableau 3.28 : Partitionnement tables TI du cas BAAN-TT-568

On constate ainsi que la classe 8 proposée par le partitionnement regroupe des tables provenant de 5 modules différents de l'ERP. C'est bien l'objet gamme qui est au cœur de ce regroupement et qui est effectivement transverse à ces modules.

Nous avons ici un exemple potentiel de « réingénierie » du progiciel dont la structure est historique et dépendante de considérations de comptabilité ascendante, de compétences des équipes de développement. Une autre organisation technique des objets de l'ERP est sans doute possible.

Cas BAAN-WH-336

Ce cas repose sur un sous-graphe construit sur l'objet organisationnel “Business Function”, et les objets informatiques “sessions” et “tables” pour lesquels des dépendances existent avec l'application “warehousing” de BAAN. Ces objets correspondent aux construits BP, ITR et Da de notre méta-modèle. Le cas contient 336 objets et 1211 dépendances. Le graphe de rayon 4 a été traité pour le calcul des voisinages en 266 s et pour le calcul des matrices de distances en 459 s avec une pile mémoire maximum de 2484334 mots. Les matrices résultantes ont été analysées pour étudier le partitionnement possible des “business fonctions” tenant compte des dépendances avec les tables et les sessions. Un premier résultat est obtenu avec une classification hiérarchique ascendante sur la matrice de dissimilarité entre “business functions”. Le dendrogramme est présenté dans la Figure 3.33 et le calcul propose 5 classes.

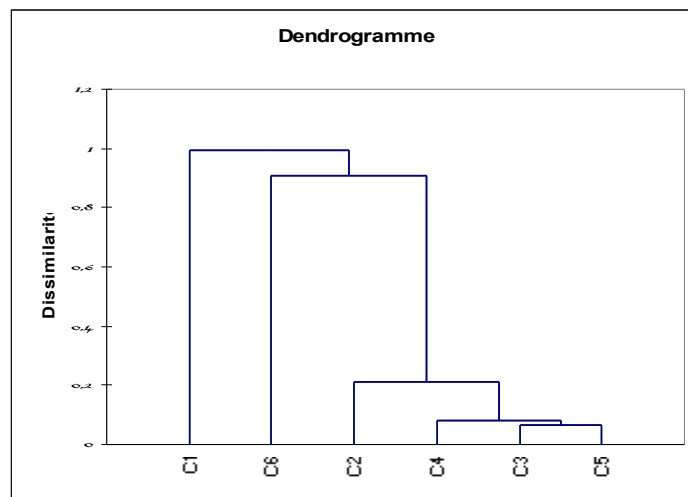


Figure 3.33: dendrogramme classification hiérarchique cas BAAN-WH-BF

Deux classes sont particulièrement intéressantes car elles illustrent un regroupement des fonctions par la richesse fonctionnelle du besoin de gestion de magasin.

Les processus de stockage, réception, expédition, inventaire proposés par le modèle de processus de BAAN sont en effet différenciés en processus "de base" et processus "avancés". C'est justement la séparation des classes 4 et 5 résultantes de la classification hiérarchique comme le montre le Tableau 3.29. Dans cet exemple partiel, le partitionnement permet de représenter une structure qui n'était apparente que dans le libellé des fonctions. Les fonctions dites "advanced" dans le référentiel sont regroupées par la classification, permettant de faire apparaître une structure implicite par l'étude de l'intégration d'un modèle.

Classe 4	Paramètres et description fonctions classe 4	Classe 5	Paramètres et description fonctions classe 5
12	Objets	8	
12	Somme des poids	8	
0,009	Variance intra-classe	0,004	
0,062	Distance minimale au barycentre	0,034	
0,088	Distance moyenne au barycentre	0,054	
0,124	Distance maximale au barycentre	0,090	
MIM01	Inventory Monitoring	MIM02a	Inventory Analysis - Advanced
MIM02b	Inventory Analysis - Basic	MMN02f	Assembly: Execution
MIM03	Sourcing	MWH01a	Receiving - Advanced
MIM04	Planning/ VAS Control	MWH04a	Picking - Advanced
MIM05	Warehouse Layout Management	MWH04c	Picking - Over-the-counter Sales
MIM06	Lot & Serial Number Control	MWH05a	Stock Management
MIM08	Inventory Blocking	MWH06	Packing
MPS12	Process Purchase Schedules	MWH07a	Shipping - Advanced
MPU01	Purchase Order Entry		
MWH02	Inspection		
MWH03	Store Goods		
MWH08	Cycle Counting		

Tableau 3.29 : Usages "de base" et "avancés" des processus WH de BAAN

Le cas BAAN permet ainsi d'illustrer deux situations où l'approche du graphe d'intégration apporte un éclairage utile sur un modèle établi et connu.

3.4.3 Illustration sur le cas SCOR

Le modèle de référence SCOR a été présenté dans la section 2.2.4. Nous utilisons pour son étude précise la version 7 dont nous avons transformé le document de référence (tel que présenté dans la Figure 2.12 en page 93) en tableaux des objets selon le méta-modèle proposé dans la Figure 3.3 en page 151. L'identification des objets suppose un travail de clarification et normalisation notamment des objets de type « informations » et « features ». En effet, leur description uniquement textuelle fait apparaître des redondances sémantiques (deux objets identifiés par des textes différents mais qui peuvent être considérés comme identiques). Ce travail présenté en section 3.1.3 conduit à un graphe de 1846 objets reliés par 2642 arêtes. Si le temps de calcul estimé est réaliste (2h sur un portable), le besoin en taille mémoire important (estimé entre 4 et 6Go) compte tenu que l'outil de calcul utilisé ne peut fonctionner que dans la limite de la mémoire disponible, supposerait un travail d'optimisation de l'utilisation mémoire ou d'utilisation de ressources de calcul plus spécialisées.

Mais une difficulté plus importante est apparue sur ce cas qui rend nécessaire un travail de fond sur le référentiel lui-même. En effet, nous avons fait le choix de considérer le graphe d'intégration au niveau le plus détaillé, sans tenir compte des structures hiérarchiques existantes, l'objectif étant justement de rechercher des structures émergentes. Or le graphe d'intégration du référentiel SCOR au niveau 3, donc sans la structure hiérarchique de processus comporte 18 composantes connexes. Par exemple les processus D1.1 et D2.1 échangent deux informations entre eux mais sont isolés du reste du modèle sans la structure hiérarchique du processus D qui contient les processus D1 et D2. Le Tableau 3.30 présente la totalité des dépendances concernant ces deux processus de niveau 3.

(Customer) Inquiry	I007	D1.1	Process Inquiry & Quote (Stocked Product)
(Customer) Inquiry	I007	D2.1	Process Inquiry & Quote (MTO Product)
Order Quote (Customer)	I168	D1.1	Process Inquiry & Quote (Stocked Product)
Order Quote (Customer)	I168	D2.1	Process Inquiry & Quote (MTO Product)

Tableau 3.30 : dépendances des processus SCOR D1.1 et D1.2

La cohérence du référentiel SCOR est donc partiellement implicite. Des dépendances entre processus ne sont pas explicitées par une dépendance d'information échangée, de bonnes pratiques préconisées, ou d'applications support. Le référentiel ne peut donc être utilisé sans une analyse complémentaire qui suppose une étude de sa structure et notamment des relations existantes implicitement entre processus et qui sont utilisées pour construire un modèle de

chaîne logistique basé sur SCOR. Ainsi, le processus D1 est considéré comme devant être alimenté par un processus M1, alors que le processus D2 est alimenté par un processus M2. Mais ces dépendances ne sont pas présentes comme informations échangées entre ces processus. On peut s'interroger sur la complétude du modèle de ce point de vue et notre approche de graphe d'intégration peut contribuer à un outil de vérification de la cohérence du référentiel.

Nous avons étudié un cas limité à la composante connexe principale du graphe réduit aux seuls processus et informations du référentiel SCOR mais incluant les relations hiérarchiques entre processus. Ce graphe contient 525 objets et 966 arêtes. Le graphe est alors connexe et le résultat fait ressortir la structure hiérarchique existante. Le calcul des voisins a été effectué en 435 secondes et le calcul des matrices en 923 secondes avec une taille de pile mémoire de 4830488 mots.

Une classification des processus SCOR à partir de la distance d'intégration calculée est donc très fortement marquée par la structuration hiérarchique des processus. Le Tableau 3.31 présente une classification k-means à 13 classes avec en tête de colonne le nom du processus barycentre de la classe et en colonnes les processus appartenant à cette classe (la liste détaillée des codes process de SCOR est disponible dans la documentation SCOR, la première lettre étant significative du process principal: P pour Plan, S pour Source, D pour Deliver, M pour Make, E pour Enable, R pour Return). La classe 1 centrée sur le processus EP de support à la planification contient l'essentiel des processus de planification, la classe 3 centrée sur le processus M3.3 contient l'essentiel des processus de manufacturing, la classe 4 centrée sur le processus D2.6 contient l'essentiel des processus de distribution...

Cet exemple illustre l'enjeu de modéliser les dépendances en considérant l'intégration comme une caractéristique transverse. En effet, si la structure arborescente du modèle est dominante dans la modélisation, le graphe sera le plus souvent non connexe, ce qui de notre point de vue, traduit une représentation insuffisante de l'intégration. L'alignement stratégique de l'entreprise avec son système d'information se concrétise ici dans la cohérence entre une structure qui peut être plus ou moins fortement couplée et la réalité des dépendances informationnelles, fonctionnelles ou de ressources qui constituent les contraintes de modélisation et qui traduisent un couplage plus ou moins fort dans le modèle. On peut avoir deux entités ou domaines dont la stratégie suppose une indépendance au plan organisationnel, mais dont l'interopérabilité nécessaire va créer une intégration informationnelle ou de ressources qui conduira à une « proximité d'intégration » qui doit être prise en compte dans un modèle.

Démarche d'ingénierie orientée intégration / Illustration sur des cas académiques et réels

EP	ER.8	M3.4	D2.6	ER	S1.5	ED.4	EM.2	D1.10	S3.6	D3.12	M1.1	P2.4
P	S	M	D	R	S1	ED	EM	D1.1	D1.3	D2.9	D3.2	DR1.3
P1	ES	M1	D1	SR1	S2	DR3.4	EM.1	D1.10	D1.8	D3.1	ED.8	DR2.3
P2	ER.8	M2	D2	DR1	S3	ED.1	EM.2	D1.11	D1.9	D3.10	ES.9	DR3.2
P3	ES.1	M3	D3	SR2	D4	ED.2	EM.3	D1.12	D2.3	D3.11	M1.1	P1.2
P4	ES.2	M1.3	D2.1	DR2	D3.9	ED.3	EM.4	D1.13	D2.7	D3.12	M1.5	P2.1
P5	ES.4	M1.4	D2.10	SR3	D4.2	ED.4	EM.5	D1.14	D2.8	D3.13	M2.1	P2.4
EP	ES.5	M1.6	D2.11	DR3	D4.3	ED.5	EM.6	D1.15	D3.7	D3.14	M2.5	P4.2
EM.8	ES.6	M2.3	D2.12	ER	D4.4	ED.6	EM.7	D1.2	D3.8	D3.15	M3.2	P5.2
EP.1	ES.7	M2.4	D2.13	D4.7	D4.5	ED.7		D1.4	D4.1	D3.3	M3.6	S1.1
EP.2	ES.8	M2.6	D2.14	DR3.3	D4.6			D1.5	ER.3	D3.4	P3.4	S2.1
EP.3		M3.1	D2.15	DR1.1	S1.2			D1.6	ES.3	D3.5		S3.1
EP.4		M3.4	D2.2	DR1.2	S1.3			D1.7	M1.2	D3.6		S3.3
EP.5		M3.5	D2.4	DR1.4	S1.5				M2.2			
EP.6		M3.7	D2.5	DR2.1	S2.2				M3.3			
EP.7			D2.6	DR2.2	S2.3				P2.2			
EP.8				DR2.4	S2.5				P3.2			
P1.1				DR3.1	S3.2				S1.4			
P1.3				EP.9	S3.4				S2.4			
P1.4				ER.1	S3.5				S3.6			
P2.3				ER.2	S3.7				SR1.2			
P3.1				ER.4					SR1.3			
P3.3				ER.5					SR1.4			
P4.1				ER.6					SR1.5			
P4.3				ER.7					SR2.2			
P4.4				P5.1					SR2.3			
P5.3				P5.4					SR2.4			
				SR1.1					SR2.5			
				SR2.1					SR3.2			
				SR3.1					SR3.3			
									SR3.4			
									SR3.5			

Tableau 3.31 : Classification Hiérarchique ascendante des processus SCOR

La démarche présentée dans les chapitres précédents a été illustrée dans ce chapitre à travers un cas académique, de taille réduite pour en faciliter l'étude et la présentation dans la première section. Il fait suite à de précédents travaux portant sur BAAN, notamment sur la cohérence de l'intégration interne par les données et la structure technique des modules de l'ERP et sur l'alignement des fonctions aux processus des modèles de référence portés par le module DEM de cet ERP (Millet et al, 2005; Millet, 2005).

Cette démarche résulte aussi de l'étude du référentiel SCOR, autant pour le compléter par une normalisation des informations identifiées dans les échanges entre processus que pour étudier l'alignement de ce référentiel à des briques applicatives (Millet et al, 2007), (Millet 2006).

Ces deux cas métiers ont été repris avec la définition de distance proposée pour réévaluer les matrices et partitionnements possibles. Mais dans le cadre de cette thèse, l'étude ne peut porter que sur des cas partiels issus de ces environnements. En effet, la taille des graphes d'intégration nécessite une infrastructure technique adaptée et une plateforme automatisant l'enchaînement des tâches pour permettre des études plus systématiques d'un cas de grande taille. Nous évoquerons dans les perspectives industrielles de la partie 4, l'opportunité d'un projet de plateforme d'ingénierie ERP industrialisant les outils proposés.

L'étude de ces cas réels partiels donnent des résultats significatifs sur la pertinence et la faisabilité de l'approche proposée. Ils permettent de confirmer la pertinence du rayon du graphe comme longueur d'intégration. Ils mettent en avant la nécessité de critères de sélection des partitions possibles, notamment en terme de nombre, de séparabilité ou d'homogénéité.

Dans cette troisième partie, nous avons proposé une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles orientée vers l'intégration comme caractéristique première d'un système d'entreprise et de son système d'information. Cette démarche repose sur une interprétation itérative du cadre de modélisation de la norme 19439 permettant la recherche de l'alignement entre solutions standard et besoin spécifique à partir de référentiels et normes.

Un méta-modèle d'intégration a été proposé pour structurer les construits de modélisation nécessaires à partir de la norme 19440 en l'enrichissant d'une étude de modèles métiers existants. Cette étude confirme l'importance du méta-modèle pour faciliter la mise en cohérence d'ontologies métiers diverses qui seront mobilisés dans un projet d'entreprise.

Le modèle d'entreprise fondée avec ce méta-modèle est caractérisé par son « graphe d'intégration » dont l'étude nous a conduit à proposer des outils d'analyse de l'intégration basés sur une « distance » et un « couplage » d'intégration. Nous proposons ainsi de construire des voisinages et des partitions qui éclairent l'intégration diffuse du modèle.

Le cadre de modélisation, le méta-modèle et le graphe d'intégration sont mobilisés dans cette démarche d'ingénierie qui supporte la recherche d'alignement entre modèles partiels. Différentes situations d'alignement sont étudiées illustrant des problématiques classiques rencontrées lors de projets ERP.

Les outils proposés sont illustrés sur un cas académique et des cas réels issus de modèles de référence ou solutions du marché. Nous avons conclu cette partie en esquissant la possibilité d'un atelier d'ingénierie dirigé par la modélisation qui s'appuie sur les outils proposés du graphe d'intégration pour en faire un des critères et un des résultats de la modélisation.

Partie 4

Conclusions et Perspectives

Chapitre 4.1	
Conclusions et perspectives académiques.....	259
4.1.1 Conclusion au détour du terrain.....	260
4.1.2 Perspectives pour le cadre de modélisation.....	265
1 Prise en compte des relations d'agrégation dans la modélisation.....	265
2 Etude systématique de l'alignement.....	266
3 Extension du modèle vers le pilotage.....	266
4.1.3 Perspectives pour le graphe d'intégration.....	267
1 Vers un graphe orienté, valué et hiérarchisé.....	267
2 Analyse locale et dynamique du graphe.....	269
Chapitre 4.2	
Perspectives d'applications industrielles.....	271
4.2.1 Navigation non hiérarchique dans un ERP	272
4.2.2 Re-conception architecture applicative ERP	273
4.2.3 Vers un configurateur de projet ERP.....	274

Chapitre 4.1

Conclusions et perspectives académiques

Nous présenterons cette conclusion en revenant à travers trois cas d'entreprise issus de notre expérience de chef de projet ERP sur les enjeux qui ont motivés notre recherche. Chaque cas mettra en exergue un des aspects de l'intégration dans un système socio-technique. Nous pourrons alors conclure sur l'enjeu de notre proposition d'un cadre d'ingénierie orienté intégration, du graphe d'intégration et de ses outils associés, pour permettre des démarches d'ingénierie adaptées aux projets de type ERP.

Notre contribution est un pas limité vers une ingénierie d'entrepris et de système d'information pilotée par les modèles et orientée vers l'intégration. Nous décrivons des perspectives de recherche autour de deux grands domaines. L'enrichissement du cadre de modélisation puis l'enrichissement du graphe d'intégration lui-même.

Nous terminerons par la présentation de perspectives industrielles autant pour les éditeurs de progiciels que pour les prestataires chargés de leur mise en œuvre. Nous présenterons notamment un projet en cours de préparation pour le prototypage d'un configurateur de projet de type ERP.

