

*Habilitation à Diriger des Recherches
en Génie Industriel*

Présentée par Lyes KERMAD

Docteur de l'Université des Sciences et Technologies de Lille

Maître de conférences à l'Université Paris 8 (IUT de Montreuil, Département QLIO)

Laboratoire QUARTZ EA n°7393

**CONTRIBUTION A LA CONDUITE DU CHANGEMENT
DANS LES PROJETS D'INTEGRATION
ORGANISATIONNELLE DES ENTREPRISES**

Soutenue le 09 juillet 2018

Devant le jury constitué de :

M. Belkacem OULD BOUAMAMA, Président du jury, Professeur à l'Université de Lille

M. Mourad ABED, Rapporteur du jury, Professeur à l'Université de Valenciennes (UVHC)

M. Abdellatif BENADELHAFID, Rapporteur du jury, Maître de conférences HDR à l'Université du Havre

M. Pierre CASTAGNA, Rapporteur du jury, Professeur à l'Université de Nantes

Mme Myriam LAMOLLE, Examinatrice, Professeur à l'Université Paris 8

M. Armand TOGUYENI, Garant HDR, Professeur à l'École Centrale de Lille

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein de l'équipe de Modélisation et Génie des Systèmes Industriels (MGSI) rattachée au laboratoire QUARTZ (EA 7393) et dirigée par le Professeur Abderrahman El Mhamedi.

Je tiens à remercier, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de participer à mon jury,

- *M. Belkacem OULD BOUAMAMA, Président du jury, Professeur à l'Université de Lille*
- *M. Mourad ABED, Rapporteur du jury, Professeur à l'Université de Valenciennes (UVHC)*
- *M. Abdellatif BENADELHAFID, Rapporteur du jury, Maître de conférences HDR à l'Université du Havre*
- *M. Pierre CASTAGNA, Rapporteur du jury, Professeur à l'Université de Nantes*
- *Mme Myriam LAMOLLE, Examinatrice, Professeur à l'Université Paris 8*

Je suis très reconnaissant envers M. Armand TOGUYENI, mon Garant HDR, Professeur à l'Ecole Centrale de Lille pour sa confiance et son aide précieuse.

Je tiens également à remercier Mme Nadia HAMANI et M. El Mouloudi DAFAOUI pour leur soutien indéfectible et leurs conseils pendant toute la période de rédaction de ce mémoire.

Je voudrais adresser une pensée toute particulière aux doctorants que j'ai eu l'honneur et le plaisir d'encadrer dans leur travail de thèse :

- *Mme Salma BELLÂAJ qui a soutenu sa thèse le 29 juin 2009,*
- *M. Mamadou CAMARA qui a soutenu sa thèse le 10 novembre 2009,*
- *M. Pierre MOUAWAD qui a soutenu sa thèse le 4 novembre 2010,*
- *Mme Ikram KHATROUCH qui a soutenu sa thèse le 26 novembre 2014*

Enfin, je voudrai remercier ma famille pour son soutien inconditionnel.

SOMMAIRE

1	Introduction	6
2	Positionnement de mes travaux de recherche	9
2.1	Introduction	9
2.2	Revue de littérature	9
2.3	Problématique	12
2.4	Implémentation d'un système d'information	14
2.5	Intégration organisationnelle et conduite du changement	28
2.6	Conclusion	40
3	Contribution à une démarche qualité pour la conduite du changement (Mouawad, 2010)	41
3.1	Introduction	41
3.2	Méthode générique de conduite du changement par la qualité	41
3.3	Conclusion et perspectives	55
4	Contribution à la constitution d'équipes projet pour la conduite du changement (Khatrouch, 2014)	57
4.1	Introduction	57
4.2	Construction d'équipes projets pour la conduite du changement (Mouawad, 2010)	58
4.3	Démarche intégrée de construction et de sélection d'équipes multidisciplinaires (Khatrouch, 2014)	63
4.4	Conclusion et perspectives	71
5	Contribution à une gestion proactive de la conduite du changement (Camara, 2009)	72
5.1	Introduction	72
5.2	Démarche générale	73
5.3	Conclusion et perspectives	84
6	Contribution à la gestion proactive de l'externalisation des processus (Bellaaj, 2009)	86
6.1	Introduction	86
6.2	Classification des risques	86
6.3	Perception des risques de l'externalisation et alternatives : Etude empirique	90
6.4	Développement d'un système à base de cas	95
6.5	Application de la démarche	96
6.6	Conclusion et perspectives	97
7	Contribution à l'intégration des systèmes d'information dans l'entreprise étendue (Moones, 2017)	99
7.1	Introduction	99
7.2	L'interopérabilité PLM facilitée par les normes	101

7.3	L'approche SIP	103
7.4	Le banc d'essai SIP	111
7.5	Conclusion et perspectives	116
8	<i>Travaux de recherche en cours et perspectives</i>	117
8.1	Introduction	117
8.2	Elaboration d'un cadre d'interopérabilité pour l'évaluation des normes PLM	117
8.3	Contribution à la modélisation et à la gestion des configurations des Systèmes de Production Reconfigurables (SPR) (Kombaya, 2020 ?)	122
8.4	Conclusion et perspectives	125
9	<i>Conclusion générale</i>	127
10	<i>Références bibliographiques</i>	129

1 Introduction

Dans un contexte concurrentiel de plus en plus sévère, l'amélioration de la productivité demeure un élément essentiel de la compétitivité d'une entreprise. Pour ce faire, les industriels se sont équipés de systèmes de production flexibles de plus en plus complexes à gérer. Mais malgré tous ces équipements performants, les entreprises doivent innover et tirer profit encore plus de leurs savoir-faire et de leurs organisations en agissant simultanément sur leurs ressources humaines, matérielles et financières dans un environnement fluctuant : optimiser l'utilisation des ressources de l'entreprise en vue d'un objectif de compétitivité devient un enjeu vital. La survie de l'entreprise dans un marché compétitif global requiert l'amélioration de l'intégration interne et de la collaboration externe (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006).