4.1.1 Conclusion au détour du terrain...

Notre expérience de consultant dans des projets de mise en œuvre de solutions ERP constitue le terrain d'où sont issues les interrogations fondamentales de cette thèse : le rapport entre intégration organisationnelle et informationnelle, la capacité de la modélisation d'entreprise à supporter la conception et le pilotage de ces différentes formes d'intégration, la contradiction entre des systèmes à long délai de mise en œuvre et un contexte toujours instable et partiellement incertain. Il n'est pas inutile de revenir avant de tirer les conclusions de notre travail sur des cas réels emblématiques de ces questionnements :

Le premier cas concerne une PME de taille moyenne qui avait décidé en 1996 d'un projet de grande ampleur en pleine irruption de l'ERP sur le marché, et l'avait accompagné d'un effort qui paraissait gigantesque de formation. Près de la moitié du personnel, ouvriers compris, avait participé à des cycles de formation à la gestion industrielle en amont du projet. L'accompagnement semblait correctement dimensionné et expérimenté, l'engagement de la direction générale était réel. La prise en compte des spécificités du processus, notamment son aval orienté vers des chantiers de taille très variée a été difficile, mais possible. Cependant, l'acceptation par l'organisation, dans la réalité de directions relativement autonomes dans leurs priorités, a été très douloureuse. La phase de stabilisation a été longue et coûteuse, l'entreprise ne retrouvant son niveau de chiffre d'affaire qu'au 4ème mois de fonctionnement. Les risques du démarrage avaient été évalués par l'ensemble des acteurs, mais il ne paraissait plus possible de le reporter et un support spécifique avait été organisé. Cette difficulté à se projeter dans des pratiques nouvelles a généré un compromis entre habitudes et nouvel outil qui a renforcé durablement les ressources de gestion nécessaires. Ce cas est révélateur de situations où le projet génère un surcoût de fonctionnement qui conduira l'entreprise à rechercher des réorganisations plus fortes, touchant à l'organisation industrielle elle-même. La capacité à « aligner » les attentes des différents services, les objectifs du projet et les capacités de l'ERP s'est révélée nettement insuffisante. Il manquait des outils et méthodes pour définir, valider et promouvoir des pratiques claires et cohérentes entre-elles, dimensionner les tâches de pilotage du nouveau système, notamment de réglage des nombreux paramètres qui conditionnent son fonctionnement. La modélisation des processus opérationnels ne donne pas par elle-même une vue globale permettant à la direction générale de contrôler la cohérence des décisions des directions de différents services. Elle ne donne pas non plus une vue

opérationnelle du poste de travail, ce dernier étant réduit aux transactions nécessaires sans identifier les indicateurs et listes de contrôle nécessaires, sans permettre aux acteurs de s'approprier les paramètres et données de base dont la gestion influe sur les transactions du poste. Dans un tel contexte, la méfiance domine les comportements humains avant, pendant et après le démarrage. Avant le démarrage, la direction industrielle encourage le sur-stockage préventif, les commerciaux tentent de faire livrer en urgence leurs commandes dans le système en remplacement... Après le démarrage, de nombreux acteurs suspendent le processus en cas de doute, mais trouvent le moyen de continuer les opérations correspondantes, créant un « encours de transactions en retard »... les pratiques de contrôle prévues sont peu mises en œuvre, les alertes du système ne sont pas traitées par méfiance sur leur pertinence, la surcharge perçue de travail pousse aux solutions de contournement, sans utiliser les anomalies réelles pour régler les paramètres et données de base. Au total, c'est l'incapacité de l'organisation à assumer collectivement le fort niveau d'intégration du système et la cohérence qu'il suppose qui est le facteur essentiel de dysfonctionnement. Après stabilisation, la maîtrise des données de base et de la cohérence du S.I. restent une tâche « technique » sous estimée. Le projet n'a pas transformé la relation entre S.I. et métiers, les projets suivants ont reconstruit une cartographie applicative hétérogène, avec un ERP centré sur la gestion de production, faiblement couplé au marketing et à la relation client, et dont les fonctionnalités financières analytiques sont faiblement utilisées. La contribution du S.I. à la performance de l'entreprise reste faible.

Le deuxième cas est à l'opposé celui d'une entreprise ne faisant pas le choix d'un projet « Big Bang », mais décidant successivement au fil des ans des mises en œuvre partielles d'un ERP, considéré principalement comme un progiciel de gestion de production. Le périmètre de mise en œuvre est à chaque projet partiel, et correspondant à une réalité organisationnelle et de processus. Les projets sont maîtrisés en coût et leur impact est jugé positif par les acteurs de la gestion de production. Les projets accompagnent une évolution depuis une organisation de production en série, avec des effets importants sur les premières étapes de production, vers une organisation plus tournée vers la demande, en petite série, minimisant les regroupements possibles et voyant exploser la combinatoire des variantes possibles. Cependant, le S.I. reste à l'image de l'organisation réparti en un grand nombre de systèmes dont les techniques, les fournisseurs, les responsables sont différents. Au fil du temps, le besoin d'intégration augmente sous la pression notamment des flux logistiques, et de la nécessité de mieux suivre dans l'ensemble du système la relation client. Des actions sont entamées mais l'organisation reste fortement segmentée et la partie spécifique du S.I. est un obstacle à une plus forte intégration. Plusieurs études sont réalisées pour identifier le système cible et

orienter les actions possibles, mais la direction ne souhaite pas de « grands projets » d'intégration et les décisions privilégient toujours des adaptations locales. Si le S.I. est jugé efficace et est devenu une ressource critique des processus de production et distribution, il s'est développé dans le cadre d'une organisation faiblement intégrée qui domine les décisions. Le S.I. est un élément d'une stratégie et le responsable informatique ne peut être le décideur de l'évolution de ce S.I. qui n'est pas un élément de la stratégie d'entreprise.

Le troisième cas est celui d'une usine d'une grande entreprise mondiale de fabrication de système en ingénierie à l'affaire pour laquelle le projet ERP est une première informatisation de certains fonctions. L'informatisation existante est centrée sur les études, alors que la gestion de production et la gestion de stock restant largement manuelles. Le projet est porté par une équipe forte et proche de la direction générale, clairement structuré par processus dans un objectif d'intégration. Les gains opérationnels sont repérés principalement en gestion de stock et obtenus assez rapidement. L'enjeu principal de l'intégration des études et de la production est maîtrisé par une standardisation forte des structures techniques des affaires. C'est cette structure technique qui devient le référentiel commun des différents acteurs et qui devient un « outil de projet » faisant le lien entre les métiers existants et les nouveaux processus proposés par le projet ERP. L'appropriation par les acteurs est portée par cet « alignement » maîtrisé entre métier et organisation de l'ERP, alignement qui se concrétise de manière très concrète dans une pratique métier connue et dont l'évolution est jugée par les acteurs critiques comme positive.

Ces cas, comme de nombreux autres nous conduisent à rechercher ce qui peut aider à la cohérence dans l'ensemble du cycle de vie du S.I. entre les objectifs des différents niveaux de décisions de l'entreprise, les possibilités offertes par les solutions standard, et la capacité des acteurs à redéfinir leurs pratiques en s'appuyant sur ces solutions standard. Les contraintes propres à l'organisation et à ses choix de faible ou forte intégration organisationnelle, les contraintes propres aux applications et à leur plus ou moins forte intégration informationnelle, enfin les contraintes liées aux capacités des acteurs en termes de disponibilité et de compétences expliquent la complexité de tels projets. Ces contraintes sont toujours exprimables en termes de « dépendances » entre des objectifs, des ressources, des acteurs, des données... C'est pourquoi si la modélisation est une étape indispensable pour identifier, caractériser, décider, valider les processus et pratiques du système cible, la capacité de cette modélisation à éclairer les contraintes que les acteurs doivent prendre en compte est essentielle.

Dans le cas 1, ce sont les pratiques qui sont faiblement modélisés et donc les contraintes qui leur sont imposées qui sont mal évaluées, empêchant une appropriation confiante par les acteurs.

Dans le cas 2, c'est l'incapacité à supporter le choix d'une organisation répartie d'entités fortement autonomes tout en accompagnant la nécessaire intégration informationnelle qui conduit à un S.I. fortement hétérogène et dont le coût de maintenance est élevé.

Dans le cas 3, c'est au contraire la maîtrise d'un outil de projet faisant le lien entre le métier et le S.I. qui permet l'appropriation par les acteurs des contraintes de l'intégration organisationnelle et informationnelle.

Ce terrain d'expérience nous a conduit à rechercher comment représenter de manière systématique ces contraintes d'intégration et comment outiller un cadre d'ingénierie pour des projets de type ERP. La première étape est bien entendu de choisir un cadre d'ingénierie porteur des dimensions de standardisation qui sont caractéristiques de ces projets, tout en assumant la multiplicité des points de vue des acteurs rencontrés dans ces projets, directeurs, informaticiens, responsables d'activités, commerciaux, ingénieurs... Le cadre proposé par la norme ISO 19439 répond à ces objectifs tout en capitalisant sur l'histoire des différents cadres de modélisation d'entreprise. Dans ce cadre d'ingénierie, un méta-modèle capable de porter des points de vue organisationnel et informationnel est nécessaire. Nous enrichissons le méta-modèle de la norme ISO 19440 à partir de l'étude du modèle de référence SCOR et de notre propre expérience de modélisation dans un environnement ERP pour proposer un **méta-modèle d'intégration**, portant les dépendances entre processus, pratiques, organisations, fonctions, objets, objectifs... dépendances qui sont toutes pour nous des éléments « d'alignement » entre différents points de vue. Nous considérons alors cet ensemble de dépendances comme un **graphe d'intégration** et nous définissons des **distances** entre éléments d'un modèle d'entreprise pour en construire des **partitions**, et un **couplage** entre éléments mesurant leur connexité pour étudier le **voisinage** d'un objet au sens de l'intégration dont le modèle est porteur. Nous enrichissons enfin ces dépendances en les qualifiant par une **force** représentant leurs caractéristiques socio-techniques pour différencier les contraintes « dures » qui s'imposent à l'organisation sociale, aux responsabilités individuelles, et les contraintes « faibles » que l'organisation, le contexte où la décision individuelle peuvent limiter ou lever. Nous qualifions aussi ces dépendances par l'impact de la **maturité** de l'organisation sur les éléments du modèle, en propageant cette maturité liée au point de vue organisationnel dans l'ensemble du graphe.

Le cadre d'ingénierie, le méta-modèle d'intégration et le graphe d'intégration constituent la base d'une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles et orientée intégration, démarche adaptée aux enjeux des projets de type ERP dans leurs dimensions organisationnelles et informationnelles. Nous proposons d'outiller

cette démarche en enrichissant une plateforme de modélisation d'entreprise par la gestion des voisinages d'intégration d'un élément, voisinages qui présentent à l'acteur chargé de modéliser un point de vue partiel, le « contexte d'intégration » de chaque élément pour aider à identifier et comprendre les contraintes qui conditionnent l'usage de cet élément, au delà des dépendances directes que le modèle contient sur cet élément. Nous proposons de plus d'utiliser les techniques de partitionnement pour rechercher des structurations pertinentes du modèle, éclairant pour les acteurs de l'ingénierie, les contraintes d'intégration en proposant des classifications des éléments du modèle. Ces classifications peuvent être globales pour rechercher une séparation du modèle en plusieurs parties faiblement couplés du point de vue de l'intégration. Elles peuvent être partielles et concerner un point de vue, ou une vue spécifique du modèle, pour aider à sa structuration. Une telle classification du point de vue organisationnel peut être ainsi le support des démarches de ré-ingénierie organisationnelle, permettant d'évaluer la pertinence d'une organisation par rapport aux contraintes d'intégration. De la même manière, une telle classification du point de vue informatique peut être le support de démarche de ré-ingénierie des structures techniques ou d'analyse critique de l'urbanisation du système d'information.

Ce cadre d'étude de l'intégration permet de définir dans l'ingénierie d'entreprise la problématique de l'alignement stratégique utilisée par les gestionnaires comme la recherche de cohérence entre deux points de vue, voire deux construits d'un modèle d'entreprise. Cette cohérence se mesure à la fois par la définition des voisinages d'intégration et par l'étude de partitionnements possibles des différents points de vue. Le bon alignement entre processus métiers et fonctionnalités du système d'information peut ainsi être vérifié si des processus « proches » s'appuient sur des fonctionnalités « proches ». Une représentation des processus fondée sur leur distance, par exemple par un algorithme de force, sera assez « ressemblante » à une représentation des fonctions support de ces processus fondée aussi sur leur distance propre.

Dans notre cadre d'ingénierie d'entreprise dirigé par la modélisation d'entreprise, le graphe d'intégration est une part de la sémantique que porte l'intégration et que nous représentons ainsi dans la modélisation. Cette approche demande de nombreux travaux afin de préciser et consolider les concepts et outils proposés. Cela concerne autant le cadre d'ingénierie lui-même que l'utilisation du graphe d'intégration et encore plus la prise en compte des usages et de l'incertitude caractéristique des systèmes socio-techniques. Nous allons dans les sections suivantes identifier les principales perspectives de recherche sur cette problématique.

4.1.2 Perspectives pour le cadre de modélisation

1 Prise en compte des relations d'agrégation dans la modélisation

Nous avons montré la pertinence de notre méta-modèle d'intégration, mais nous avons construit le graphe correspondant en considérant un modèle mononiveau sans utiliser les relations d'agrégation qui sont pourtant représentatives des structures hiérarchisées que sont les organisations humaines ou les systèmes techniques. Nous avons constaté dans le cas du modèle SCOR que cela influait fortement sur les référentiels. De manière générale, de nombreux modèles peuvent être étudiés dans le cadre d'une hiérarchisation existante ou implicite, et le graphe d'intégration correspondant se trouvera ainsi « dominé » par la hiérarchisation. Il nous faut donc enrichir le cadre en étudiant comment assurer la cohérence des représentations de l'intégration dans l'agrégation et la désagrégation des modèles, comment consolider un ensemble de relations entre objets élémentaires en relations entre groupes d'objets. L'enjeu est d'étudier comment « valider » une organisation hiérarchique par sa pertinence du point de vue du couplage plus ou moins fort entre ses composantes. Comme nous l'avons évoqué dans la section 3.2.5 de la partie 3 sur la prise en compte des usages dans les dépendances du modèle, deux entités indépendantes dans la hiérarchie car n'étant relié qu'au plus haut niveau organisationnel, devraient être faiblement couplée par rapport à deux entités appartenant à la même direction. Cette comparaison entre une hiérarchisation « émergente » de l'intégration et la hiérarchisation organisationnelle existante peut être un atout décisif pour outiller les démarches de réingénierie organisationnelle.

La même analyse peut être faite sur la structure technique des applications, qui sont souvent le résultat d'une histoire pendant laquelle des équipes techniques ont développé cette application, parfois chez des éditeurs successifs. Il peut être nécessaire de « re-concevoir » l'architecture applicative de manière à rendre plus efficace son partitionnement, du point de vue du couplage technique entre ces composantes. On peut utiliser notre cadre d'ingénierie comme outil de conception d'une architecture distribuée faiblement couplée. Les premiers cas d'étude sur le dictionnaire des données BAAN (chapitre 3.4) sont illustratifs de la possibilité d'une démarche d'ingénierie inverse, prenant en compte le modèle d'entreprise globalement.

2 Etude systématique de l'alignement

Nous avons redéfini la problématique de l'alignement des S.I. comme l'étude de la cohérence de différents points de vue dans l'ingénierie d'entreprise. L'alignement devient ainsi celui des construits et de leurs structures, porté par ou les dépendances qui forment une relation plus ou moins complexe entre des points de vue ou des structures.

On peut ainsi considérer des formes d'alignement variées pour chaque couple de points de vue, voire pour chaque couple de construits. Ainsi, on peut évaluer l'alignement d'une solution progicielle standard à une description de besoin en étudiant la dépendance « Features » sur « IT Resource ». On peut aussi étudier l'alignement organisationnel entre les aptitudes des entités organisationnelles et les fonctions assurées par les ressources pour servir les processus. On peut encore étudier l'alignement entre les structures de données portées par les applications et les vues informationnelles des évènements et objets d'entreprise.

Chaque alignement partiel peut être étudié en comparant les topologies des graphes correspondants, graphes qui peuvent être plus ou moins semblables. Si deux points de vues ont des graphes « semblables » au sens de la théorie des graphes, on peut considérer qu'ils ont « bien alignés ». De manière prosaïque, l'alignement se visualise alors par le fait que les deux graphes peuvent être superposés facilement, chaque construit de l'un étant lié à un construit de l'autre, et les dépendances dans l'un étant en correspondance avec une dépendance dans l'autre. Sans aller jusqu'à une telle similarité forte, on peut aussi comparer des partitions de deux points de vues en cherchant si les dépendances existantes « conservent » ces partitions, au sens où « l'image » d'une structure du point de vue A par les dépendances entre A et le point de vue B serait aussi une structure de B. On peut ainsi proposer une évaluation quantitative de l'alignement entre deux points de vues par le taux de dépendances qui sont « transverses » aux partitions des construits de chaque point de vue.

Le fait de définir l'alignement comme une caractéristique mesurable du modèle d'entreprise ouvre ainsi un champ d'étude vaste pour transformer une démarche d'origine managériale en une démarche d'ingénierie outillée.

3 Extension du modèle vers le pilotage

Le graphe étudié peut être plus ou moins étendu selon la granularité du modèle. On peut en effet prendre en compte non seulement les types de données mais aussi les données dynamiques de l'encours (ordres d'achat, de vente, de

fabrication...), la caractérisation non seulement des articles, mais de leurs lots ou séries, voire la sérialisation de chaque pièce physique, y compris en suivant son cycle de vie mémorisant les différents « statuts » d'une même pièce. Bien entendu, un graphe ainsi étendu aux données dynamiques devient un graphe de très grande taille dont le traitement interdit les approches transactionnelles et pour lequel les temps de calcul des distances ou les temps de partitionnement deviendront prohibitifs. Par contre, plus le graphe est détaillé, plus il peut être pertinent de le considérer comme un graphe orienté, dans la mesure où les cycles structurels étudiés précédemment disparaissent le plus souvent à un niveau de détail suffisant. De plus, les dépendances seront souvent contextuelles et la gestion d'un graphe dynamique permet d'intégrer le « workflow » du système dans l'étude de l'intégration. Une dépendance entre demande d'achat et entité de validation peut ainsi n'être active que pour certains achats.

La prise en compte d'un graphe étendu peut être le support pour aller vers une étude de l'intégration en terme de pilotage. Au delà de l'ingénierie, et même de la réingénierie et de la conduite du changement, le graphe dynamique peut permettre de construire des outils d'aide à l'action en cohérence avec le modèle d'intégration. C'est une des pistes d'amélioration de la matrice de maturité proposée dans la section 3.2.7 afin de gérer les plans d'actions en tenant compte des ressources concernées, des aptitudes nécessaires, des indicateurs de suivi...

4.1.3 Perspectives pour le graphe d'intégration

1 Vers un graphe orienté, valué et hiérarchisé

Nous avons considéré un graphe non orienté, non hiérarchisé, non valué pour valider un cadre d'ingénierie « typé intégration ». Mais tout indique que les dépendances d'intégration ne sont pas homogènes. Plusieurs caractéristiques des dépendances peuvent conduire à un graphe enrichi.

Nous avons proposé de caractériser les dépendances par deux valeurs représentatives d'une part de leur nature plus ou moins organisationnelle, d'autre part de la maturité de l'organisation sur ces dépendances (3.2.7). Ces deux caractéristiques peuvent intervenir dans les notions de voisinage et de partition évoquées. Cela suppose de raisonner sur un graphe valué par ces caractéristiques. Mais nous avons souligné qu'une maturité faible pèse négativement sur l'ensemble d'une chaîne. En quelque sorte, cette caractéristique se propage dans les dépendances pour affaiblir l'efficacité des construits liés par ces dépendances. A

l'inverse, une forte maturité peut venir « compenser » des faiblesses en amont ou en aval... La manière dont le modèle permet de tenir compte de cette tension entre propagation des erreurs, et actions correctrices ne peut se limiter à une moyenne quantitative. Le graphe non orienté ne permet pas de tenir compte d'une réalité forte : les erreurs et les actions correctrices se propagent toujours « chronologiquement ». De ce point de vue, le graphe non orienté ne permet pas de représenter le temps de l'action, qu'elle soit positive ou négative sur la maturité, ni son impact sur l'intégration. Il paraît nécessaire, une fois la structure « statique » de l'intégration identifiée et analysée, de permettre une approche dynamique du même graphe en considérant le graphe orienté et en évaluant les distances en terme de « flux » dans le sens chronologique. On peut alors prendre en compte des choix organisationnels de « découplage » entre domaines ou entités qui viennent « bufferiser » l'intégration en remplaçant une dépendance directe entre deux construits par un « couplage piloté » faisant en général intervenir un acteur qui va prendre des décisions pour gérer cette dépendance. Ainsi, un stock représente bien évidemment un « découplage » entre le flux amont et aval de ce stock et nécessite une « gestion de stock » qui devient elle même un élément du modèle. Cette notion de découplage peut être généralisée et permet de caractériser une chaîne de dépendances non seulement par une distance, mais aussi par un mode de pilotage. Cela suppose que l'unité organisationnelle (ou les unités) responsable des construits source et destination de la dépendance soit en situation de piloter cette dépendance.

Enfin, la taille d'un graphe rend nécessaire d'en maîtriser des représentations condensées. De nombreuses relations d'agrégation dans le méta-modèle permettent d'étudier le graphe à différents niveaux de hiérarchisation. On peut ainsi agréger l'ensemble des dépendances liant des activités (EA) au niveau des processus (BP), et même au niveau d'un domaine. De même, on peut considérer les rôles au niveau des unités organisationnelles (OU), mais aussi au niveau des structures organisationnelles (OC); services, départements, sites... Mais cela suppose d'étudier comment l'intégration « s'agrège ». nous avons vu dans le cas académique que le méta-graphe au niveau des partitions était très fortement connecté (Figure 3.31). Ce comportement est-il général ? Comment caractériser le comportement du graphe dans la hiérarchie des construits. Comment garantir la consistance du graphe de ce point de vue pour éviter que des dépendances se « croisent » entre niveaux hiérarchiques ? De plus, la hiérarchisation est un enjeu important de la représentation d'un graphe de grande taille essentielle pour faciliter l'affichage de modèles navigables.

L'ensemble de ces éléments peut conduire à considérer un graphe orienté chronologiquement dans le sens de l'action, valué par les caractéristiques socio-techniques des dépendances, hiérarchisé par les structures existantes ou

proposées par un partitionnement. De nombreux outils existent en théorie des graphes pour supporter de tels graphes mais demandent d'être mis en oeuvre dans notre contexte. De manière générale, nos travaux n'ont utilisé que des éléments de base de la théorie des graphes. Or les domaines des réseaux sociaux par exemple génèrent de nombreux travaux avancés sur l'identification de structures dans un graphe, sur l'émergence de partitionnements...

2 Analyse locale et dynamique du graphe

Nous avons vu que si la complexité algorithmique du calcul de distance était faible, sa mise en oeuvre sur des graphes de grande taille reste problématique d'un point de vue industriel. Si l'intégration doit être prise en compte dans la modélisation de manière dynamique, il doit être possible de recalculer en permanence les caractéristiques du graphe. Or, pour un graphe de taille industrielle, de l'ordre de 10^5 objets, la matrice des distances est évidemment d'une taille trop grande pour être entièrement recalculée à chaque modification du modèle. La capacité à travailler « par écart » est donc essentielle. Or, on peut constater justement que la distance nous permet de définir une notion de « voisinage » et que cette notion topologique permet justement de considérer qu'une modification du modèle n'a pas de conséquences fortes « au-delà de son voisinage ». Il s'agit d'une piste essentielle pour industrialiser notre démarche en proposant des algorithmes de mise à jour, qui peuvent ne pas être exacts dans la mise à jour des matrices de distances, mais qui doivent conserver les caractéristiques de ces distances pertinentes au sens de l'intégration, et notamment l'ordre relatif des voisins d'un sommet du graphe. La gestion dynamique du graphe et de ses caractéristiques dans un contexte de « plateforme de gestion d'un modèle d'entreprise » est donc essentielle.

Chapitre 4.2

Perspectives d'applications industrielles

Dans ce chapitre, nous présentons trois types d'application industrielles de nos travaux.

Le premier concerne la navigation non hiérarchique dans une application de grande taille, navigation utilisation le graphe d'intégration comme support pour constituer dynamiquement des contextes d'intégration pertinent pour le point de vue choisi par l'utilisateur. Nous avons réalisé sur le cas BAAN un exemple simplifié concernant la structure des modules de cet ERP.

Le deuxième concerne les éditeurs de progiciels considéré comme l'industriel en proposant une démarche de ré-ingénierie de l'architecture applicative cherchant des décompositions à faible couplages. Là encore , un exemple issu de notre expérience BAAN est proposé concernant les tables de la partie « fabrication ».

Le troisième concerne un projet encours de validation pour un « configurateur de projet ERP » qui s'appuierait sur un graphe d'intégration pour constituer des listes de tâches tenant compte des dépendances du graphed d'intégration et proposer un dimensionnement de ces tâches.

4.2.1 Navigation non hiérarchique dans un ERP

Une conséquence de l'intégration d'un système d'information est de rendre largement inefficace pour l'utilisateur la navigation hiérarchique qui reste le mode de navigation principal des applications. Les ERP notamment se « découvrent » principalement à travers des menus pouvant contenir plus de 10 niveaux hiérarchiques et des milliers de transactions de base (près de 20000 pour SAP). Chaque transaction est elle-même le plus souvent un objet technique riche, mais la navigation à l'intérieur d'une transaction utilise désormais largement les pratiques d'ergonomie des interfaces web (popup, liens, raccourcis...). Cependant, rien ne permet d'indiquer à l'utilisateur que la transaction T1 qu'il utilise est « dépendante » d'autres transactions Ti qui ne sont pas nécessairement regroupés dans le même « sous-menu » que T1...

De nombreux travaux ont été réalisés sur des interfaces orientés « rôles » qui se construisent dynamiquement à partir de modèles de processus et de rôles associés (Singh et Rein 1992), (Plaisant et Shneiderman 1995). Mais ces travaux supposent une modélisation externe des rôles et processus. Notre approche peut permettre au contraire de construire des postes de travail qui « rapprochent » les éléments de navigation en fonction de leur distance dans le graphe d'intégration. On a alors un outillage possible pour supporter des postes de travail dynamiques éclairant au mieux les enjeux de l'intégration pour l'utilisateur. La Figure 4.1 présente une ébauche de cartographie colorée automatiquement à partir des distances d'intégration. Ces cartes s'inspirent des "Solution Map" de l'éditeur SAP qui sont des cartes statiques configurables à partir de sélection de domaines ou de typologies d'activité pour caractériser à haut niveau un périmètre de projet. Notre approche permet d'enrichir de telles cartes en les transformation en support d'interrogation pour l'utilisateur afin de l'aider à découvrir les contraintes de l'intégration. Une telle carte colorable lui permet de découvrir que "si j'utilise telle fonction, alors il y a un impact sur telles autres fonctions..."

Nous avons réalisé une telle cartographie interactive pour le cas BAAN avec un modèle limité aux fonctions et processus (Figure 4.1). Quand l'utilisateur sélectionne un point de vue (un module d'une application), les modules dépendants sont colorés de manière proportionnelle au nombre de dépendances.

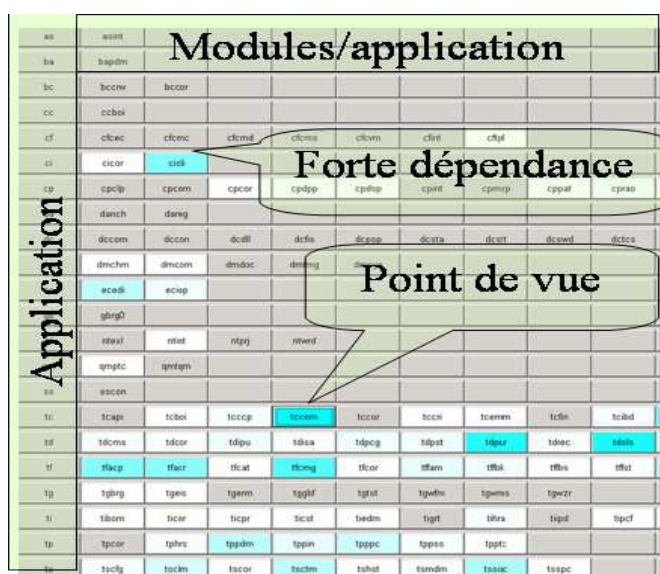


Figure 4.1 cartographie colorée par l'intégration.

Quand l'utilisateur sélectionne un point de vue, les modules BAAN qui sont « connectés » a ce point de vue sont colorés de manière proportionnelle à leur couplage avec le point de vue sélectionné. Cette approche suppose d'être étendue à un modèle plus complet. Elle peut s'appuyer sur de nombreux travaux en visualisation de graphes de grande taille (Karouach et Dousset 2003).

4.2.2 Re-conception architecture applicative ERP

Le processus continu de conception/reconception d'un système de grande taille comme un ERP est complexe dans un contexte d'objectifs contradictoires : réduction du temps de cycle de réalisation mais simplification et réutilisation des sources existants, capacité d'intégration forte mais souplesse de configuration pour répondre à des besoins d'intégration variés, enrichissement permanent des fonctionnalités mais nécessité d'une compatibilité ascendante pour les usages existants...

Les acteurs de la conception sont donc en permanence conduit à s'interroger sur la structuration technique du système, autant au plan des données, que des logiques et services, ou des interfaces. Nous avons ainsi étudié le modèle de données de l'ERP BAAN5.0c (Millet 2005) dont la partie gestion de production est organisée en 13 modules avec 381 dépendances (contraintes d'intégrité entre

tables de la base de données) dont 131 inter-modules. Un partitionnement de ce cas conduit à des propositions de structures techniques nouvelles soit avec le même nombre de modules mais moins de dépendances inter-modules, soit avec moins de modules. On peut ainsi avoir une structure de 13 modules et seulement 89 dépendances inter-modules, donc une architecture plus faiblement couplée. On peut aussi proposer une architecture en 7 modules avec seulement 79 dépendances inter-modules, donc encore moins couplée.

L'enjeu d'une telle recherche de simplification de la structure technique concerne bien entendu la facilité de maintenance de l'application dans la mesure où la modification d'un composant a un nombre de conséquences à tester qui est directement lié au couplage de ce composant dans le système. Mais il concerne aussi l'utilisateur final, la simplicité de l'usage, la lisibilité des supports de formation, l'ergonomie des interfaces... Du point de vue du graphe de l'intégration que nous avons étudié, si le degré du graphe au niveau détaillé est représentatif du couplage maximum entre les objets du modèle, donc du niveau d'intégration du système, le degré du graphe agrégé au niveau des structures organisationnelles ou techniques est lui représentatif de la capacité de la structure à absorber cette intégration. Nous pouvons poursuivre le travail sur des applications de grande taille pour chercher une approche de partitionnement permettant de faire émerger une architecture technique plus pertinente pour l'alignement de ces solutions dans des modèles d'entreprises. On peut s'interroger sur le caractère dynamique de cette reconfiguration de l'application, l'architecture modulaire la plus efficace pour tenir compte de l'intégration pouvant être ainsi dépendante du cas mis en oeuvre. La capacité à proposer une architecture technique dynamique, reconfigurée à la demande en fonction de typologies des points de vue organisationnel ou économique du modèle est ainsi une perspective innovante pour les éditeurs de progiciels, à rapprocher des évolutions vers l'orchestration de services.

4.2.3 Vers un configurateur de projet ERP

Le marché des progiciels pour les systèmes d'information d'entreprise est devenu un marché de renouvellement dans les grands comptes. Son extension dans les PME est rendu difficile par les difficultés connues de ces projets, les incertitudes de leur retour sur investissement, le coût de l'interopérabilité, la nécessité d'architectures de solutions flexibles et évolutives. Ce constat concerne d'abord les ERP (Enterprise Resource Planning), mais aussi les autres solutions d'entreprise; MES (Manufacturing Execution System) pour la production, SCE (Supply Chain Execution) pour la logistique, PDM (Product Data Management)

pour l'ingénierie... Dans ce contexte, pour permettre au plus grand nombre d'entreprise de bénéficier des avantages de l'intégration des systèmes d'information, et donc pour augmenter les revenus de licences et de services, il est nécessaire :

- ◆ de réduire les risques et les coûts de la mise en oeuvre des solutions de gestion intégrées pour les entreprises utilisatrices,
- ◆ de garantir un cadre d'interopérabilité technique et informationnelle pour un marché dynamique de l'édition de progiciel.

Cela nécessite des outils de gestion de projet pour maîtriser l'intégration organisationnelle et informationnelle, s'appuyant sur des référentiels standard facilitant l'interopérabilité. Dans le contexte évolutif des entreprises et des progiciels, ces outils doivent s'appuyer sur une modélisation d'entreprise et permettre de maîtriser son adéquation aux modèles internes des progiciels, en identifiant les dépendances entre les objets techniques et métiers qu'ils utilisent.

Deux aspects fortement étudiés dans cette thèse sont au cœur d'un tel « configurateur de projet ERP ».

- ◆ La prise en compte de référentiels standard au niveau du modèle d'entreprise,
- ◆ La prise en compte des dépendances entre objets pour identifier à tout moment la liste des objets/tâches concernées par une tâche, autant en termes de prérequis, que de conséquences et d'utiliser cet ensemble de dépendances pour calculer un « poids » de cet objet dans la charge des différents acteurs d'un projet.

Nous avons déposé dans cet esprit un projet de recherche régional dont les objectifs ont été validés et qui doit se dérouler sur les années 2009-2011. Cette démarche est proche de celle du leader du marché « SAP Solution Manager », application utilisant la plateforme technologique SAP qui supporte l'ensemble du cycle de vie du système d'information (S.I.), des phases de construction de projet à la mise en oeuvre, puis à l'exploitation et à l'optimisation. Cette solution est caractérisée par :

- ◆ son intégration complète à la plateforme SAP, ce qui en fait une force, mais aussi une limite pour aborder un S.I. hétérogène,
- ◆ son choix de ne pas intégrer directement un outil de modélisation d'entreprise compte tenu des accords de partenariat existant avec le leader ARIS (Société IDS Scheer),
- ◆ sa structure entièrement arborescente (scénario/processus/transaction) dans le contexte de la transversalité sur laquelle repose l'intégration caractéristique des ERP.

L'objectif de cette spécification est à contrario de proposer une solution :

- ◆ indépendante des applications concernées et pouvant en intégrer plusieurs dans une approche « multi-applications » ce qui rend nécessaire d'extraire de chaque application des « modèles de références standard »,
- ◆ ouverte sur la diversité des solutions de modélisation, notamment en s'appuyant sur un cadre et un langage normalisé de modélisation,
- ◆ permettant d'identifier et d'utiliser les dépendances entre objets informationnels et organisationnels, s'appuyant sur un moteur de gestion de graphes de dépendances.