Le concept d'intégration, en lui-même, s'applique à deux niveaux (Senechal, 1996) : Un objectif général, qui est l'intégration dans l'ensemble de l'entreprise, et les moyens d'y parvenir qui est l'intégration des outils. L'intégration des fonctions (ou activités selon (Porter, 1986)) de l'entreprise se traduit dans la pratique par la maîtrise des interactions, d'une part, entre celles-ci (value chain), et d'autre part, entre celles-ci (représentant l'entreprise) et l'extérieur (system value). La création d'avantages concurrentiels s'obtient par la restructuration, le réordonnancement, le regroupement ou encore l'élimination des activités de la chaîne de valeur. Il s'agit d'une réorganisation de l'entreprise non plus dans des termes classiques de division de travail, mais suivant une vue transversale de l'entreprise. On parle alors de réingénierie qui traduit la volonté de l'entreprise de gérer ses activités de manière intégrée au cycle de vie du produit. L'intégration des outils, quant à elle, se matérialise par des systèmes intégrés d'information utilisant des bases de données communes à la gestion des différentes fonctions, pour assurer une coordination constante entre celles-ci par le biais d'échanges d'informations, et permet ainsi une optimisation de l'ensemble des performances de l'entreprise (Senechal, 1996).

C'est ainsi que les industriels ont adopté de nouvelles technologies d'information et de communication à divers niveaux de décision et de management afin notamment de coordonner et d'optimiser leur chaîne logistique (Arshinder, Kanda, & Deshmukh, 2008). C'est dans ce contexte que les systèmes d'information des entreprises sont passés du CIM (Computer Integrated Manufacturing) des années 1980 à l'ERP (Entreprise Ressource Planning ou Progiciel de Gestion Intégré) des années 1990 et plus largement aux systèmes de pilotage de la SCM (Supply Chain Management) des années 2000. La complexité de plus en plus croissante des organisations d'entreprises et des flux d'information a conduit à l'explosion des systèmes d'information (SI) modulaires (et monolithique) au profit de SI intégrés composés de COTS (Commercial Off-The-Shelf ou Composants sur étagères) de type CRM, ERP, SRM, MES, SCM, etc. (Auzelle, 2009). A travers sa capacité à collecter, échanger et gérer l'information et à travers les formes d'interdépendances variées qu'il introduit, l'ERP encourage une approche transversale de l'organisation des entreprises ; ce qui permet aux utilisateurs de sortir des îlots fonctionnels (El Amrani & Geffroy Morannat, 2004).

L'intégration est l'essentiel apport des progiciels de gestion intégrés (PGI/ERP) par rapport aux progiciels modulaires mono fonctionnels car elle repose sur le principe de découplage des fonctions de l'entreprise. De fait, la mise en place d'un ERP est une informatisation et une intégration des processus opérationnels de réalisation de management et de support de l'organisation (norme ISO 9000 version 2000). En effet, après avoir optimisé et automatisé pendant des années ses différentes fonctions, l'entreprise doit dorénavant les intégrer dans des processus horizontaux, pour améliorer sa productivité, réduire ses délais et ses coûts, améliorer sa réactivité, améliorer la qualité de ses services et de ses produits, etc. Cependant, même si les progiciels de gestion intégrés de type ERP sont un des fondements cruciaux pour satisfaire ces exigences et déterminer une entreprise performante (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006), l'évaluation de leur impact sur la performance des entreprises reste mal définie (Derrouiche, Neubert, & Bouras, 2006).

Malgré l'importance des ERP pour le succès des entreprises, leur mise en place soulève de nombreuses difficultés : c'est un leurre de penser que le déploiement de l'ERP, quelle que soit la qualité de la solution choisie et sa capacité à répondre aux besoins spécifiques d'une activité, résout les problèmes structurels d'une entreprise. Un ERP fonctionne un peu comme un amplificateur : si les processus de l'entreprise sont efficaces, le caractère structurant de l'outil apporte de la robustesse à sa bonne marche et une agilité (ou capacité à être adaptable et flexible pour évoluer rapidement dans un contexte changeant) dans son fonctionnement au quotidien. À l'inverse, si le fonctionnement de l'entreprise n'est pas optimum, l'ERP peut même produire l'effet inverse à celui qui est attendu, en amplifiant les dysfonctionnements. La mise en place de flux efficaces et de procédures agiles est donc un préalable à la mise en place d'un ERP qui décuplera les bénéfices de cette démarche d'amélioration continue (Bekkar, 2011).

La pratique montre que la majorité des projets ERP dépassent leurs budgets et leurs échéances (Darras, 2004). Selon l'étude réalisée par Booz-Allen et Hamilton en 2002, 35% des projets ERP sont abandonnés, 55% nécessitent un dépassement des délais et des budgets, et finalement seulement 10% des projets se déroulent correctement et selon les prévisions. Plus récemment, le « Standish Group » a montré dans son rapport 2009¹ une amélioration dans le taux de réussite des projets liés aux systèmes d'information. 32 % d'entre eux sont réalisés dans le respect des délais, des coûts et des spécifications. Cependant, 44% de ces projets nécessitent encore un dépassement de délais de budgets ou une révision de leurs spécifications et 24% des projets ne sont jamais terminés ou sont livrés mais jamais utilisés.

Selon (Peaucelle, 1999), un point essentiel du succès de la mise en place d'un ERP est la bonne connaissance de l'organisation : organisation actuelle et organisation à mettre en place. Il s'agit de développer des modèles représentant le fonctionnement d'une partie de l'entreprise (voire de l'entreprise), car la qualité d'un ERP pour une organisation donnée s'évalue selon deux critères (Tomas J. , 2000) et (Umble, Haft, & Umble, 2003) :

- Le degré d'intégration : définit la capacité de l'ERP à fournir à l'ensemble des acteurs de l'entreprise une image unique, intégrée, cohérente et homogène de l'ensemble des informations dont ils ont besoin pour jouer pleinement leur rôle.
- La couverture fonctionnelle : définit la capacité de fédérer l'ensemble des processus de l'entreprise dans une approche transversale qui optimise sa productivité.