Une telle solution de gestion de projet « ERP » doit répondre à la fois aux attentes des acteurs d'un processus de sélection de solutions (comparaison, dimensionnement, sélection...) et à celles des acteurs d'un projet de mise en œuvre de progiciels dans leur dimension humaine et organisationnelle (liste de tâches, rôles, suivi...) avec dans les deux cas une intégration forte entre la gestion de projet et la documentation associée aux solutions standard (documenter une tâche du projet à partir des éléments techniques de la tâche fournie par une des solutions)

Les attentes des forces de vente du marché progiciel sont les suivantes :

- ◆ Gérer la très large documentation associée aux solutions pour construire des réponses adaptées aux requêtes des prospects (on peut parler d'une gestion documentaire orientée client à partir d'une documentation standard).
 - ➔ Ce point ne fait pas partie du projet de recherche et est bien évidemment très dépendant de chaque solution.
- ◆ Dimensionner les services et charges de travail nécessaires à la réussite d'un projet dans un périmètre donné, en facilitant la mesure du niveau d'adéquation entre le standard et le besoin d'entreprise. Cela nécessite :
 - ➔ de structurer le contenu d'un projet de différents points de vue (fonctionnel, processus, organisationnel, informationnel...),
 - ➔ de structurer une méthode de projet (ressources, jalons, tâches),
 - ➔ de proposer des règles de calcul prenant en compte le périmètre et la méthode projet, tenant compte des engagements et des caractéristiques propres du client et du projet, permettant le dimensionnement rapide d'un projet et son adaptation aux processus de décision et de contractualisation.
- ◆ Définir les rôles et engagements des différents acteurs, faciliter les analyses de risques comme support des négociations commerciales, produire les listes de tâches nécessaires à la gestion de projet :
 - ➔ Cela suppose de modéliser les risques et engagements de projets, et d'en tenir compte dans l'organisation d'un projet, la définition des jalons et des tâches, le dimensionnement des charges correspondantes.

Les attentes des acteurs des projets progiciels sont les suivantes :

- ◆ Organiser un projet de manière cohérente aux engagements pris dans les phases commerciales, tout en le détaillant pour tenir compte des ressources réelles, des contraintes de planning, de logistique, et les modifications de périmètre ou de priorités que l'entreprise cliente peut décider. Cela nécessite de gérer et tracer les modifications de périmètre, de méthode, d'engagements ou de caractéristiques d'un projet afin d'en identifier les conséquences sur l'organisation et le dimensionnement de projet à partir des structures mises en place en avant-vente.
- ◆ Distribuer le travail aux différents acteurs de manière précise et actualisée en fonction de l'avancement de projet. Suivre la réalisation de ces tâches et leur adaptation nécessaire aux résultats obtenus et aléas de projet rencontrés. Cela nécessite :
 - ➔ d'identifier la relation entre tâches affectées à une ressource et périmètre de projet concerné, tout en tenant compte de la transversalité qui fait qu'un objet du projet peut concerner plusieurs ressources et plusieurs tâches.
 - ➔ de pouvoir fournir à un acteur concerné par une fonction ou processus dans une tâche de projet l'ensemble des données de base, paramètres ou décisions déjà prises qui impactent la tâche à réaliser.
- ◆ Supporter un suivi de projet en termes de temps passé, d'avancement, de production de livrables et d'évaluation par rapport à la définition de projet. Des indicateurs pertinents d'évaluation quantitatifs et qualitatifs du projet sont nécessaires.
 - ➔ Ce besoin est une fonction classique existante dans la plupart des outils de gestion de projet. Les indicateurs pertinents doivent bien entendu être construits à partir de la définition du contenu du projet issue de la modélisation d'entreprise.

Ce projet de recherche est un cadre industriel de mise en oeuvre à la fois du cadre d'ingénierie d'entreprise et du graphe d'intégration décrit dans cette thèse et en constitue le prolongement naturel.

Partie 5

Annexes

Annexe 1 Liste des fonctions de l'ERP BAAN.....	280
Annexe 2 Liste de construits de modélisation.....	281
Annexe 3 Liste des blocs de construction SAP A1.....	282
Annexe 4 Définition des briques applicatives.....	283
Annexe 5 Algorithmes utilisés.....	287
Annexe 6 Bibliographie.....	291
Annexe 7 Listes des figures	305
Annexe 8 Listes des Tableaux.....	307

Annexe 1 Liste des fonctions de l'ERP BAAN

Cette liste représente une décomposition modulaire de l'ERP BAAN qui permet de définir une configuration grossière d'un périmètre applicatif (Tableau 5.1).

MAM	Account Management	Gestion Compte Tiers
MAP	Account Payable Invoices	Facturation Fournisseur
MAR	Account Receivable Invoices	Facturation Client
MAS	Fixed Assets	Immobilisations
MCM	Cash Management	Gestion trésorerie
MCO	Call/Order Management	Gestion des appels
MCS	Cost Accounting	Comptabilité analytique
MDM	Demand Management	Gestion de la demande
MEN	Engineering	Ingénierie
MFM	Freight Management	Gestion du transport
MGE	Master Data	Données de base
MHR	Human Resource Management	Gestion des Ressources Humaines
MIM	Inventory Management	Gestion des stocks
MMN	Production	Gestion de Production
MOD	Object Data Management	Gestion documentaire
MPA	Product Assortment Management	Gestion des assortiments produits
MPB	Financial Planning & Budgeting	Budgétisation financière
MPL	Enterprise Planning	Planification d'entreprise
MPO	Posting & Auditing	Imputation et audit
MPR	Project Management	Gestion de projet
MPS	Purchase & Sales Schedules	Programmes cadencés achat/vente
MPU	Purchase	Gestion des Achats
MQM	Quality Management	Gestion de la qualité
MRA	Reporting & Analyzing	Contrôle de gestion
MSD	RMA/ Depot Repair Control	Gestion Atelier de réparation
MSE	Service Execution Control	Gestion des services
MSL	Sales	Gestion des ventes
MSU	Supplier Management	Gestion des fournisseurs
MWH	Warehousing	Gestion des magasins

Tableau 5.1. Liste des Fonctions principales de INFOR ERP LN 6 (BAAN)

Annexe 2 Liste de construits de modélisation

Le tableau présente les construits utilisés dans le méta-modèle d'intégration et dont l'étude conduit aux caractérisations proposées du graphe d'intégration.

Code	Construit	Source	Description
Ev	Event	19440	Changement dans l'état d'un objet d'entreprise
Do	Domain	19440	Périmètre de projet regroupant des Business Process
BP	Business Process	19440	Suite d'activité destinée à produire un résultat
EA	Enterprise Activity	19440	Étape d'un processus transformant un objet en utilisant des ressources
Re	Ressource	19440	Objet d'entreprise intervenant dans une activité
FE	Functional Entity	19440	Ensemble de ressources assurant certaines fonctions
Ca	Capability	19440	Aptitude ou compétence portée par une ressource
EO	Enterprise Object	19440	Représentation de tout objet de l'entreprise nécessaire au modèle
OV	Object View	19440	Vue partielle d'un objet d'entreprise
Pr	Product	19440	Objet particulier portant les caractéristiques de flux physiques
Or	Order	19440	Objet particulier portant les caractéristiques d'une décision
OU	Organizational Unit	19440	Unité élémentaire qui regroupe des aptitudes et compétences
OC	Organizational Cell	19440	Regroupement hiérarchisé d'unités organisationnelles
DC	Decision Center	19440	Organisation support d'un cadre de décision (grille Grai)
Ob	Objective	19440	Objectifs identifiés associés à des unités organisationnelles
Me	Metrics	SCOR	Indicateurs de mesure d'un objectif
Fea	Feature	SCOR	Définition externe d'une fonctionnalité support d'une activité
Pr	Practices	SCOR	Description organisationnelle et fonctionnelle d'une « bonne pratique » permettant d'atteindre un objectif
Da	Data	ERP	Objet Informatique identifié dans une base de donnée
IT	IT Resource	ERP	Composant ou service informatique dont l'identification est nécessaire à la modélisation
Lo	IT Logic	ERP	Traitement informatique réutilisable dont l'identification est nécessaire à la modélisation
In	Interface Interaction	ERP	Objet support d'une interaction entre le système informatique et les acteurs
Pa	Package	ERP	Regroupement technique d'un ensemble de ressources informatiques (progiciel, module...)

Tableau 5.2 : Liste des construits du méta-modèle d'intégration

Annexe 3 Liste des blocs de construction SAP A1

Ce tableau présente la liste des blocs de construction proposés par l'éditeur SAP dans son offre pré-packagée SAP A1.

Code	Description des Building's Blocks
B46	Cash Management
D41	On-Site Repair Services
D42	Returns and Repairs and Plant
D43	Preventive Maintenance
D44	Internal Maintenance
D48	Project with Intercompany Billing
J09	Travel Management
J45	Spot Consulting
J46	Project with Fixed Price and Time and Material Billing
J47	Contract with Auto Creation of Project, Downpayment
J49	Procurement of Stock Material
J50	Procurement - Contract
J51	Internal Procurement (Stock Transfer with Delivery)
J52	Internal Procurement (Stock Transfer Without Delivery)
J53	Internal Procurement (Cross-Company Stock Transfer)
J54	Third Party With Shipping Notification
J55	Third Party Without Shipping Notification
J56	Bought-In Item
J57	Extended Sales Order Processing
J58	Customer Consignment Processing
J59	Returns and Complaints
J60	Returnable Processing
J61	Batch Recall
J62	Cross-Company Sales Order Processing
J63	Sales Order Processing with Dummy Customer
J64	PP and Discrete Manufacturing - Make-to-Stock
J65	PP and Process Manufacturing - Make-to-Stock
J66	Make-to-Order Quotation Processing/Order Processing
J67	Repetitive Manufacturing
J73	Physical Inventory
N70	Financial Accounting
N71	Standard Cost Center Accounting
N72	Asset Management
N73	Period End Closing for Financial Accounting

Tableau 5.3 : Liste des blocs de construction SAP A1

Annexe 4 Définition des briques applicatives

Sigle	Définition proposée	Définition APICS	Définition GARTNER
Supply Chain Planning (SCP)	Proches des APS, les briques de type SCP sont centrés sur la planification de la chaîne logistique (réseau, capacités, fabrication, distribution) pour traduire la prévision de demande en programmes d'approvisionnement interne ou externe optimisés (sourcing : gestion des sources d'approvisionnements, contrats).	« The determination of a set of policies and procedures that govern the operation of a supply chain. Planning includes the determination of marketing channels, promotions, respective quantities and timing, inventory and replenishment policies, and production policies. Planning establishes the parameters within which the supply chain will operate »	« A subset of supply chain management (SCM), SCP is the process of coordinating assets to optimize the delivery of goods, services and information from supplier to customer, balancing supply and demand. An SCP suite sits on top of a transactional system to provide planning, what-if scenario analysis capabilities and real-time demand commitments. Typical modules include network planning, capacity planning, demand planning, manufacturing planning and scheduling, distribution and deployment planning, and transportation planning and scheduling. »
Supply Chain Event Management (SCEM)	Application destinée à diffuser les événements internes et externes dans la chaîne logistique pour fournir une visibilité globale en temps réel. Lien opérationnel entre les solutions de SCP et SCE.		

Sigle	Définition proposée	Définition APICS	Définition GARTNER
Advanced Planning and Scheduling (APS)	Parfois présenté comme un sous-ensemble du SCP, l'APS est un outil d'aide à la décision (scénarios multiples) en planification orientée client utilisant un système transactionnel (le plus souvent ERP). Il permet d'obtenir un disponible à la vente fiable (ATP, available-to-promise) en prévision et en prise de commande, prenant en compte les stocks et la capacité à produire (CTP, capable-to-promise)	« Techniques that deal with analysis and planning of logistics and manufacturing over the short, intermediate, and long-term time periods. APS describes any computer program that uses advanced mathematical algorithms or logic to perform optimization or simulation on finite capacity scheduling, sourcing, capital planning, resource planning, forecasting, demand management, and others. »	<i>Sous-ensemble «le du SCP contextually describing manufacturing »</i>
Business Intelligence (BI) ou Système Informatique d'Aide à la Décision (SIAD)	Outils regroupant des données des autres briques applicatives dans des entrepôts de données (datawarehouse), pour des analyses multidimensionnelles (fouille de données, datamining, OLAP...) afin de produire des tableaux de bord et indicateurs supports des processus de décision.	« A computer system designed to assist managers in selecting and evaluating courses of action by providing a logical, usually quantitative, analysis of the relevant factors »,	« An interactive process for exploring and analyzing structured, domain-specific information (often stored in data warehouses) to discern trends or patterns, thereby deriving insights and drawing conclusions. The BI process includes communicating findings and effecting change. Domains include customers, suppliers, products, services and competitors »
Customer Relationship Management (CRM)	Applications support de la connaissance des clients et prospects, des actions de prospection (promotions, visites, étude de marché, fidélisation...) et d'une relation intégrée mettant le client au centre des fonctions commerciales, logistiques et de services (satisfaction client, services associés aux ventes, différenciation, traçabilité et visibilité...)	« A marketing philosophy based on putting the customer first. The collection and analysis of information designed for sales and marketing decision support (as contrasted to enterprise resources planning information) to understand and support existing and potential customer needs. It includes account management, catalog and order entry, payment processing, credits and adjustments, and other functions. Syn: customer relations management. »	Supplier Relationship Management (SRM)
Product Data Management (PDM) ou Système de Gestion des Données Techniques (SGDT)	Brique supportant la gestion des données techniques et permettant la diffusion de ces données, de leurs révisions et de leurs documents associés aux acteurs et aux applications d'exécution qui les utilisent.	« A system that tracks the configurations of parts and bills of material and also the revisions and history of product designs. It facilitates the design release, distributes the design data to multiple manufacturing sites, and manages changes to the design in a closed-loop fashion. It provides the infrastructure that controls the design cycle and manages change. »	« PDM has served as a complementary application tower to computer-aided design (CAD) and enterprise resource planning (ERP) systems by providing the main repository for production-approved engineering data (i.e., vaulting) and managing the changes to production - approved data (e.g., engineering change orders and configuration management).. »
Product Lifecycle Management	Système de gestion étendu des données techniques dans le cycle de vie des produits,		« for managing the inter-enterprise product development process from concept through production. The goal of a

Sigle	Définition proposée	Définition APICS	Définition GARTNER
(PLM) parfois appelé PDM II	de la conception à la maintenance sur site et la relation client.		PDM II strategy is to provide the proper combination of people, process and technologies to support the management of the entire inter-enterprise product development commercialization process to enhance competitiveness. The PDM II vision provides a framework for rationalizing the roles of product data management (PDM), virtual PDM (VPDM) and enterprise resource planning (ERP) technologies. »
Supply Chain Execution (SCE)	Ces outils ont pour vocation de rationaliser la totalité du cycle de traitement des flux (de l'entrée des commandes à la facturation). Ils regroupent : (a) la gestion de l'entrepôt (WMS), (b) la gestion du transport (TMS) et parfois aussi (c) la gestion avancée des commandes (AOM : Advanced Order Management).	« Execution-oriented software applications for effective procurement and supply of goods and services across a supply chain. It includes manufacturing, warehouse, and transportation execution systems, and systems providing visibility across the supply chain »	« A subset of supply chain management, this is a framework of execution-oriented applications that enables the efficient procurement and supply of goods, services and information across enterprise boundaries to meet customer-specific demand, in its broadest sense » including WMS and MES
Warehouse Management System (WMS)			« A software application that manages the operations of a warehouse or distribution center. Application functionality includes receiving, inventory management, cycle counting, task interleaving, wave planning, order allocation, order picking, replenishment, packing, shipping, labor management and automated material handling equipment interfaces. The use of radio frequency technology in conjunction with bar codes provides the foundation of a WMS, delivering accurate information in real time »
Transportation Management System (TMS)			« System used to plan freight movements, do freight rating and shopping across all modes, select the appropriate route and carrier, and manage freight bills and payments »
Enterprise Resource Planning (ERP)	« une offre progicielle regroupant des applications paramétrables, modulaires, intégrées et ouvertes, s'appuyant sur un référentiel unique de données, de procédures et de règles de gestion. Configuré et adapté au contexte d'une entreprise, il devient le support d'une stratégie d'intégration qui vise à fédérer et à optimiser les processus de gestion de l'entreprise et de relation avec ses partenaires »	« Framework for organizing, defining, and standardizing the business processes necessary to effectively plan and control an organization so the organization can use its internal knowledge to seek external advantage. »	« An application and deployment strategy that expands from traditional enterprise resource planning (ERP) functionality to achieve integration of an enterprise's key internal and external collaborative, operational and financial processes. ERP II starts as an application strategy, setting a vision for the integration of all

Sigle	Définition proposée	Définition APICS	Définition GARTNER
			<p><i>enterprise centric, commerce-oriented business processes, without requiring a single-vendor strategy. As a deployment strategy, ERP II enables enterprises to determine the degree of single-vendor-centricity needed to fulfill enterprise process requirements and — through native integration capabilities — to include best-of-breed components from multiple vendors. ERP II includes capabilities specific to the enterprise, as well as the ability to connect the enterprise to key business partners directly or through a private e-marketplace. The process domain of ERP II includes all collaborative, operational and financial processes that have the enterprise at the center. See ERP and e-marketplace. »</i></p>

Tableau 5.4 : Définition de briques applicatives

Annexe 5 Algorithmes utilisés

Les outils de calculs sur les graphes reposent sur deux modules principaux, le calcul des voisinages et des distances et le partitionnement. Les sources correspondent au langage de calcul scientifique numérique scilab développé par l'INRIA (version 4.1.2). L'ensemble de la plateforme de test est disponible sur demande. Et comprend la gestion des cas décrits dans le chapitre 3.4, les outils d'analyse des résultats des algorithmes, d'affichage, de sauvegarde des matrices...

```
//-----
// calcul des voisins et aretes voisines
// principe vs(s,n) = liste des voisins de s à la distance n
// vs(s,n+1)= union (vs(j,n), j dans vs(s,1) voisin de s )
//     mes voisins-n sont les voisins-n-1 de mes voisins-1
//     et mes voisines-n sont les voisines-n-1 des mes voisins-1
// on crée donc progressivement
//     une matrice vs(s,l,i), ieme voisin de s a la longueur l
//     une matrice vas(s,l,i), ieme arete à la distance l de s
//-----
function [vs,vas]=voisinarettes(out,g,longueur)           // jusqu'à la longueur passée en paramètre
[diam,chemindiametre] = graph_diameter(g) ;
[centre,rayon] = graph_center(g)
[nc,ncomp]=connex(g);
if diam>20, message(trace(out,'diamètre graphe trop grand: stop'); return; end;
if nc>1, message(trace(out,msprintf('%s %d','graphe non connexe, nb de composantes', nc))); return; end;
for s=1:node_number(g),
    v=neighbors(s,g);
    for k=1:size(v,"c")
        a=arete(s,v(k),g);
        vs(s,1,k)=v(k); // on a initialisé la longueur 1
        vas(s,1,k)=a; // on a initialisé la longueur 1
    end
end
// on a donc les voisines de s dans vs(s,1,:)
for n=2:longueur
    for s=1:node_number(g),
        vs(s,n,1)=0; //vs(s,1,:) représente les voisins de s
        vas(s,n,1)=0;
        lvs=[]; for j=1:size(vs(s,1,:),3), lvs=union(lvs,vs(s,1,j)); end // voisins direct de s
        if lvs(1)==0, lvs=lvs(2:$); end //0 n'est pas un voisin !
        for k=lvs //lvs(k) est le keme voisin direct de s
            u=union(vs(s,n,:),vs(k,n-1,:)); // on ajoute les voisins n-1 des voisins 1 de s
            if u(1)==0 then u=u(2:$); end
            for j=1:size(u,"c"), vs(s,n,j)=u(j); end ;
            ua=union(vas(s,n,:),vas(k,n-1,:)); // on ajoute les voisines n-1 des voisins 1 de s
            if ua(1)==0 then ua=ua(2:$); end
            for j=1:size(ua,"c"), vas(s,n,j)=ua(j); end ;
        end
    end
end
```



```

end
end
endfunction
//-----
//      calcul du caractéristiques d'intégration
//      couplage... nombres d'arcs dans le sous-graphe d'intégration reliant les sommets
//      dissimilarité relatif.. dissimilarité rapportée à l'intégration totale des deux sommets
//      dissimilarité... nombres d'arcs spécifiques à l'intégration de chaque sommet
//-----
for s1=1:node_number(g),
    for s2=1:node_number(g),
        if s2<s1                // la matrice est symétrique...
            integration(s1,s2)= integration(s2,s1);
            couplage(s1,s2)=couplage(s2,s1);
            dissimilarite(s1,s2)= dissimilarite(s2,s1);
            dissimilariterelative(s1,s2)= dissimilariterelative(s2,s1);
        else
            vas1=[]; vas2=[];
            for l=1:rayon,
                vas1=union(vas1,vas(s1,l,:));
                vas2=union(vas2,vas(s2,l,:));
            end
            un_sg=union(vas1,vas2); if un_sg(1)==0, un_sg=un_sg(2:$); end ;
            in_sg=intersect(vas1,vas2); if in_sg(1)==0, in_sg=in_sg(2:$); end ;
            integration(s1,s2)= size(un_sg,"c");
            couplage(s1,s2)=size(in_sg,"c");
            dissimilarite(s1,s2)= integration(s1,s2) - couplage(s1,s2);
            dissimilariterelative(s1,s2)= (dissimilarite(s1,s2)/integration(s1,s2));
        end
    end
end
end
for s1=1:node_number(g),
    for s2=1:node_number(g),
        if s2<s1                // la matrice est symétrique...
            longueur(s1,s2)=longueur(s2,s1);
        else
            if s1==s2,          longueur(s1,s1)=0;
            else [p,longueur(s1,s2)]=shortest_path(s1,s2,g,'arc');
            end
        end
    end
end
end
end

//-----
// Algorithme de classification
// tant qu'il y a des sommets à classer
//      on prend les deux sommets les plus éloignés
//      on regarde leurs proches
//      s'il y en a assez, on les mets de coté dans une classe potentielle
//      sinon, on incremente un peu la définition des proches
// pour chaque sommet

```

```

//      on le classe dans la classe potentielle la plus proche
// on classe les sommets résiduels
//-----
fproches=0; classemin=3; increment=0.05;
//-----PROCHES
function pr=proches(s,d,c,f)
    pr=[]; cm=0;
    drm=mean(d(s,:))-stdev(d(s,:))+(f*increment);    // les plus proches en moyenne...
    if drm < 0,                                       // sommet fortement connexe.
        drm=0.1+(f*increment);                       // on fixe une valeur de distance arbitraire
        cm=mean(c(s,:))+stdev(c(s,:))-fproches;     // on prend les plus fortement couplés
        pr=find((d(s,:)<drm)&(c(s,:)>cm));           // on groupe les proches fortement couplés...
        pr=[pr s];                                    // sans oublier le sommet origine (d=c=0 !)
    else
        if drm>1,                                     // le sommet est très isolé
            drm=0.9+(f*increment);                   // on essaie d'avoir qqchose
            pr=sort(find(d(s,:)<drm));
        else                                           // cas "normal".. des proches mais pas trop...
            pr=sort(find(d(s,:)<drm));                 // on ne tient compte que de la distance
        end
    end
endfunction
//-----CLASSIFICATION
lac=1:node_number(g); c=0; classepot=[]; classe=[]; maxc=max(couplage);
while lac,                                           // tant qu'il en reste ..
    [m,k]=max(dissimilariterrelative(lac,lac)+ (couplage(lac,lac)/maxc)); // les plus éloignés mais connectés.
    p1=proches(lac(k(1)),dissimilariterrelative, couplage,fproches); //les proches du premier
    p2=proches(lac(k(2)),dissimilariterrelative, couplage,fproches); //les proches du deuxième
    if size(p1,'c')> classemin,                       // s'il y a assez de proches de p1...
        c=c+1; classepot(p1,c)=dissimilariterrelative(p1,k(1)); fproches=0;
        else p1=[]; fproches=fproches+1; end         // sinon on augmente le voisinage
    if size(p2,'c')> classemin,                       // idem pour p2
        c=c+1; classepot(p2,c)=dissimilariterrelative(p2,k(2)); fproches=0;
        else p2=[]; fproches=fproches+1; end
    lac=difflist(lac,union(p1,p2));                   // on supprime les sommets classés de la liste
end
nbc=c;                                              // nombre de classes potentielles créées
for i=1:node_number(g)                              // la classe potentielle la plus proche
    cp=find(classepot(i,:)>0);                       // on prend les classes possibles de i
    if cp <> []
        [m,k]=min(classepot(i,cp));
        classe(i)=cp(k) ;                            // on prend celle dont i est le plus proche
    end
end
tropicite=find(classe<classemin);                  // on supprime les classes trop petites ou vides
for i=tropicite, classe(i)=0; end
uc=unique(classe');
for i=1:node_number(g) classe(i)=find(uc==classe(i)); end
reste=find(classe==0);                              // on prend les sommets isolés
for i=reste,                                        // il en reste
    [s,k]=sort(dissimilariterrelative(i,:));
    j=size(k,'c');

```

```

while classe(i)==0, classe(i)=classe(k(j)); j=j-1; end // on groupe avec le plus proche déjà classé
end

//-----
// script dessinant le graphe g avec un algorithme de force
// nécessite d'avoir calculé les matrices
// dissimilariterelative(s1,s2)
// longueur(s1,s2)
g=grapheenrond(g); // positionne les positions des sommets sur un cercle
w1=show_graph(g,'new',2); damping = 0.7; timestep=0.05;
attraction = ones(longueur); // attraction constante
repulsion = dissimilariterelative*((max(g.node_x) - min(g.node_x))^2+(max(g.node_y) -
min(g.node_y))^2)^0.5)*10; // repulsion comme une gravité..
vitesse= zeros(node_number(g),2);
epsilon=node_number(g); energie = epsilon+1; l=0; limite=2000;
g.node_diam = nodes_degrees(g)^0.5;
energies=[];

while (energie > epsilon)&l<limite // tant que ca bouge un peu...
    l=l+1; // on limite le nombre de boucles...
    energie = 0; // on va calculer l'énergie cinétique du systeme
    for n=1:node_number(g) // pour chaque sommet
        force = [0,0]; // on somme les forces appliquées à n
        for m=1:node_number(g) // à partir des autres sommets
            if m <> n // on calcule la répulsion et l'attraction
                dx = (g.node_x(n) - g.node_x(m));
                dy = (g.node_y(n) - g.node_y(m));
                dn = (dx^2 + dy^2)^0.5 ;
                f = (dn*attraction(n,m)*4)/TAILLEGRAPHE -repulsion(n,m)*TAILLEGRAPHE/(4*dn)
                if dx <> 0 force(1) = force(1) - f*dx/dn; end
                if dy <> 0 force(2) = force(2) - f*dy/dn; end
            end
        end
        // les noeuds à fort degré bougent moins vite...
        vitesse(n,1)= (vitesse(n,1)*damping) + (timestep * force(1) / g.node_diam(n));
        vitesse(n,2)= (vitesse(n,2)*damping) + (timestep * force(2) / g.node_diam(n));
        g.node_x(n) = g.node_x(n) + timestep * vitesse(n,1) ;
        g.node_y(n) = g.node_y(n) + timestep * vitesse(n,2) ;
        energie = energie + (((vitesse(n,1)^2) + (vitesse(n,2)^2))^0.5) ;
        g.node_x(n), g.node_y(n),vitesse(n,1), vitesse(n,2));
    end
end
end
g.node_color = ones(1,node_number(g))*12; // sommet en rouge
g.node_border = nodes_degrees(g)^0.5; // rendre visible le degré
g.node_diam = nodes_degrees(g);
show_graph(g,'rep',0.3,[1000,800]);

```

Annexe 6 Bibliographie

- Abdinnour-Helm, Sue, Mark L. Lengnick-Hall, et Cynthia A. Lengnick-Hall. 2003. Pre-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an Enterprise Resource Planning system. *European Journal of Operational Research* 146, no. 2- pp.258-273.
- Abdmouleh, Anis, Michel Spadoni, et François Vernadat. 2004. Distributed client/server architecture for CIMOSA-based enterprise components. *Comput. Ind.* 55, no. 3- pp.239-253
- Abts, C. M., et B. W. Boehm. 1997. COTS Software Integration Cost Modeling Study. *Contract* 30602, no. 94-C:1095.
- Al-Mashari, Majed, Abdullah Al-Mudimigh, et Mohamed Zairi. 2003. Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research* 146, no. 2- pp.352-364.
- Albert, C., et L. Brownsword. 2002. Evolutionary Process for Integrating COTS-Based Systems (EPIC). CMU/SEI-2002-TR-009.
- Alter, Steven. 1999. *A general, yet useful theory of information systems*. Association for Information Systems. Volume 1. Article 13. 70p.
- Amoako-Gyampah, Kwasi, et A. F. Salam. 2004. An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*. 41, no. 6- pp.731-745.
- ANACT. 2004. Déployer un progiciel de gestion intégré au service de l'organisation. *Travail et Changement*, no 299- pp.2-4.
- Anthony, R. N. 1964. Framework for analysis. *Management Services* (March-April): 18-24. Reprinted in Rosen, L. S. 1974. *Topics in Managerial Accounting*, 2nd edition. McGraw-Hill Ryerson Limited- pp.31-42.
- APICS. 2002. *APICS Dictionary : Thenth edition*. 10 éd. Cox and Blackstone Editors.
- APICS. 2005. *APICS Dictionary : Traduction française, Lexique français-anglais*. 11 éd. MGCM.
- ATHENA. 2006. ATHENA Public Web Site. <http://www.athena-ip.org/> (Accédé Août 29, 2007).
- Atle Gulla, J., et T. Brasethvik. 2000. On the challenges of business modeling in large-scale reengineering projects. Dans *Requirements Engineering, 2000. Proceedings. 4th International Conference on*, 17-26.
- Avila de Lima, Jorge. 2007. Teachers' professional development in departmentalised, loosely coupled organisations: Lessons for school improvement from a case study of two curriculum departments. *School Effectiveness and School Improvement* 18, no. 3 (Septembre)- pp.273-301.
- Bakker, Albert R, et Freerk A Leguit. 1999. Evolution of an integrated HIS in the Netherlands. *International Journal of Medical Informatics* 54, no. 3- pp.209-224.
- Baïna Salah, Hevé Panetto, Khalid Benali. 2006. Apport de l'approche MDA pour une interopérabilité sémantique : Interopérabilité des systèmes d'information d'entreprise. *Ingénierie des systèmes d'information*. VOL 11/3 - 2006 - pp.11-29
- Barut, Mehmet, Wolfgang Faisst, et John J. Kanet. 2002. Measuring supply chain coupling: an information system perspective. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 8, no. 3- pp.161-171.

- Beard, Jon W., et Mary Sumner. 2004. Seeking strategic advantage in the post-net era: viewing ERP systems from the resource-based perspective. *The Journal of Strategic Information Systems* 13, no. 2- pp.129-150.
- Beatty, Robert C., et Craig D. Williams. 2006. *ERP II: best practices for successfully implementing an ERP upgrade*. ACM Press. 49- pp.105-109
- Beckert, J., M. Rosemann, et R. Schutte. 1997. Business to business process integration: functions and methods. Proceedings of the Fifth European Conference on Information Systems (ECIS'97), Cork, Ireland. Vol. 2, 816-827, GALLIERS R et al, Eds.
- Bergeron, Francois, Louis Raymond, et Suzanne Rivard. 2004. Ideal patterns of strategic alignment and business performance. *Information & Management* 41, no. 8 (Novembre)- pp. 1003-1020
- Bergstrom, Max, et Lars Stehn. 2005. Matching industrialised timber frame housing needs and enterprise resource planning: A change process. *International Journal of Production Economics* 97, no. 2- pp.172-184.
- Berio, G., et F. B. Vernadat. 1999. New developments in enterprise modelling using CIMOSA. *Computers in Industry* 40, no. 2-3- pp.99-114.
- Bernus, Peter, et Laszlo Nemes 1997. Requirements of the generic enterprise reference architecture and methodology. *Annual Reviews in Control* 21- pp. 125-136.
- Bernus, Peter, et Laszlo Nemes. 1996. A framework to define a generic enterprise reference architecture and methodology. *Computer Integrated Manufacturing Systems* 9, no. 3- pp.179-191.
- Bernus, Peter, et Laszlo Nemes. 1997. Requirements of the generic enterprise reference architecture and methodology. *Annual Reviews in Control* 21- pp.125-136.
- Bertolazzi, P., C. Krusich, et M. Missikoff. 2001. An Approach to the Definition of a Core Enterprise Ontology: CEO. *OES-SEO 2001, International Workshop on Open Enterprise Solutions: Systems, Experiences, and Organizations-* pp.14-15.
- Besson, P. 1999. Les ERP à l'épreuve de l'organisation. *Systèmes d'Information et Management* 4, no. 4- pp.21-51.
- Blumenthal, Sherman C. 1969. *Management Information Systems*. Prentice-Hall, 219p.
- Bond, B. et al. 2000. ERP is Dead. Long Live ERP II. Research Note, Gartner Group.
- Boston Group. 2000. Getting Value from Enterprise Initiative. A survey of Executives. <http://bcg.com>.
- Botta-Genoulaz, V., Pierre-Alain Millet, et Bernard Grabot. 2005. A survey on the recent research literature on ERP systems. *Computers in Industry* 56, no. 6- pp.510-522.
- Botta-Genoulaz, V., Pierre-Alain Millet, et Gilles Neubert. 2001. The rôle of enterprise modeling in ERP implementation. *IEPM'01*, August 20-23, 2001, *Proceedings ISBN 2-930294-07-8*, Book I, 220-231..
- Botta-Genoulaz, Valérie. 2005. Habilitation à diriger les recherches, principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Botta-Genoulaz, Valerie, et Pierre-Alain Millet. 2006. An investigation into the use of ERP systems in the service sector. *International Journal of Production Economics* 99, no. 1-2- pp.202-221.
- Bouillot, Claude. 1999. Mise en place de Progiciels de Gestion Intégrée à l'occasion de fusions et cessions d'entreprises dans un contexte international. *Systèmes d'Information et Management* 4, no. 4- pp.3-20.