Les entreprises qui éprouvent le plus de difficultés lors de la mise en œuvre d'un ERP sont celles qui agissent comme si l'implantation d'un tel système n'était rien de plus qu'une installation de matériel informatique et de logiciels, c'est-à-dire un projet technique dirigé par des spécialistes des systèmes et des technologies de l'information, alors que les problèmes liés aux enjeux politiques et organisationnels sont les plus difficiles à cerner et à résoudre. En effet, les ERP sont des produits coûteux à l'acquisition et encore plus coûteux à mettre en place et leur implémentation nécessite une mobilisation importante des ressources de l'entreprise dans des projets de longue durée².

De nombreux travaux pluridisciplinaires permettent de cerner les dimensions techniques, humaines et juridiques d'un projet d'implémentation d'un ERP et fournissent un certain nombre de prérequis nécessaires à leur réussite : (Marcus & Tanis, 2000), (Nah, Lau, & Kuang, 2001), (Saint-Léger, 2005), í

Mes recherches se sont appuyées sur ces travaux, et compte-tenu de la complexité technique liée à l'intégration croissante des systèmes d'informations, je me suis intéressé à l'amélioration des méthodes de mise en œuvre et d'implémentation des systèmes d'informations ERP existantes afin d'en réduire les risques, les délais et les coûts.

¹ http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/document/standish_group_chaos_summary_2009_pdf

² (Umble & Umble, 2002) estimaient un coût moyen de 11 M\$ et une durée de 23 mois.

Ce mémoire de recherche est composé de 5 grandes sections :

La section 2 décrit le positionnement de mes recherches à travers la conduite d'un projet d'implémentation d'un système d'information de type ERP. Elle permet d'identifier les problématiques qui y sont liées, notamment celles concernant l'intégration organisationnelle qui en découle et la nécessité de la conduite du changement dès la première phase de réingénierie.

Ceci nous conduit à la section 3 qui présente le travail réalisé par Pierre MOUAWAD (Mouawad, 2010) pour construire une démarche structurée de gestion de la qualité dans la phase de *réalisation du BPR (Business Process Re-engineering)*. Il s'agit de définir les objectifs de performance de l'entreprise et ensuite réaliser une adaptation de ses processus et de son organisation en fonction de ces objectifs. Nous mettrons alors en évidence trois questions majeures :

- La section 4 concerne la thématique de la « *Gestion des compétences et des rôles autour des systèmes intégrés (ERP)* », notamment dans les phases préliminaires de leur mise en œuvre. Pierre MOUAWAD (Mouawad, 2010) et Ikram KHATROUCH (Khatrouch, 2014) se sont particulièrement intéressés à la question de la construction des équipes dont la mise en cohérence la motivation est la clé de voûte d'un projet ERP. Une équipe de projet ERP doit regrouper plusieurs compétences afin de bien fonctionner. En effet, l'expertise technique n'est pas suffisante : elle doit être complétée par un groupe d'utilisateurs capables d'apporter leurs savoir-faire et leurs compétences métiers et un groupe de motivation capable de vaincre les réticences aux changements et de promouvoir le projet afin de faciliter son extension à l'ensemble des utilisateurs au moment du déploiement. De plus, il est indispensable que l'équipe projet soit suffisamment solide pour traverser des périodes difficiles plus ou moins longues et de gagner l'implication de la direction en obtenant des résultats concrets dans l'avancement du projet.
- La section 5 pose le problème de l'adéquation entre le modèle résultant d'une démarche de reconfiguration des processus et de l'organisation d'une entreprise et le modèle de référence d'un ERP avec la prédiction de l'impact opérationnel du changement sur les performances de l'entreprise. L'étude des facteurs clés (ou critiques) de succès d'un projet ERP nous a convaincu de renforcer nos travaux dans le domaine du « changement » et de la gestion proactive de son « *Impact sur l'organisation* ». Mamadou CAMARA (Camara, 2009) a alors développé une approche quantitative d'évaluation des risques inhérents aux changements induits par un projet ERP.
- La section 6 porte sur la gestion des partenariats industriels et les risques associés à l'externalisation des processus. Elle présente le travail de Salma BELAAJ (Bellaaj, 2009) qui s'inscrit dans la thématique du « *Cycle de vie des systèmes d'information intégrés dans un environnement évolutif (cession, fusion, ...)* ». Ce travail se poursuit actuellement dans le cadre de la thèse en cours d'Emna MOONES qui aborde la question des partenariats d'entreprise sous l'angle de l'interopérabilité. La section 7 présente notre contribution dans le cadre du projet de recherche SIP (Standard & Interopérabilité Plm)

La dernière section de ce mémoire de recherche (section 8) présente nos travaux en cours et nos perspectives de recherche concernant le développement d'une démarche générique pour la construction et la validation d'un partenariat d'entreprises et d'externalisation de processus.

2 Positionnement de mes travaux de recherche

2.1 Introduction

Un développement croissant de travaux de recherche internationale issus de l'observation des entreprises a conduit à identifier des enjeux de recherche autour de l'intégration, des modèles d'entreprises, de l'urbanisation des systèmes d'informations, des interactions entre aspects organisationnels, socioculturels et techniques. De nombreux résultats d'expériences dans les entreprises de production de biens et de services conduisent à prendre en compte les aspects productique, informatique, organisationnel, économique et sociologique. Cela conduit à s'intéresser autant aux objets, systèmes et méthodes qu'à leur mise en œuvre et leurs usages, la compréhension des uns étant nécessaire à celle des autres.

Les ERP ont fait l'objet de nombreuses publications, enquêtes et études. Les premières publications les concernant ont commencé en 1992, mais c'est depuis 1999 qu'ils intéressent une communauté de chercheurs et de praticiens (ou consultants) diversifiée et large sur des champs multidisciplinaires et interdisciplinaires. En France, l'étude scientifique des ERP a réellement démarré avec la création du groupe ERP le 14 septembre 1999 par des enseignants chercheurs du laboratoire PRISMA pour accompagner des projets de fin d'étude et des mémoires de DEA. Un groupe de travail ERP a été créé au sein du GDR MACS afin de réunir des enseignants, chercheurs, consultants et industriels qui souhaitaient partager des expériences et connaissances sur les ERP et plus généralement les systèmes d'information d'entreprise construits à partir d'applications standards (ERP, SCM, CRM, PDM, EAI, MES, SOP, BPM).

Très vite, les contacts en entreprise industrielle, avec des éditeurs et consultants ont élargi le groupe vers un véritable réseau de gestion de connaissances. En 2001, le 12ème congrès de l'Association Francophone de Gestion des Ressources Humaines présentait de nombreuses communications sur le thème des projets ERP. Par ailleurs, les thèses soutenues en France (Boutin, 2001), (Hermosillo Worley, 2003), (Darras, 2004), (Heili, 2004), (Saint-Léger, 2005) et (Rivera Gonzalez, 2005) témoignent de la coopération entre les communautés SPI (Sciences Pour l'Ingénieur) et SHS (Sciences Humaines et Sociales).

2.2 Revue de littérature

Plusieurs revues de littérature ont montré que les ERP ont profondément modifié le paysage de la recherche en organisation d'entreprise, gestion d'entreprise, système d'information et gestion de la production et de la chaîne logistique au niveau international.

La première synthèse, (Esteves & Pastor, 2001a), est une bibliographie annotée de 189 articles parus au cours de la période 1997-2000 dont 21 publiés dans des revues.

La deuxième revue de littérature (Botta-Genoulaz & Millet, 2005) analysent 81 articles (dont 64 revues) traitant des ERP et publiés au cours de la période 2003-2004. Ces publications sont classées selon 6 thèmes de recherche :

- l'optimisation des ERP,
- l'ERP et la chaîne logistique
- l'ERP en tant que progiciel,
- l'implantation des ERP,
- les aspects organisationnels des projets ERP,
- et enfin les études de cas.

Les auteurs de (Botta-Genoulaz & Millet, 2005) ont ensuite regroupé ces 6 thèmes en 3 classes de problématiques liées aux ERP :

- L'optimisation des ERP dans la phase de post implémentation : mesure et amélioration de la satisfaction des utilisateurs et de la contribution des ERP à la compétitivité et la performance de l'entreprise.
- L'ERP en tant que progiciel : paramétrage ou personnalisation et intégration de l'ERP dans le système d'information (architecture et interopérabilité des systèmes).
- Les aspects organisationnels et sociologiques des projets ERP

La 3ème revue de littérature (Moon, 2007) a porté sur 313 articles publiés dans diverses revues entre janvier 2000 et mai 2006. Cette revue de littérature identifie également 6 thèmes de recherche en liaison avec les ERP :

- l'implémentation,
- l'utilisation,
- les extensions,
- la valorisation,
- l'enseignement,
- les tendances et les perspectives.

Le thème de l'implémentation regroupe la majorité des articles analysés dans cette revue de littérature (40 %). En effet, l'implémentation d'un système ERP est un projet majeur qui nécessite la mobilisation de ressources importantes et un grand niveau d'engagement et de changement dans une organisation. Il est donc tout à fait naturel que les questions concernant le processus de mise en œuvre des ERP soit une des préoccupations majeures des entreprises et donc des chercheurs. Cette préoccupation est d'autant plus grande qu'il existe de nombreux échecs, dont certains ont eu des conséquences dramatiques pour les entreprises. Les publications traitant des problèmes d'implémentation sont réparties selon 6 sous-thèmes :

- Les articles généraux :
 - qui présentent des expériences d'implémentation d'ERP dans diverses entreprises
 - qui tentent d'expliquer pourquoi la mise en œuvre des ERP est difficile et ce qui doit être fait pour réussir un projet ERP et atteindre les résultats souhaités
 - qui présentent des méthodologies et des modèles de mise en œuvre à n étapes ou des études comparatives entre pays, entre approches système unique et systèmes multiples, í
 - qui traitent de la question des systèmes ERP hébergés ou de la qualité des données et de gestion de projets
- Les études de cas : ce type d'articles étudient des expériences de mise en œuvre d'ERP dans une ou plusieurs entreprises pour fournir des données réelles et des observations ou, plus rarement, pour proposer des généralisations.
- Les Facteurs Critiques de Succès (FCS) : l'idée développée par ce type d'articles est que les expériences de mise en œuvre des ERP permettent d'identifier certains facteurs importants qui déterminent leur succès ou leur échec. Certaines recherches proposent des listes de facteurs critiques de succès et d'autres effectuent l'analyse des données concernant ces facteurs.
- La gestion du changement : la mise en œuvre d'un système ERP implique inévitablement une grande partie de l'organisation et elle est souvent accompagnée de grands efforts de réingénierie des processus. Les articles qui traitent du changement expliquent pourquoi il

est important dans la mise en œuvre des ERP et proposent des méthodes et des stratégies de gestion.

- L'étude d'une phase spécifique du processus de mise en œuvre : la mise en œuvre d'ERP se fait généralement selon un processus qui démarre par la décision de mettre en place un ERP et s'achève par sa mise en production en passant par les phases de sélection, de personnalisation du système ERP, de configuration de l'ERP, etc... Les articles appartenant à ce sous-thème ne s'intéressent souvent qu'à une seule phase de ce processus.
- Les questions culturelles : Il s'agit le plus souvent d'études comparatives et d'analyses en termes de différences et de similitudes. Ce dernier groupe d'articles s'intéressent à l'impact des caractéristiques culturelles et nationales sur la mise en œuvre et l'utilisation des ERP.