- Boutin, Pascal. 2001. Définition d'une méthodologie de mise en œuvre et de prototypage d'un progiciel de gestion d'entreprise (ERP). These de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- Brehm, L., A. Heinzl, et M.L. Markus. 2001. Tailoring ERP systems: a spectrum of choices and their implications. Dans *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on*, 9 pp.
- Buckhout, Scott, Edward Frey, et Joseph Nemeec. 1999. Making ERP Succeed, Turing Fair into Promise. Booz-Allen & Hamilton, Issue 16,- pp.60-72.
- Buffard, Pascal. 2006. *Urbanisme des SI et gouvernance : Retours d'expériences et bonnes pratiques*. Dunod, Octobre 2006. 273p.
- Bygstad, Bendik, Peter Axel Nielsen, et Bjørn Erik Munkvold . 2005. Four Integration Patterns: IS Development as Stepwise Adaptation of Technology and Organisation. Dans *Proceedings of the Thirteenth European Conference on Information Systems*, 242-253.
- Calisir, Fethi, et Ferah Calisir. 2004. 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* 20, no. 4- pp.505-515.
- Canonne, Robert, et Jean-Louis Damret. 2002. Résultats d'une enquête sur l'implantation et l'utilisation des ERP en France. *Revue Française de Gestion Industrielle* 21, no. 4- pp.29-36.
- Caruso, David. 1999. Driving ROI Through ERP Implementation.
- Castano, Silvana, Valeria De Antonellis, et Michele Melchiori. 1999. A methodology and tool environment for process analysis and reengineering. *Data & Knowledge Engineering* 31, no. 3 (Novembre)- pp. 253-278.
- Chapron, Julie. 2006. L'urbanisme organisationnel : méthode et aide à la décision pour piloter l'évolution du système d'information de l'entreprise. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- Charalabidis, Y., H. Kühn, et A. Katzilieri. 2005. ACHIEVING INTEROPERABLE ENTERPRISE APPLICATIONS THROUGH MODEL-DRIVEN INTEGRATION: THE ERP-CRM CASE. Dans *Proceedings of the 16th IFAC World Congress*, Prague, Czech Republic.
- Chardavoine, Agnès. 2002. " Au secours, l'ERP arrive dans mon entreprise!". *L'Usine Nouvelle*.
- Chen, D., et F. Vernadat. 2001. Standardisation on enterprise modelling and integration: achievements, ongoing works and future perspectives. *Proceedings of IFAC 10th Symposium on Information Control in Manufacturing, (Invited session)*, Vienna 2002.
- Choi, Beomjin, T. S. Raghu, et Ajay Vinze. 2004. Addressing a standards creation process: a focus on ebXML. *International Journal of Human-Computer Studies* 61, no. 5- pp.627-648.
- CIGREF. 2006. 2006 - Capital Immatériel - 7 jours pour comprendre. *CIGREF Publications: octobre 2006*.
- CMMI, Architecture Team. 2007. Introduction to the Architecture of the CMMI Framework. <http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/07.reports/07tn009.html>.
- Corniou, Jean-Pierre. 2002. Conclusion de la rencontre "Propos raisonnables sur les ERP". *Revue Française de Gestion Industrielle* 21, no. 4- pp.117-118.
- Coughlan, Jane, Mark Lycett, et Robert D. Macredie. 2005. Understanding the business-IT relationship. *International Journal of Information Management* 25, no. 4 (Août)- pp. 303-319.
- Cuenca, LI., M. Hawa, et A. Ortiz. 2001. Analysis of Architectural Issues in Enterprise Modelling: A compared analysis of DEM (Dynamic Enterprise Modelling) of Baan and CIMOSA (CIM - Open System Architecture). Dans , 10p. Utrecht, The Netherlands .

- Daft, Richard. 1978. A Dual-Core Model of Organizational Innovation. *The Academy of Management Journal* 21, no. 2- pp.210, 193.
- Daihani, Dadan Umar. 1994. Définition de propositions méthodologiques pour l'intégration des principales fonctions de décision dans un système de production. Université d'Aix-Marseille 3, <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=162675>.
- Darras, Franck. 2004. Proposition d'un cadre de référence pour la conception et l'exploitation d'un progiciel de gestion intégré. INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE.
- Davenport, T. H. 1996. Holistic Management of Megapackage Change: The Case of SAP. *Proceedings of the Second Americas Conference on Information Systems*.
- Davenport, Thomas H. 1998. *Putting the enterprise into the enterprise system*. Harvard University Graduate School of Business Administration.
- Davenport, Thomas H. 2000. The Future of Enterprise System-Enabled Organizations. *Information Systems Frontiers* 2, no. 2- pp.163-180.
- Dechow, Niels, et Jan Mouritsen. 2005. Enterprise resource planning systems, management control and the quest for integration. *Accounting, Organizations and Society* 30, no. 7-8- pp. 691-733.
- Deixonne, J. L. 2001. *Piloter un projet ERP: transformer et dynamiser l'entreprise par un système d'information intégré et orienté métier*. Dunod.
- Delen, Dursun, Nikunj P. Dalal, et Perakath C. Benjamin. 2005. *Integrated modeling: the key to holistic understanding of the enterprise*. ACM Press.
- Di Battista, G., P. Eades, R. Tamassia, et I. G. Tollis. 1994. Algorithms for drawing graphs: an annotated bibliography. Google Scholar. </pub/papers/compgeo/gdbiblio.tex.Z> and </pub/papers/compgeo/gdbiblio.ps.Z>.
- DMG. 2007. Data Mining Group - Predictive Model Markup Language Specifications (PMML), ver. 3.2. <http://www.dmg.org/v3-2/GeneralStructure.html>.
- Donnadieu, G. 1997. *Manager avec le social : l'approche systémique appliquée à l'entreprise*. Liaisons. Rueil-Malmaison .423p.
- Donnadieu, Gérard, Daniel Durand, Danièle Neel, Emmanuel Nunez, et Lionel Saint-Paul. 2003. Qu'est-ce que l'approche systémique ? <http://www.afscet.asso.fr/>.
- Donovan, R.M. . 2000. Why the Controversy over ROI from ERP? *MidRange ERP*, Janvier, MDNH, Inc.
- Doumeingts, G. 1984. Methode GRAI: Methode de Conception des Systems en Productique. *Higher Doctoral Thesis, University of Bordeaux, Bordeaux*.
- Doumeingts, G., Y. Ducq, B. Vallespir, et S. Kleinhans. 2000. Production management and enterprise modelling. *Computers in Industry* 42, no. 2-3- pp.245-263.
- Dubarry, Pierre, et Virginie Bauvais. 1999. Retour d'expérience ERP. www.cigref.fr.
- Eades, P. 1984. A heuristic for graph drawing. *Congressus Numerantium* 42, no. 149160- pp. 194-202.
- Eades, P., et Mao Ling Huang. 2000. Navigating Clustered Graphs Using Force-Directed Methods. *Journal of Graph Algorithms And Applications* 4, no. 3- pp. 157-181.
- Elbanna. 2007. Implementing an integrated system in a socially dis-integrated enterprise: A critical view of ERP enabled integration. *Information Technology & People* 20, no. 2- pp. 121-139.
- Eriksson, Hans-Erik, et Magnus Penker. 1997. *UML Toolkit*. Bk&CD-Rom. Wiley, Octobre 14.
- Eriksson, Henrik. The semantic-document approach to combining documents and ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies* In Press, Corrected Proof.
- Erschler, Jacques. 2003. *Production et Logistique dans l'entreprise étendue: modèles et outils collaboratifs*. CNRS <http://www.laas.fr/PRODLOG/> (Accédé Mai 21, 2007).

- Everaere, C. 1994. Intégration et flexibilité: une relation ambiguë. *Revue Française de Gestion, Juin-Juillet-Août*.
- Evgeniou, Theodoros. 2002. Information Integration and Information Strategies for Adaptive Enterprises. *European Management Journal* 20, no. 5 (Octobre)- pp. 486-494.
- Falkenberg, E. D., W. Hesse, P. Lindgreen, et al. 1998. A Framework of Information Systems Concepts.
- Ferre, Louis, et Bertrand Jouve. 2002. Partitionnement d'une classe de graphes orientés Vertex partitioning of a class of digraphs. *Mathématiques et sciences humaines*, no. 158.
<http://msh.revues.org/document2857.html>.
- Fusarelli, Lance D, 2002. Tightly coupled policy in loosely coupled systems: institutional capacity and organizational change. *Journal of Educational Administration* 40, no. 6- pp. 561-575.
- Gaches, R., et M. Chaumont. 1999. Model-based analysis of the health, safety and environment domain in the process industry. *Computers in Industry* 40, no. 2-3 (Novembre)- pp. 231-242.
- Gallagher, Brian P. 2002. *Interpreting Capability Maturity Model Integration (CMMI) for Operational Organizations*. SEI Technical Note. Carnegie Mellon University.
<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/02.reports/02tn006.html>.
- Ganesan, Prasanna, Hector Garcia-Molina, et Jennifer Widom. 2003. Exploiting hierarchical domain structure to compute similarity. *ACM Trans. Inf. Syst* 21, no. 1- pp. 64-93.
- GARTNER. 2003. Glossary of Information Technology Acronym and Terms.
http://www.gartner.com/6_help/glossary/GlossaryMain.jsp (Accédé Août 29, 2007).
- Gattiker, Thomas F., et Dale L. Goodhue. 2004. Understanding the local-level costs and benefits of ERP through organizational information processing theory. *Information & Management* 41, no. 4 (Mars)- pp. 431-443
- Geffroy-Maronnat, Bénédicte, Redouane El Amrani, et Frantz Rowe. 2004. Intégration du système d'information et transversalité. Comparaison des approches des PME et des grandes entreprises. *SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ*, no. 61 (Février)- pp. 71-89.
- Giachetti, Ronald E. 2006. Understanding Interdependence in Enterprise Systems: A Model and Measurement Formalism. Dans *Business Process Management Workshops*, 4103- pp.261-272. Lecture Notes in Computer Science.
- Giachetti, Ronald E., Paula Hernandez, Alba Nunez, et Duane P. Truex. 2005. A Research Framework for Operationalizing Measures of Enterprise Integration. Dans *Knowledge Sharing in the Integrated Enterprise*, 183- pp.237-247. IFIP International Federation for Information Processing.
- Gilbert, Patrick. 2001. Systèmes de gestion intégrés et changement organisationnel. *Revue de gestion des ressources humaines* 41- pp.21-31.
- Gold-Bernstein, Beth, et William Ruh. 2004. *Enterprise Integration: The Essential Guide to Integration Solutions*. Pap/Cdr. Addison-Wesley Professional, Juillet 16.
- Grangel, Reyes, Ricardo Chalmata, Stefan Schuster, et Iñaki Peña. 2006. Exchange of Business Process Models Using the POP* Meta-model. Dans *Business Process Management Workshops*, 233-244.
- Grimson, Jane, W. Grimson et Wilhelm Hasselbring. 2000. *The SI challenge in health care*. ACM Press.
- Gruber, Thomas R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition* 5, no. 2- pp.199-220.
- Gunasekaran, A., E.W.T. Ngai, et R.E. McGaughey. 2006. Information technology and systems justification: A review for research and applications. *European Journal of Operational Research* 173, no. 3- pp.957-983.
- Haan, Johan den. 2006. Modelling a business process in the right way will be key challenge - bpm, modeling, orchestration, soa, web service - by Johan den Haan. Septembre 29.
http://www.theenterprisearchitect.eu/archive/2006/09/29/Modelling_a_business_process_i.

- Hanseth, Ole, et Kristin Braa. 1998. Technology as traitor: emergent SAP infrastructure in a global organization. Dans *Proceedings of the international conference on Information systems*, 188-196. Helsinki, Finland: Association for Information Systems.
- Harmon, Paul, et Tom Davenport. 2007. Business Process Change . Dans *Business Process Change*, 1-25. Burlington: Morgan Kaufmann.
- Harriss, A., et C. Huneke. 1999. Nearly 20 Percent of Businesses Have Implemented ERP. *BusinessWire*, Juin www.businesswire.com/webbox/bw.061199/191620196.htm.
- Helland, P. J., R. Limprecht, M. Al-Ghosein, et D. R. Reed. 2000. *Multi-user, multiple tier distributed application architecture with single-user access control of middle tier objects*. US Patent 6,134,594.
- Henderson, J., et N. Venkatramen. 1992. *Strategic Alignment: A Model for Organisational Transformation: In Transforming Organizations*. In: T. Kochan and M. Unseem, Editors. Oxford University Press, USA, Janvier 11.
- Holland, C.R., et B. Light. 1999. A critical success factors model for ERP implementation. *Software, IEEE* 16, no. 3- pp.30-36.
- Hossain, Liaquat, et Rolf T. Wigand. 2004. ICT Enabled Virtual Collaboration through Trust. *Journal of Computer-Mediated Communication*, Novembre 8, 10, Article 8.
- Huin, S. F. 2004. Managing deployment of ERP systems in SMEs using multi-agents. *International Journal of Project Management* 22, no. 6 (Août)- pp. 511-517.
- Humphreys, P. K., M. K. Lai, et D. Sculli. 2001. An inter-organizational information system for supply chain management. *International Journal of Production Economics* 70, no. 3. International Journal of Production Economics- pp. 245-255.
- Hunton, James E., Barbara Lippincott, et Jacqueline L. Reck. 2003. Enterprise resource planning systems: comparing firm performance of adopters and nonadopters. *International Journal of Accounting Information Systems* 4, no. 3- pp.165-184.
- IBM RUP. 2003. IBM - Plug-Ins for Rational Unified Process. <http://www-1.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21178534>.
- ISO 10303. 2006. ISO - International Organization for Standardization. Systèmes d'automatisation industrielle et intégration -- Représentation et échange de données de produits. http://www.iso.org/iso/fr/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=20579 (Accédé Septembre 15, 2007).
- ISO 14528. 2003. ISO 14258:1998: Concepts et règles pour modèles d'entreprise. <http://www.iso.org/iso/fr/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=24020&COMMID=&scopelist=> (Accédé Août 29, 2007).
- ISO 15704. 2005. ISO 15704:2000. <http://www.iso.org/iso/fr/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=28777&ICS1=25&ICS2=40&ICS3=1> (Accédé Août 29, 2007).
- ISO 19440. 2006. *DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 19440. Entreprise intégrée — Constructions pour la modélisation d'entreprise*. <http://www.iso.org>
- ISO 9001. 2000. ISO 9001:2000 - Quality management systems -- Requirements. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=21823.
- ITtoolbox. 2005. ITtoolbox Stocks - Tech Indices. <http://stocks.ittoolbox.com/indices.asp> (Accédé Septembre 5, 2007).
- Jacobson, Ivar, Grady Booch, et James Rumbaugh. 1999. *The Unified Software Development Process*. Addison-Wesley Professional, Février 4.
- Jain, A. K., M. N. Murty, et P. J. Flynn. 1999. Data clustering: a review. *ACM Comput. Surv* 31, no. 3- pp.

- 264-323.
- Katzy, B. R., et G. Sung. 2003. State-of-the-Art of Virtual Organization Modeling. *Building the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies*.
- Kim, Hee-Woong. 2004. A Process Model for Successful CRM System Development. <http://csdl2.computer.org/persagen/DLabsToc.jsp?resourcePath=/dl/mags/so/&toc=comp/mags/so/2004/04/s4toc.xml&DOI=10.1109/MS.2004.1>
- Klaus, Rosemann, et Gable. 2000. What is ERP? *Information Systems Frontiers* 2, no. 2- pp.141-162.
- Klir, George J. 1969. *An approach to general systems theory*. 1 vols. New York ; Cincinnati ; Toronto : Van Nostrand Reinhold, [Cop. 1969].
- Klostermeyer, A., et E. Klemm. 2003. PABADIS - an agent based flexible manufacturing concept. Dans *Industrial Informatics, 2003. INDIN 2003. Proceedings. IEEE International Conference on*, 286-293.
- Koch, Christoph, Derek Slater , et E. Baatz. 2000. The ABCs of ERP Compiled from reports . http://www.cio.com/forums/erp/edit/122299_erp.html (Accédé Janvier 8, 2000).
- Kosanke, K., et J. G. Nell. 1999. Standardisation in ISO for enterprise engineering and integration. *Computers in Industry* 40, no. 2-3- pp.311-319.
- Kosanke, K., et M. Zelm. 1999. CIMOSA modelling processes. *Computers in Industry* 40, no. 2-3- pp.141-153.
- Kosanke, K., F. Vernadat, et M. Zelm. 1999. CIMOSA: enterprise engineering and integration. *Computers in Industry* 40, no. 2-3 (Novembre)- pp. 83-97.
- Kosanke, Kurt. 1995. CIMOSA -- Overview and status. *Computers in Industry* 27, no. 2- pp.101-109.
- Kovacs, George L., et Paolo Paganelli. 2003. A planning and management infrastructure for large, complex, distributed projects--beyond ERP and SCM. *Computers in Industry* 51, no. 2 (Juin)- pp. 165-183.
- Kræmmergaard, et Rose. 2002. Managerial Competences for ERP Journeys. *Information Systems Frontiers* 4, no. 2- pp.199-211.
- Krumbholz, Marina, et Neil Maiden. 2001. The implementation of enterprise resource planning packages in different organisational and national cultures. *Information Systems* 26, no. 3- pp.185-204.
- Kumar, Vinod, Bharat Maheshwari, et Uma Kumar. 2002. ERP systems implementation: best practices in Canadian government organizations. *Government Information Quarterly* 19, no. 2- pp.147-172.
- Kumar, Vinod, Bharat Maheshwari, et Uma Kumar. 2003. An investigation of critical management issues in ERP implementation: emperical evidence from Canadian organizations. *Technovation* 23, no. 10- pp.793-807.
- LABRUYERE, E., P. SEBBEN, et M. VERSINI. 2002. L'ERP a-t-il tenu ses promesses ?
- Lagoze, Carl, et Jane Hunter. 2001. *The ABC Ontology and Model* . National Institute of Informatics, Tokyo, Japan.
- Lam, Wing, et Venky Shankararaman . 2004. An Enterprise Integration Methodology. *IT Professional*, Mars.
- Lambert, M. Douglas, et C. Martha Cooper. 2000. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management* 29, no. 1 (Janvier)- pp. 65-83. doi:10.1016/S0019-8501(99)00113-3.
- Laudon, Kenneth C., et Jane Price Laudon. 2000. *Essentials of Management Information Systems*. 5 éd. Prentice-Hall.
- Lawrence, Paul R., et Jay W. Lorsch. 1969. *Developing Organizations: Diagnosis and Action*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Mass. 01867.