Quand le projet d'implémentation est achevé et que l'entreprise a mis en œuvre son ERP avec succès, l'attention se déplace vers un second thème portant sur l'optimisation de l'utilisation du système. Les articles portant sur ce thème traitent divers sujets concernant l'utilisation du système ERP. L'auteur de (Moon, 2007) propose de les classer en 4 sous thèmes :

- Les problèmes liés à l'acceptation de l'ERP par les utilisateurs et à leur satisfaction ainsi que le rôle politique du système ERP et de la place des cabinets de conseil dans l'entreprise sont traités dans des articles généraux.
- L'aide à la décision est traitée dans des articles portant sur la capacité de l'ERP à faciliter la construction de tableaux de bord dynamiques et à gérer des données complexes en temps réel.
- L'optimisation des fonctions est abordée par des chercheurs qui focalisent leur attention sur une fonction spécifique de l'ERP (logistique, RH, comptabilité, etc.) afin d'en améliorer l'efficacité et la performance.
- La maintenance d'un ERP recoupe toutes les opérations de « nettoyage » des données, de mise à jour logiciels et de migration informatique ainsi que les opérations de reconfiguration et d'optimisation des processus métier après l'implémentation de l'ERP.

Certaines entreprises mettent en œuvre des systèmes ERP en le considérant comme un élément constitutif d'un système d'information plus étendu. D'autres limitent les périmètres organisationnel et fonctionnel de leur projet ERP afin d'en garantir le succès et le bon fonctionnement. Dans les deux cas, les entreprises peuvent être amenées à envisager l'extension de leurs systèmes d'information et des périmètres fonctionnel et organisationnel de leurs ERP après la phase de stabilisation et d'optimisation. Il s'agit là d'un troisième thème qui a beaucoup intéressé les chercheurs.

Les articles classés par (Moon, 2007) dans ce troisième thème portent sur les questions relatives à l'extension des systèmes ERP vers le e-commerce, la gestion de la chaîne logistique (SCM), la gestion de la relation client (CRM), la gestion de la relation fournisseur (SRM), la planification avancée (APS), etc. Ces articles considèrent que la question de la valeur générée par un système ERP est une question fondamentale pour des entreprises qui ont consenti de gros investissements financiers et d'importants efforts collectifs pour mener à bien leurs projets ERP. Les gains qu'un système ERP permet d'obtenir peuvent être de plusieurs natures : gains opérationnels, gains financiers, gains stratégiques etc. 1 Leur mesure peut parfois s'appuyer sur les réactions du marché boursier et la variation de la valorisation de l'entreprise à l'annonce d'un projet ERP. Cependant, les méthodes d'estimation de la valeur ajoutée d'un ERP pour une entreprise sont nombreuses et complexes.

Les publications retenues par (Moon, 2007) dans ce thème proposent des approches systématiques s'appuyant sur des données statistiques. Certaines modélisent des liens de

causalités entre divers paramètres tandis que d'autres s'intéressent à l'impact de l'ERP sur la performance globale des processus de l'entreprise.

Le développement des ERP a naturellement posé la question de leur impact sur les formations universitaires. La plupart des publications traitant de leurs usages pédagogique ont présenté les adaptations de cours ou de cursus en tentant de les justifier. Certains articles mettent l'accent sur le caractère multidisciplinaire d'un enseignement mettant en œuvre des ERP et la nécessité d'adapter des cursus de formation orientés métier vers des cursus orientés processus.

Outre les revues de littérature qui permettent d'identifier les thématiques de recherche abordées par la communauté des chercheurs « ERP » et celles qui analysent les écarts entre les problématiques des industriels et celles des chercheurs, on retrouve parmi les articles classées dans ce thème par (Moon, 2007) :

- des publications qui fournissent des introductions à l'ERP, des définitions ainsi que différents points de vue sur les ERP. Ce type d'articles présente également les résultats d'enquêtes portant sur diverses expériences industrielles ainsi que les dernières tendances de la littérature sur les ERP à l'usage des industriels et des jeunes chercheurs. Ce type d'articles met l'accent sur le lien très étroit entre les ERP et la réorganisation des processus métier (*BPR pour Business Process Reengineering*) et les implications en termes de changement de l'implémentation des ERP.
- Des articles qui présentent différentes approches de modélisation des ERP : modèles conceptuels qui expliquent le système ERP, taxonomie des facteurs de réussite de la mise en œuvre d'ERP, modèles de gouvernance ERP, modèles d'acceptation de l'utilisateur, etc. D'autres articles tentent de remettre en question et de contester les opinions « établies » à travers des questions telles que « Est-ce qu'un système ERP apporte réellement de la valeur ? », « Les meilleures pratiques métier sont-elles bonnes pour toutes les entreprises ? », etc.
- des publications qui mettent l'accent sur les nouvelles technologies d'intégration des systèmes d'information telles que la méthode de conception des logiciels dite « composantisation » logicielle », les EAI (Enterprise Application Integration), les architectures orientées services ainsi que sur les services Web et leurs implications.
- Des articles qui analysent les particularités spécifiques à certains secteurs d'activités (services publics, milieux hospitaliers, etc.) et leurs impacts sur la mise en œuvre d'un système ERP.

2.3 Problématique

Selon (Millet & al, 2010), « Les systèmes d'informations (S.I.) des organisations privées ou publiques sont désormais construits à partir d'applications standards du marché qui doivent être configurées, paramétrées et intégrées dans un environnement spécifique à chaque entreprise. L'intégration est devenue un facteur critique de la configuration, de la mise en œuvre et de l'usage des systèmes. Elle est à la fois un couplage fort entre les différents composants applicatifs et une interdépendance forte entre les outils informatiques et les pratiques collaboratives. La place des applications appelées « ERP » est significative de cette tendance lourde à la construction de S.I. à partir d'applications standards. Leur étude en tant qu'application, 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. L'efficacité des usages nécessite de comprendre la contribution des S.I. aux processus d'entreprise et à leur performance, d'identifier et de construire les compétences nécessaires des acteurs. L'évaluation des pratiques permises ou induites par ces systèmes nécessite des « modèles de maturité »

permettant aux organisations de s'évaluer et de se positionner par rapport à des seuils d'exigence de ces pratiques. Enfin, les travaux doivent prendre en compte la conception de « progiciels » composant ces S.I. qui répondent aux exigences d'une industrie de l'édition en pleine concentration. Le constat d'une migration chronique de base clients de certaines versions de produits vers certaines versions d'autres produits renforce la nécessité de méthodologies adaptées « d'ingénierie progicielle » pour les projets d'intégration. »

Cette problématique, qui répond à une demande industrielle très forte, nécessite :

- de mettre en œuvre des techniques issues des sciences pour l'ingénieur (productique, organisation et gestion de la production, gestion de projet, conception de systèmes d'information, modélisation d'entreprise, évaluation des performances...) dont la combinaison permet seule d'appréhender les différents aspects du problème,
- de fournir un cadre d'intégration ancré dans les sciences pour l'ingénieur à d'autres approches issues de disciplines relevant des sciences de l'homme et de la société, comme la gestion, l'économie ou la sociologie d'entreprise, ...

Les recherches menées dans le cadre de cette problématique scientifique s'appuient donc sur l'observation et l'étude de projets d'entreprise dans une approche interdisciplinaire. Leur objet est de contribuer à une meilleure compréhension de ce qu'est l'intégration (définition, évaluation, impact) et des caractéristiques des systèmes intégrés, en vue d'identifier leurs conditions de pertinence et d'efficacité. Ces recherches portent soit sur l'étude de l'intégration et des systèmes intégrés soit sur les conditions de pertinence et d'efficacité des systèmes et méthodes, de leur mise en œuvre et de leurs usages (GT ERP, 2005).

La première classe thématique qui concerne l'étude de l'intégration et des systèmes intégrés conduit à identifier les thèmes de recherche suivants :

- Évaluation de l'intégration (définitions, mesures, ...),
- Différentes approches dans les projets d'intégration (processus, organisation, ...),
- Impact de l'intégration sur les modèles de pilotage (MRP, APS, ...),
- Identification de modèles sous-jacents aux systèmes intégrés,
- Construction de modèles standard issus des meilleures pratiques,
- Solutions alternatives : urbanisation de systèmes d'information versus systèmes d'information intégrés.

La seconde classe thématique qui porte sur les conditions de pertinence et d'efficacité des systèmes et méthodes, de leur mise en œuvre et de leurs usages conduit à identifier les thèmes de recherche suivants :

- Impact des typologies d'entreprise (biens / service) sur les projets d'intégration,
- Évaluation de la performance des projets d'intégration,
- *Méthodologie / référentiel de gestion de projet d'intégration,*
- *Impacts sur (ou en interaction avec) l'organisation,*
- *Gestion des compétences et des rôles autour des systèmes intégrés (ERP),*
- Capitalisation des connaissances dans les projets d'intégration,
- *Cycle de vie des systèmes d'information intégrés dans un environnement évolutif (cession, fusion, ...).*

Mes travaux de recherche s'inscrivent dans cette deuxième classe thématique.

2.4 Implémentation d'un système d'information

Un projet d'implémentation d'un système d'information intégré de type ERP est un projet coûteux qui engage l'avenir et la survie de l'entreprise. Il est donc indispensable de se prémunir des dérapages possibles en mettant en place des instruments de gestion du projet. En effet, il y a toujours un décalage entre l'initial et le réel : l'ERP est présenté comme étant théoriquement un schéma et une organisation idéaux avec des fonctions préprogrammées. Or, le projet va nécessiter une série d'adaptations non prévues au départ qui vont induire une « complexification » de l'ERP, des coûts immédiats de développement et des coûts parfois considérables pour les futures migrations vers de nouvelles versions.

Selon la [commission générale de terminologie et de néologie](#) (avis publiée au [journal officiel](#) le 20 avril 2007), « implémenter » est un mot appartenant à l'ingénierie et au domaine informatique plus particulièrement. Il est dérivé du mot anglais « implement » et il signifie « Effectuer l'ensemble des opérations qui permettent de définir un projet et de le réaliser, de l'analyse du besoin à l'installation et la mise en service du système ou du produit ».

La démarche d'implémentation d'un ERP est donc classiquement définie comme une analyse de l'entreprise, pour la représenter par une chaîne de processus de gestion opérant sur des objets standards dits de métier puis à chercher le paramétrage du système correspondant au mieux à cette construction et, le cas échéant, concevoir et mettre en œuvre des développements spécifiques qui peuvent s'avérer nécessaires face à la richesse des modes opératoires et des processus de gestion des entreprises malgré la richesse fonctionnelle des ERP. De fait, la mise en place d'un ERP est une informatisation et une intégration des processus opérationnels de réalisation de management et de support de l'organisation (norme ISO 9000 version 2000). Il est donc indispensable de structurer l'organisation de l'entreprise suivant une approche par processus. En effet, après avoir optimisé et automatisé pendant des années ses différentes fonctions, l'entreprise doit dorénavant les intégrer dans des processus horizontaux, pour améliorer sa productivité, réduire ses délais et ses coûts, améliorer sa réactivité, améliorer la qualité de ses services et de ses produits, í

Certains fournisseurs de logiciels proposent leur propre méthodologie d'implémentation. C'est le cas notamment de SAP qui fournit un guide méthodologique très précis permettant de pouvoir à la fois évaluer le projet de mise en œuvre de l'ERP dans une entreprise et de réaliser ce qui a été prévu : ASAP « Accelerated SAP » (Esteves & Pastor, 2001b). De plus SAP a intégré dans sa méthodologie les outils de modélisation des processus d'entreprises proposés par la société ARIS. L'éditeur BAAN propose également un outil de modélisation par les processus intégré à son ERP : DEM (Dynamic Enterprise Modeling) en l'associant à sa propre méthodologie. Cependant, dans la définition des critères méthodologiques, il faut souligner la différence et la complémentarité qui peuvent exister entre la méthodologie déjà en place dans une entreprise et la méthodologie préconisée pour l'implémentation d'un ERP donné. La méthodologie résultant de ces deux composantes devra obligatoirement prendre en compte la culture et l'environnement de l'entreprise. La meilleure méthodologie est celle qui « marche », c'est celle qui apporte de la rigueur sans imposer de la rigidité. Et cela n'est pas forcément le cas des propositions des éditeurs.