- Le Moigne . 1986. « Vers un système d'information organisationnel? ». *Revue Française de Gestion* 60-pp. 20-31.
- Le Moigne, J. L. 1977. *La théorie du système général: théorie de la modélisation*. Presses Universitaires de France.
- Lengnick-Hall, Cynthia A., Mark L. Lengnick-Hall, et Sue Abdinnour-Helm. 2004. The role of social and intellectual capital in achieving competitive advantage through enterprise resource planning (ERP) systems. *Journal of Engineering and Technology Management* 21, no. 4 (Décembre)- pp. 307-330.
- Lequeux. 1999. *Manager avec les ERP*. Editions d'Organisation.
- Levi, Meir H., et Marios P. Klapsis. 1999. FirstSTEP process modeler -- a CIMOSA-compliant modeling tool. *Computers in Industry* 40, no. 2-3 (Novembre)- pp. 267-277.
- Light, Ben, Christopher P. Holland, et Karl Wills. 2001. ERP and best of breed: a comparative analysis. *Business Process Management Journal* 7, no. 3- pp.216-224.
- Lombard, Didier. 2002. ANALYSE DES MODIFICATIONS DE PERFORMANCES INDUITES PAR L'ERP. *Revue Française de Gestion Industrielle* 21, no. 4- pp.85-92.
- Loos, P. 2000. Advanced Information Technology Application in ERP Systems. *Proceedings of 2000 Americas Conference on Information Systems, AMCIS* 635-9.
- Lopes, P.F. 1992. CIM II: The Integrated Manufacturing Enterprise. *Industrial Engineering* 24, no. 11- pp.43-45.
- Luftman, Jerry N. , Paul R. Lewis, et Scott H. Oldach. 1993. Transforming the enterprise: the alignment of business and information strategies - Technical. Mars 1. http://findarticles.com/p/articles/mi_m0ISJ/is_n1_v32/ai_13667589.
- Lynch, R. L., et K. F. Cross. 1995. *Measure Up!: Yardsticks for Continuous Improvement*. Blackwell Publishing.
- Mabert, Vincent A., Ashok Soni, et M. A. Venkataramanan. 2000. Enterprise Resource Planning Survey of US Manufacturing Firms. *Production and Inventory Management* 41- pp.52-58.
- Mabert, Vincent A., Ashok Soni, et M. A. Venkataramanan. 2001. Enterprise resource planning: common myths versus evolving reality. *Business Horizons* 44, no. 3- pp.69-76.
- Mabert, Vincent A., Ashok Soni, et M. A. Venkataramanan. 2003. Enterprise resource planning: Managing the implementation process. *European Journal of Operational Research* 146, no. 2- pp.302-314.
- Malone, T. W., et K. Crowston. 1994. The interdisciplinary study of coordination. *ACM Computing Surveys (CSUR)* 26, no. 1- pp. 87-119.
- Malone, T. W., K. Crowston, J. Lee, et al. 1999. Tools for Inventing Organizations: Toward a Handbook of Organizational Processes. *Management Science* 45, no. 3- pp. 425.
- Malone, Thomas W., et Kevin Crowston. 1991. *Toward an interdisciplinary theory of coordination*. <http://hdl.handle.net/1721.1/2356>.
- Malone, Thomas W., et Kevin Crowston. 1991. *Toward an interdisciplinary theory of coordination*. Sloan Working Papers. Center for Coordination Science, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. <http://hdl.handle.net/1721.1/2356>.
- Markus, M. L., et C. Tanis. 2000. The Enterprise Systems Experience-From Adoption to Success. Dans *Framing the Domains of IT Research: Glimpsing the Future Through the Past*, 173-207 (Chapter 10), R.W. Smud, M.F. Price (Eds).
- Martin, R., et E. Robertson. 2002. Framework : comparison and correspondence for three archetypes. <http://forums.nema.org/wb/default.asp>.

- McKeen, James D., et Heather A. Smith. 2003. *Making IT Happen : Critical Issues in IT Management*. 1er éd. Wiley, Mars 4.
- Meillassoux, André. 2002. Pré-requis juridiques aux ERP. *Revue Française de Gestion Industrielle* 21, no. 4- pp. 77-84.
- Miller, Jonathan. 1993. Measuring and aligning information systems with the organization : A case study. *Information & Management* 25, no. 4 (Octobre)- pp. 217-228.
- Millet, P.A., et Valerie Botta-Genoulaz. 2002. ERP implementation: New topics for research. Dans *Conference on Production System Design, Supply Chain Management and Logistics*, 253-260, Miedzyzdroje (Poland).
- Millet, Pierre-Alain, et Valérie Botta-Genoulaz 2007. Contribution des briques applicatives aux processus Supply Chain. *7e Congrès international de génie industriel (GI 2007)*. Trois-Rivières, Québec (CANADA)..
- Millet, Pierre-Alain, et Valérie Botta-Genoulaz. 2006. Un référentiel pour l'alignement des systèmes d'information aux processus logistiques . *6e Conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation - MOSIM'06*. 11p, Rabat (Maroc), 3 Avril.
- Millet, Pierre-Alain, Gilles NEUBERT, et Valérie Botta-Genoulaz. 2005. Une approche outillée de l'intégration. *6e Congrès international de génie industriel – 7-10 juin 2005 – Besançon (France)*
- Millet, Pierre-Alain. 2005. A reverse engineering approach of integration with ERP. *Conference IFIP 5.7 Advanced in Production Management Systems (APMS)*, 15p. Rockville (MD, USA), 2005, Septembre 18.
- Møller, Charles. 2005. ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems? *Journal of Enterprise Information Management* 18, no. 4- pp.483-497.
- Morley, Chantal, Jean Hugues, Bernard Leblanc, et Olivier Hugues. 2005. *Processus Métiers et systèmes d'information : Evaluation, modélisation, mise en oeuvre*. Dunod, Mars 24.
- Mourlon, Sophie, et Laurent Neyer. 2002. « tout ce que nous avons voulu savoir sur les ERP ».
- Murphy, K. E., et S. J. Simon. 2002. Intangible benefits valuation in ERP projects. *Information Systems Journal* no. 12- pp.301–320.
- Mutafelija, B., et H. Stromberg. 2003. *Systematic Process Improvement Using ISO 9001: 2000 and CMMI*. Artech House.
- Mutafelija, Boris, et Harvey Stromberf. 2003. Mappings of ISO 9001:2000 and CMMI Version 1.1. Juillet. <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/adoption/iso-mapping.html>.
- Naumenko A., I. Wegmann. 2003. Two approaches in system modeling and their illustrations with MDA and RM-ODP. *ICEIS'03, 5th International Conference on Enterprise Information Systems*. pp388-402.
- Newman, M.E.J. 2004. Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems* 38, no. 2 (Mars 25)- pp. 321-330. doi:10.1140/epjb/e2004-00124-y.
- Nicolaou, Andreas I. 2004. Quality of postimplementation review for enterprise resource planning systems. *International Journal of Accounting Information Systems* 5, no. 1- pp.25-49.
- Niessink, Franck, et Hans van Vliet. 1998. Towards mature IT services. *Software Process: Improvement and Practice* 4, no. 2- pp. 55-71.
- Niessink, Franck, et Hans van Vliet. 2000. Software maintenance from a service perspective. *Journal of Software Maintenance: Research and Practice* 12, no. 2- pp. 103-120.
- NIST, F. 1993. Publication 183: Integration Definition of Function Modeling (IDEF0). *National Institute of Standards and Technology* 128.

- O'Donnell, Ed, et Julie Smith David. 2000. How information systems influence user decisions: a research framework and literature review. *International Journal of Accounting Information Systems* 1, no. 3- pp.178-203.
- Oberndorf, Patricia A. 2000. *An activity framework for COTS-based systems*. Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute.
- Odette. 2004. VMI Recommendations. <http://www.odette.org/html/publications.htm> (Accédé Septembre 15, 2007).
- Olhager, Jan, et Erik Selldin. 2003. Enterprise resource planning survey of Swedish manufacturing firms. *European Journal of Operational Research* 146, no. 2- pp.365-373.
- Orton, J. Douglas, et Karl E. Weick. 1990. Loosely Coupled Systems: A Reconceptualization . *The Academy of Management Review* 15, no. 2 (Avril)- pp. 203-223. doi:10.2307/258154.
- Osterwalder, A. 2004. The Business Model Ontology: A Proposition in a Design Science Approach. Docteur en Informatique de Gestion, Ecole des Hautes Etudes Commerciales de l'université de Lausanne.
- Paulus, P. 2002. ERP III : les applications secondaires prennent-elles de l'importance ? *Technique et Management-* pp.106,109.
- Peaucelle, Jean-Louis. 1999. *Systèmes d'information : Le point de vue des gestionnaires*. Economica.
- Pegah, Kris T., Mahmoud Pegah, et Terry M. Dillow. 2003. *Higher education ERP: a framework to reduce the pain* . San Antonio, TX, USA : ACM Press.
- Pépiot, Grégoire, Naoufel Cheikhrouhou, Jean-Marie Furbringer, et Rémy Glardon. 2007. *UECML: Unified Enterprise Competence Modelling Language* . Elsevier Science Publishers B. V.
- Pénaire, Cécile, et Russel Pannone. 2005. The IBM Rational Unified Process for COTS-based projects: An introduction. <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/aug05/peraire-pannone/index.html>.
- Pinelle, et Gutwin. 2005. A Groupware Design Framework for Loosely Coupled Workgroups. *ECSCW 2005*. http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4023-7_4.
- Plaisant, Catherine, et Ben Shneiderman. 1995. Organization overviews and role management: inspiration for future desktop environments. Dans *Conference companion on Human factors in computing systems*, 419-420, Denver, Colorado, United States: ACM.
- Poli, Roberto . 1996. Ontology for knowledge organization. Dans *Knowledge Organization and Change*, 313-319., Frankfort: Ergon.
- POSC. 2005. POSC E&P Catalogue Standards. http://www.posc.org/technical/epicat/epicat_standard.shtml (Accédé Septembre 16, 2007).
- Poston, Robin, et Severin Grabski. 2001. Financial impacts of enterprise resource planning implementations. *International Journal of Accounting Information Systems* 2, no. 4- pp.271-294.
- Prasad. 1999. System Integration Techniques of Sharing and Collaboration among Work-groups, Computers and Processes. *Journal of Systems Integration* 9, no. 2- pp. 115-139. doi:10.1023/A:1008458626272.
- Prothman, B. 2000. Meta data: Managing Needles in the proverbial haystacks. *Potentials, IEEE* 19, no. 1- pp.20-23.
- Ravasi, Davide, et Gianmario Verona. 2001. Organising the process of knowledge integration: the benefits of structural ambiguity. *Scandinavian Journal of Management* 17, no. 1 (Mars)- pp. 41-66.
- Reix, Robert. 2002. *Systèmes d'information et Management des organisations*. 4 éd. Vuibert, Juillet 31.

- Reyneri, Carla. 1999. Operational building blocks for business process modelling. *Computers in Industry* 40, no. 2-3- pp.115-123.
- RosettaNet. 2002. RosettaNet Business Dictionary.
<http://portal.rosettanet.org/cms/sites/RosettaNet/Standards/RStandards/dictionary/index.html>
 (Accédé Septembre 15, 2007).
- Rosnay, Joël de. 1977. *Le macroscope*. Seuil, Février 1.
- Ross, et Vitale. 2000. The ERP Revolution: Surviving vs. Thriving. *Information Systems Frontiers* 2, no. 2- pp.233-241.
- Rowe, Frantz. 1999. Cohérence, intégration informationnelle et changement : esquisse d'un programme de recherche à partir des Progiciels Intégrés de Gestion. *Systèmes d'Information et Management* 4, no. 4- pp. 3-20.
- Rowell, M. 2002. OAGIS: a canonical business language. *XML Journal* 3, no. 9.
- Ruffier, J. 1998. *Efficiency productive : Comment marchent les usines*.
http://www.ur105.ird.fr/article.php3?id_article=276: CNRS Editions, Septembre 1.
- Saint-leger, Guy, G. Neubert, et L. Pichot. 2002. Projet ERP: Incidence des spécificités des entreprises sur les facteurs clés de succès. *7ème colloque de l'AIM 2002*.
- Sarkis, J., et A. Gunasekaran. 2003. Enterprise resource planning--modeling and analysis. *European Journal of Operational Research* 146, no. 2- pp.229-232.
- Scheer, August-Wilhelm, et Frank Habermann. 2000. *Enterprise resource planning: making ERP a success*. ACM Press.
- Scheer, August-Wilhelm. 1994a. ARIS Toolset: A software product is born. *Information Systems* 19, no. 8- pp.607-624.
- Scheer, August-Wilhelm. 1994b. *CIM Towards the Factory of the Future*. 3 éd. Springer-Verlag Telos.
- Scheer. 2002. *ARIS : Des processus de gestion au système intégré d'applications*. Springer Editions, France, Février 1.
- Schlenoff Craig. 1997. An Approach to Analyzing Existing Process Representations. *National Institute of Standards and Technology*. <http://www.mel.nist.gov/psl/pubs>.
- Schwinn, A., et R. Winter. 2005. Success Factors and Performance Indicators for Enterprise Application Integration. Dans *Proceedings of the Eleventh Americas Conference on Information Systems (AMCIS2005)*, 2179-2189. Omaha, NE, USA., Août.
- Scott, Kendall. 2001. *The Unified Process Explained*. Addison-Wesley.
- Scott, S. V., et E. L. Wagner. 2003. Networks, negotiations, and new times: the implementation of enterprise resource planning into an academic administration. *Information and Organization* 13, no. 4- pp.285-313.
- Seggie, Steven H., Daekwan Kim, et S.Tamer Cavusgil. 2006. Do supply chain IT alignment and supply chain interfirm system integration impact upon brand equity and firm performance? *Journal of Business Research* 59, no. 8 (Août)- pp. 887-895.
- Seng, Jia-Lang, et Woodstock Lin. 2007. An ontology-assisted analysis in aligning business process with e-commerce standards. *Industrial Management & Data Systems* 107, no. 3- pp.415-437.
- Shepherd, Jim, et David Boulanger. 2000. Don't Let Your SAP Investment Atrophy—You Can't Afford To Start Over.
- Simatupang, T. M, A. C Wright, et R Sridharan. 2002. The knowledge of coordination for supply chain integration. *Business Process Management Journal* 8, no. 3- pp. 289-308.
- Simatupang, T. M, A. C Wright, et R Sridharan. 2002. The knowledge of coordination for supply chain integration. *Business Process Management Journal* 8, no. 3- pp. 289-308.

- Simon, Herbert Alexander. 1996. *The Sciences of the Artificial (3rd ed.)*. 3^{éd.} MIT Press.
- Smets-Solanes, J.-P., et R. Atem de Carvalho. 2003. ERP5: a next-generation, open-source ERP architecture. *IT Professional* 5, no. 4- pp. 38- 44.
- Soffer, Pnina, Boaz Golany, et Dov Dori. 2003. ERP modeling: a comprehensive approach. *Information Systems* 28, no. 6- pp.673-690.
- Somers, Toni M., et Klara G. Nelson. 2004. A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management* 41, no. 3- pp.257-278.
- Spender J. C, et Grevesen W. 1999. The multinational enterprise as a loosely coupled system: the global integration - local responsiveness dilemma. *Managerial Finance* 25, no. 2- pp. 6-8.
- Spender, J. C, et P. H. Grinyer. 1995. Organizational Renewal: Top Management's Role in a Loosely Coupled System. *Human Relations* 48, no. 8 (Janvier 8)- pp. 909-926.
- Srinivasan, Mukundan, et Young B. Moon. 1999. A comprehensive clustering algorithm for strategic analysis of supply chain networks. *Computers & Industrial Engineering* 36, no. 3 (Juillet)- pp. 615-633. doi:10.1016/S0360-8352(99)00155-2 .
- Stedman , Craig . 2000. ERP woes cut Grainger profits. *ERP woes cut Grainger profits*. <http://www.computerworld.com/news/2000/story/0,11280,42976,00.html> (Accédé Mai 21, 2007).
- Stephens, Scott. 2001. Supply Chain Operations Reference Model Version 5.0: A New Tool to Improve Supply Chain Efficiency and Achieve Best Practice. *Information Systems Frontiers* 3, no. 4- pp.471-476.
- Symeonidis, Andreas L., Dionisis D. Kehagias, et Pericles A. Mitkas. 2003. Intelligent policy recommendations on enterprise resource planning by the use of agent technology and data mining techniques. *Expert Systems with Applications* 25, no. 4 (Novembre)- pp. 589-602.
- TARDIEU, H., A. ROCHFELD, et R. COLLETTI. 1983. La méthode Merise, Tome 1. *Principes et outils, Les Editions d'Organisation*.
- Teo, Thompson S. H., et James S. K. Ang. 1999. Critical success factors in the alignment of IS plans with business plans. *International Journal of Information Management* 19, no. 2 (Avril)- pp. 173-185.
- Terrasse, Marie-Noëlle, Marinette Savonnet, Eric Leclercq, Thierry Grison, et George Becker. 2006. *Do we need metamodels AND ontologies for engineering platforms?* . Shanghai, China : ACM Press.
- Tham, K.D., M.S. Fox, et M. Gruninger. 1994. A cost ontology for enterprise modelling. Dans *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 1994. Proceedings., Third Workshop on*, 197-210 <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/970/7827/00330502.pdf> (Accédé Octobre 5, 2007).
- Themistocleous, Marinos, Zahir Irani, et Peter E. D. Love. 2004. Evaluating the integration of supply chain information systems: A case study. *European Journal of Operational Research* 159, no. 2 (Décembre 1)- pp. 393-405.
- Thompson, J. D. 1967. *Organizations in Action*. Mcgraw-Hill College.
- Tomas, Jean-Louis, et Serge Miranda. 1999. *ERP et Progiciels intégrés : la mutation des systèmes d'information*. Dunod.
- Trunick, Perry A. 1999. ERP: PROMISE OR PIPE DREAM? *Transportation and Distribution*, Janvier 1.
- Uschold, M., et M. Gruninger. 1996. Ontologies: principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review* 11, no. 2- pp.93-136.
- USCHOLD, M., M. KING, S. MORALEE, et Y. ZORGIOS. 1998. The Enterprise Ontology. *The Knowledge Engineering Review* 13, no. 01- pp.31-89.