2.4.1 Les phases d'un projet d'implémentation

L'étude d'une bibliographie très riche traitant de la démarche d'implémentation des ERP montre qu'il n'existe pas de démarche standard. (Kwon & Zmud, 1987), (Cooper & Zmud, 1990), (Blain, 1999), (Tomas J. , 2000), (Deixonne, 2001), (Boutin, 2001), (Bernard, Rivard, & Aubert, 2002), (Saint Léger, G., & Pichot, 2002), (Rajagopal, 2002), (Tomas J. L., 2002), (Darras, 2004), (Ehie

& Madsen, 2005), (Lagha, 2006), (Pichot, 2006) ont tous proposé un découpage en activités séquentielles ou parallèles plus ou moins agrégées et détaillées.

La « confrontation » de notre étude bibliographique des projets ERP avec l'expérience d'un collègue PAST (Philippe ROUCOU) acquise au cours d'une cinquantaine de projets ERP recouvrant tout le cycle d'implémentation, y compris pour les reprises de contentieux juridiques suite à des échecs cuisants de mise en œuvre d'ERP, dans des grands groupes industriels et des moyennes entreprises nous a amené à regrouper les activités liées à l'implémentation d'un ERP en 3 phases (Figure 1) :

- Une phase de préparation qui permet de construire le Schéma Directeur Informatique ou Schéma Directeur d'Intégration (SDI), de choisir un ERP adapté aux besoins de l'entreprise et de formaliser un contrat entre les différentes parties prenantes,
- Une phase de paramétrage qui aboutit à la configuration, au déploiement et à l'intégration de l'ERP dans le système d'information de l'entreprise,
- Une phase d'optimisation ou phase de post-implémentation de l'ERP qui assure la maintenance et l'optimisation des performances du système durant son cycle de vie en exploitation en entreprise à l'aide des outils support à court et long terme qui comprennent la mise en œuvre d'une grande variété de mises à niveau (mises à niveau du système, de la base de données, de l'ERP, etc.)

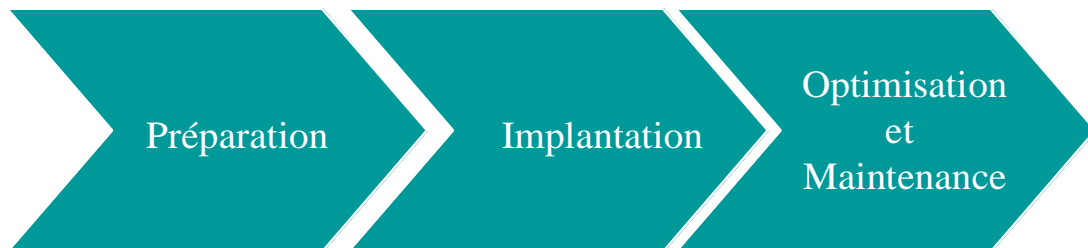


Figure 1 : Les trois phases d'un projet ERP (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003)

2.4.1.1 La phase de préparation

Il est clair qu'un projet ERP doit démarrer par une phase préparatoire de la plus haute importance qui doit intégrer 3 prérequis :

- Prérequis 1 : Le Schéma Directeur d'Intégration (SDI) permet d'intégrer l'ERP, de façon cohérente, au sein du SI complet.
- Prérequis 2 : Le choix de l'ERP, de l'intégrateur et du type de mise en œuvre (faire ou faire faire) doit être adapté aux besoins de l'entreprise (taille, spécificité des processus, etc.).
- Prérequis 3: Les risques de dérapage dans l'implémentation d'un ERP sont inversement proportionnels au soin apporté à l'établissement du contrat entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre (interne/externe).

Il convient donc d'organiser cette phase de préparation de l'implémentation d'un ERP en 4 étapes clés (Figure 2) :

- Étape n°1 : La réalisation du Schéma Directeur d'intégration,
- Étape n°2 : Le choix de l'ERP
- Étape n°3 : Le choix de l'intégrateur
- Étape n°4 : L'établissement du contrat avec le maître d'œuvre (externe/interne).

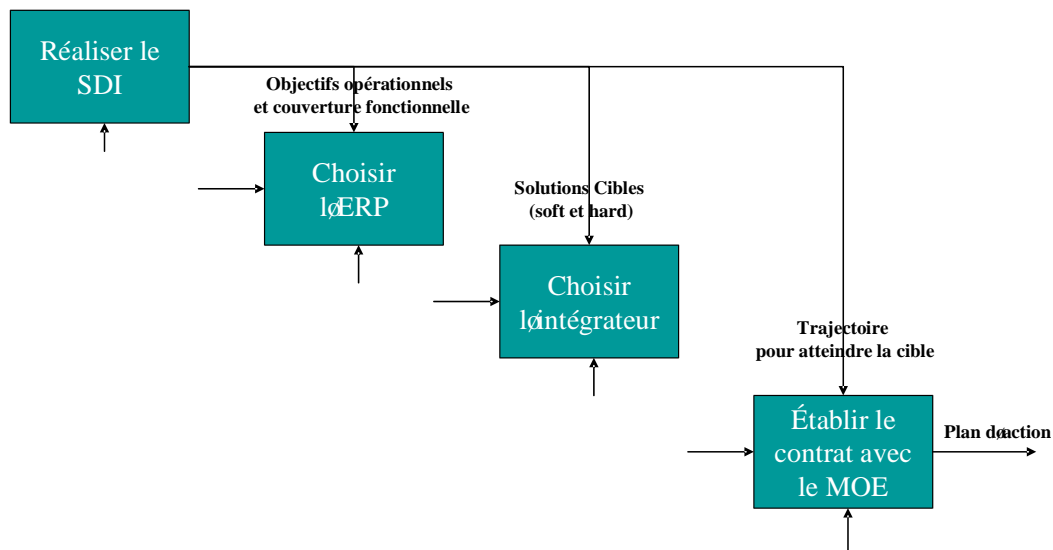


Figure 2 : Les 4 étapes de la phase de préparation

2.4.1.1.1 Etape n°1 : Réalisation du Schéma Directeur d'Intégration

L'implémentation d'un ERP s'inscrit dans une dynamique d'évolution du Système d'information de l'entreprise. Il convient donc de s'assurer de la cohérence d'un ERP avec ce système d'information en réalisant un Schéma Directeur d'intégration qui va notamment spécifier :