- Van der Aalst, W. M. P. 1999. Formalization and verification of event-driven process chains. *Information and Software Technology* 41, no. 10- pp.639-650.
- Van der Aalst, W. M. P., et A. J. M. M. Weijters. 2004. Process mining: a research agenda. *Computers in Industry* 53, no. 3- pp.231-244.
- Van der Aalst, W.M.P. 2005. Process mining in CSCW systems. Dans *Computer Supported Cooperative Work in Design, 2005. Proceedings of the Ninth International Conference on*, Vol. 1 of, 1- 8 Vol. 1
- Van Es, R. M., et H. A. Post. 1996. *Dynamic Enterprise Modeling*.
- Vernadat, F.B. 2007. Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods. *Annual Reviews in Control* 31, no. 1- pp. 137-145.
- Verwijmeren, Martin. 2004. Software component architecture in supply chain management. *Computers in Industry* 53, no. 2- pp.165-178.
- Vinod, H. D. 1969. Integer Programming and the Theory of Grouping. *Journal of the American Statistical Association* 64, no. 326- pp. 506-519.
- Wallnau, K. C. 1999. On Software Components and Commercial (" COTS") Software. *International Workshop on Component-Based Software Engineering*.
- Wang, Zhang, Zhang, et Chen. 2007. Identifying Modules in Complex Networks by a Graph-Theoretical Method and Its Application in Protein Interaction Networks. Dans *Advanced Intelligent Computing Theories and Applications. With Aspects of Artificial Intelligence*, 1090-1101. D.-S. Huang, L. Heutte, and M. Loog (Eds.):
- Watson, Edward E., et Helmut Schneider. 1999. *Using ERP systems in education* . Association for Information Systems.
- Watson, Edward E., et Helmut Schneider. 1999. *Using ERP systems in education* . Vol. 1. Association for Information Systems.
- Watson, Richard T., Gigi G. Kelly, Robert D. Galliers, et James C. Brancheau. 1997. *Key issues in information systems management: an international perspective* . Vol. 13. M. E. Sharpe, Inc.
- Wei, Chun-Chin, Chen-Fu Chien, et Mao-Jiun J. Wang. 2005. An AHP-based approach to ERP system selection. *International Journal of Production Economics* 96, no. 1- pp.47-62.
- Werner, T., et C. Vetter. 2003. From order to production: a distinct view on integration of plant floor and business systems. Dans *Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference*, 1- pp.276-281 vol.1.
- Westervelt,, Robert. 2005. SAP trumps Oracle in march to SOA.
http://searchsap.techtarget.com/originalContent/0,289142,sid21_gci1115773,00.html (Accédé Août 29, 2007).
- Weston Jr., F. D. Ted. 2003. ERP II: The extended enterprise system. *Business Horizons* 46, no. 6- pp.49-55.
- Winter, R., et E. Robert. 2003. An Architecture Model for Supporting Application Integration Decisions. *Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems*.
- Winter, R., et E. Robert. 2003. An Architecture Model for Supporting Application Integration Decisions. *Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems*.
- Wohed, Andersson, et Panetto. 2006. Facilitating Interoperability: A Cross-Analysis of the Language UEML and the Standard ISO/DIS 19440. Dans *Business Process Management Workshops*, Vol. 3812/2006 of *Lecture Notes in Computer Science*, 257-268

- Worley, J. Hermosillo, K.A. Chatha, R.H. Weston, O. Aguirre, et B. Grabot. 2005. Implementation and optimisation of ERP systems: A better integration of processes, roles, knowledge and user competencies. *Computers in Industry* 56, no. 6- pp.620-638.
- Wortmann, J. C., H. M.H. Hegge, et S. Rolefes. 2000. Embedding enterprise software in extended enterprise models. *Comput. Ind.* 42, no. 2-3- pp. 231-243.
- Wortmann, J.C. 2001. Understanding enterprise modelling from product modelling. *Production Planning & Control* 12, no. 3- pp.234-244.
- Wybo, Michael D., et Dale L. Goodhue. 1995. Using interdependence as a predictor of data standards. Theoretical and measurement issues. *Information & Management* 29, no. 6 (Décembre)- pp. 317-329.
- Wylie, L. 1990. ERP: A vision of the next-generation MRP II. *Computer Integrated Manufacturing, Gartner Group* 12.
- Yang, Luo, et Li. 2006. A Novel Visual Clustering Algorithm for Finding Community in Complex Network. Dans *Advanced Data Mining and Applications*, 396-403. X. Li, O.R. Zaiane, and Z. Li (Eds.)
- Yen, HsiuJu Rebecca, et Chwen Sheu. 2004. Aligning ERP implementation with competitive priorities of manufacturing firms: An exploratory study. *International Journal of Production Economics* 92, no. 3- pp.207-220.
- Yu, E., et J. Mylopoulos. 1997. Modelling Organizational Issues for Enterprise Integration. Dans *Proceedings of International Conference on Enterprise Integration and Modelling Technology, Turin*, 28:30.
- Yusuf, Yahaya, A. Gunasekaran, et Mark S. Abthorpe. 2004. Enterprise information systems project implementation: A case study of ERP in Rolls-Royce. *International Journal of Production Economics* 87, no. 3- pp.251-266.
- Zachman, John A. 1987. A framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 26, no. 3. <http://www.research.ibm.com/journal/sj38-23.html>.
- Zelm, Martin, Francois B. Vernadat, et Kurt Kosanke. 1995. The CIMOSA business modelling process. *Computers in Industry* 27, no. 2- pp.123-142.
- Zhang, Zhe, Matthew K.O. Lee, Pei Huang, Liang Zhang, et Xiaoyuan Huang. 2005. A framework of ERP systems implementation success in China: An empirical study. *International Journal of Production Economics* 98, no. 1- pp.56-80.

Annexe 7 Listes des figures

Figure 1.1: Adoption of the ERP concept in IS academe	21
Figure 2.1: les différents "systèmes" ERP dans le cycle de vie d'un projet.....	35
Figure 2.2: Future application of enterprise system (Davenport 2000).....	37
Figure 2.3: Approche traditionnelle/Approche progicielle.....	43
Figure 2.4: Comparaison des méthodologies ERP (Tchokogue et al, 2004).....	43
Figure 2.5: Enterprise System Experience Cycle (Markus et Tanis 2000).....	45
Figure 2.6: Classification des normes par domaine (Chen et Vernadat, 2001).....	65
Figure 2.7: Standard de l'ingénierie d'entreprise (UEML).....	66
Figure 2.8: Le modèle des construits du projet de norme ISO 19440.....	67
Figure 2.9: Modélisation d'entreprise et application informatique (UEML).....	69
Figure 2.10: Les modèles d'un projet ERP (Krumbholz et Maiden 2001)	71
Figure 2.11: Un cadre de référence (Darras 2004).....	72
Figure 2.12: Cadre de positionnement des techniques de modélisation	75
Figure 2.13: La structure d'un processus SCOR.....	84
Figure 2.14: Structure du système d'information (Morley).....	91
Figure 2.15: Ingénierie système et système d'information.....	92
Figure 2.16: Le cadre de référence d'une architecture d'entreprise selon Zachman.....	93
Figure 2.17: Démarche de projet USDP.....	95
Figure 2.18: Cadre proposé par le MIT en 1990.....	97
Figure 2.19: Démarche d'alignement itérative (Soffer 2003).....	99
Figure 2.20: Matrice de maturité outil/processus.....	102
Figure 2.21: Clusterisation comparée d'architectures (Winter, 2003).....	113
Figure 2.22: Une taxonomie des approches de clustering (Jain, 1999).....	114
Figure 2.23: Cartes de Cluster (Chapron, 2006).....	116
Figure 3.1: L'ERP dans les différentes phases de modélisation 19439.....	129
Figure 3.2: Un cadre d'étude de l'intégration.....	130
Figure 3.3: les construits du méta-modèle SCOR (Millet et Botta 2006).....	137
Figure 3.4: Méta-modèle des objets d'un ERP.....	140
Figure 3.5. Le méta-modèle d'étude de l'intégration.....	143
Figure 3.6: Classification des dépendances de processus de Chapron et 19440.....	146
Figure 3.7. Hiérarchisation du modèle d'intégration.....	147
Figure 3.8: Dépendances identifiées et potentielles du méta-modèle.....	148
Figure 3.9. Dépendances pour l'alignement du S.I.....	150
Figure 3.10. les chaînes de dépendances entre Data et Organizational Unit.....	153
Figure 3.11: Dépendances Indirectes.....	163
Figure 3.12 similarité et dissimilarité de graphes d'intégration	164
Figure 3.13 matrice des distances selon la longueur d'intégration.....	165
Figure 3.14. partitions de processus.....	166

Figure 3.15 voisinages successifs de l'objet A1 dans le graphe E15.....	170
Figure 3.16: Classes d'information échangées dans le modèle SCOR.....	178
Figure 3.17: Briques applicatives.....	181
Figure 3.18.Matrice de Lambert : croisement processus / fonctions.....	189
Figure 3.19. Positionnement des ERP dans la matrice de Lambert.....	190
Figure 3.20. positionnement des briques SCM dans la matrice de Lambert.....	191
Figure 3.21. cadre d'ingénierie d'entreprise dirigée par les modèles.....	194
Figure 3.22. cadre 19439 et projets de type BPR.....	197
Figure 3.23. le cadre 19439 et les projets de type ERP « IT ».....	198
Figure 3.24. le cadre 19439 et les projets de type ERP « BP ».....	199
Figure 3.25 Alignement entre modèles dans le cadre d'intégration.....	203
Figure 3.26 le cadre de modélisation dirigé par l'intégration.....	206
Figure 3.27. graphe d'intégration du cas d'entreprise E104	209
Figure 3.28. graphe d'intégration du cas E104 avec algorithme de force.....	209
Figure 3.29 modèle partiel et voisinages par point de vue de l'objet EP.....	213
Figure 3.30 graphe interclasses après partitionnement 8-means.....	215
Figure 3.31 Classes C6,C7 du partitionnement K8 du graphe E104.....	216
Figure 3.32: dendrogramme classification hiérarchique cas BAAN-WH-BF.....	223

Annexe 8 Listes des Tableaux

Tableau 2.1: Taux de pénétration ERP par secteur (Harriss et Huneke 1999).....	29
Tableau 2.2. Satisfaction Utilisateur par Module (Canonne et Damret 2002).....	30
Tableau 2.3: Facteurs de différenciation / Budgets de projet	41
Tableau 2.4 Innovation process stage models	45
Tableau 2.5 Aspects Critiques de projet et d'après-projet (Nicolaou 2004).....	48
Tableau 2.6.: Personnalisation et Budget de projet ERP. (Mabert et al 2001).....	50
Tableau 2.7.: Utilisation potentielle des modèles de processus.....	64
Tableau 2.8 MIT Business Model Architecture.....	82
Tableau 2.9 : Les deux dimensions de la coordination (Simatupang et al 2002).....	108
Tableau 2.10: Couplage et matrice intégration/réactivité	111
Tableau 3.1.: Comparaison des cadres ISO 19439 et Zachman+USDP.....	126
Tableau 3.2: Correspondance 19440 / SCOR.....	138
Tableau 3.3: Correspondance modèle ERP et 19440.....	141
Tableau 3.4: Relations entre construits 19440.....	145
Tableau 3.5: Matrice d'adjacence du graphe de dépendances.....	154
Tableau 3.6.: caractérisation des dépendances par la maturité.....	161
Tableau 3.7: répartition des distances selon la longueur d'intégration.....	165
Tableau 3.8: Classification ascendante hiérarchique.....	167

Tableau 3.9: dissimilarité de longueur d'intégration 2 pour le graphe E15.....	167
Tableau 3.10: matrice des couplages du graphe E15.....	169
Tableau 3.11 Informations échangées.....	174
Tableau 3.12: Classes d'information par processus SCOR de niveau 1.....	178
Tableau 3.13: Liste des blocs de construction SAP A1.....	185
Tableau 3.14: Briques applicatives référencées par processus SCOR.....	187
Tableau 3.15: Matrice de synthèse par processus SCOR de niveau 1.....	187
Tableau 3.16: Typologie d'alignement de modèle dans la démarche.....	202
Tableau 3.17: liste des objets organisationnels du modèle E104.....	207
Tableau 3.18: Liste des objets de la vue fonctionnelle du modèle E104.....	208
Tableau 3.19: liste des objets informationnels et ressource du cas E104.....	208
Tableau 3.20: temps de construction des graphes d'intégration (cas E104).....	210
Tableau 3.21: Couplages répartis par dizaine selon la longueur d'intégration.....	211
Tableau 3.22: tableau des couplages dans le graphe E104 pour l'objet EP.....	212
Tableau 3.23: Dissimilarité du graphe E104 selon la longueur d'intégration.....	213
Tableau 3.24: Comparaison méthode d'agrégation en CAH.....	214
Tableau 3.25: Comparaison partitionnement selon nombre de groupes.....	214
Tableau 3.26: Classement des "Enterprise Activity" partitionnement 4-means.....	216
Tableau 3.27: dépendances techniques inter et intra modules BAAN.....	219
Tableau 3.28: Contribution des applications aux fonctions métiers (BAAN).....	220
Tableau 3.29: Partitionnement tables TI du cas BAAN-TT-568.....	222
Tableau 3.30: Usages "de base" et "avancés" des processus WH de BAAN.....	223
Tableau 3.31: dépendances des processus SCOR D1.1 et D1.2.....	224
Tableau 3.32: Classification Hiérarchique ascendante des processus SCOR.....	226
Tableau 5.1. Liste des Fonctions principales de INFOR ERP LN 6 (BAAN).....	243
Tableau 5.2: Définition de briques applicatives.....	248

FOLIO ADMINISTRATIF

THESE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON

NOM : MILLET (avec précision du nom de jeune fille, le cas échéant) Prénoms : Pierre-Alain		DATE de SOUTENANCE : 14 Octobre 2008
TITRE : Une analyse de l'intégration organisationnelle et informationnelle: application aux systèmes d'information de type ERP.		
NATURE : Doctorat Ecole doctorale :Ecole doctorale informatique et information pour la société Spécialité : Infomatique et Information pour la Société		Numéro d'ordre : 2008-ISAL-0071
Code B.I.U. – Lyon : T 50/210/19 / et bis		CLASSE :
RESUME : Les systèmes d'information (S.I.) d'entreprise se construisent à partir de progiciels configurés, intégrés et déployés dans des organisations en mouvement. Les enjeux d'efficacité des projets, d'efficience des usages, de performances opérationnelles, d'alignement aux stratégies d'entreprise sont connus. Ils fondent la problématique de l'intégration organisationnelle et informationnelle, avec la généricité nécessaire à la diffusion des bonnes pratiques et normes, dans une démarche continue mêlant analyse de l'existant, conception et mise en œuvre par l'organisation. Un cadre d'ingénierie dirigée par les modèles se diffuse progressivement à partir des travaux en modélisation d'entreprise et en système d'information. Ce mémoire propose une approche centrée sur l'intégration organisationnelle et informationnelle afin d'enrichir ce cadre dans les phases de conception, d'intégration et d'usage pour prendre en compte les interdépendances entre les éléments d'un système et entre les points de vue différents sur ce système. Ce cadre étendu repose sur un méta-modèle de l'intégration et une démarche d'alignement entre les points de vue. Il s'appuie sur la théorie des graphes pour définir une notion de voisinage permettant de représenter les différentes formes d'intégration qui conditionnent, permettent ou limitent les résultats des projets. L'analyse de différents cas issus de référentiels métiers permet de valider la pertinence du cadre proposé pour enrichir les représentations de ces modèles.		
MOTS CLES : Modélisation, Intégration, ERP, partitionnement...		
Laboratoire(s) de recherches :Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production		
Directeur de thèse :Valérie Botta-Genoulaz		
Président du jury :		
Composition du jury		
Khalid Benali	Maître de conférence HDR, Nancy, Rapporteur	
Valérie Botta-Genoulaz	Professeur (INSA de Lyon)	
Jacques Erschler	Professeur (INSA de Toulouse)	
Alain Guinet	Professeur (INSA de Lyon)	
Hervé Pingaud	Professeur (ENIT Tarbes), Rapporteur	
Michel Schneider	Professeur (ISIMAG Clermont)	
Kurt Weiz	Professeur, Resp. des relations académiques SAP	