- l'existant ("ancien" Système d'Information),
- le besoin en termes d'objectifs opérationnels et de couverture fonctionnelle,
- la solution « soft » (logiciels) cible, avec le niveau d'intégration interne (intégration avec le processus de fabrication et les magasins, intégration fonctionnelle entre le Système d'Information Technique (SIT : CFAO, API, CN, ...), le Système de Gestion des Données Techniques (SGDT) et l'ERP, ...) et externe (EDI bancaire, fisc, clients, fournisseurs,...),
- la solution « hard » (matériels et réseaux LAN et WAN) cible,
- la trajectoire pour l'atteinte de ces cibles (phasage de la mise en œuvre), le plan d'action chiffré avec les différentes phases et la stratégie de déploiement retenue.

2.4.1.1.2 Étapes n°2 et n°3 : Choix de l'ERP et de l'intégrateur.

Le choix de l'ERP est évidemment crucial. L'attrait lié aux effets de mode peut conduire à un surdimensionnement de l'ERP par rapport aux besoins de l'entreprise. Ce choix est souvent l'enjeu de luttes d'influence au sein de l'entreprise. Le retour à une certaine rationalisation, basée sur des grilles de choix réalistes, est alors nécessaire. Les critères les plus couramment retenus dans ces grilles sont les suivants (Tomas J. , 2000) :

- Stratégiques : cohérence de la solution dans le Schéma Directeur d'Intégration, adéquation de l'ERP avec les processus cibles (avec « benchmark » éventuel), coût d'investissement et de maintenance de la solution, compétence de l'équipe de l'éditeur/intégrateur, dépendance vis-à-vis de l'éditeur, ERP unique ou module multi-ERP ?
- Fonctionnels : quels sont les vrais besoins et ceux qui sont secondaires, quelle sera la couverture fonctionnelle souhaitée ?
- Technologiques : arbitrage entre flexibilité, paramétrage et intégration des différents systèmes d'exploitation, développements ultérieurs à prévoir ;

- Techniques : quel système de prestations associées, contrats, prix ;
- Commerciaux : pérennité de l'éditeur, prestations associées (formation, disponibilité, support contractuel, politique de prix, stratégie d'évolution)
- Méthodologiques : démarche projet proposée, stratégie de déploiement, démarche qualité.

L'analyse du marché nous a conduits à distinguer plusieurs types d'ERP "généralistes" en concurrence avec des ERP "verticalisés" ou "métiers". Les différents types d'ERP "généralistes" couvrent tous les besoins de l'entreprise, de la PME, avec 5 à 10 postes, à la multinationale, avec sa structure organisationnelle de type matriciel. L'ERP "verticalisé" couvre de façon pertinente certains créneaux et certaines tailles d'entreprises (grossistes alimentaires, entreprises de location, PME industrielles de produits manufacturés à options et variantes,...). Ces derniers progiciels s'interfaçent, parfois en standard, avec les solutions de gestion la comptabilité, la trésorerie, la paie,... les plus courantes du marché.

La taille de l'ERP va avoir une influence :

- sur les coûts d'investissement (le coût d'intégration comparé au coût de la licence peut varier dans un rapport de 1 à 5, voire plus). Les ratios clé d'un "petit/moyen" ERP (licence : 1 p, matériel : 1 p, paramétrage, formation, reprise, interfaces,... : 1 p) deviennent alors fortement différents, ainsi que le coût global du « poste utilisateur » qui est un paramètre important à bien mesurer,
- sur les coûts de fonctionnement (ces coûts sont proportionnels aux coûts d'investissement),
- sur la productivité du personnel de l'entreprise (un ERP utilisé à 10 % de ses possibilités est très lourd au niveau ergonomique ou nécessite une reprise de l'interface homme-machine),

En ce qui concerne l'intégrateur, plusieurs solutions sont envisageables :

- pour les progiciels "généralistes" bas et milieu de gamme, ainsi que pour les progiciels "verticalisés", l'éditeur est souvent intégrateur,
- pour les progiciels plus complexes car plus riches sur le plan fonctionnel, « L'utilisateur et l'informaticien ne possèdent pas, à eux deux, toute l'expertise requise pour implanter la solution informatique » (Tomas J. L., 1999). Il est préférable alors de faire appel à une SSII ou un cabinet de conseil qui apporte à l'entreprise plusieurs types de compétences (Boutin, 2001), dont les principales sont :
 - la connaissance complète des fonctionnalités de l'ERP mis en œuvre ;
 - la connaissance des principes d'organisation d'une entreprise, ainsi que la connaissance du métier du client ;
 - la capacité de mener à son terme un projet de grande envergure pour l'entreprise cliente.

2.4.1.1.3 Étape n°4 : L'établissement du contrat avec le maître d'œuvre (externe/interne).

La mise en place d'un schéma contractuel clair pour les différents acteurs du projet ERP est une condition nécessaire à sa réussite. En effet, le rôle traditionnel de maître d'ouvrage et de maître d'œuvre est inopérant dans le cadre d'un projet ERP. Un schéma de type « clé en main » est inefficace bien qu'il soit très souvent recherché car il ne met en jeu qu'un seul contrat avec l'entreprise « générale ». Le mot « clé en main » rassure. Pourtant, ce schéma ne convient pas car il n'est pas dans l'esprit d'un projet ERP qui nécessite, outre, l'implication totale de l'entreprise pour l'expression des besoins, sa participation active à travers ses utilisateurs dans la mise en place des solutions métiers et des processus de gestion. Or un contrat « clé en main » revient à

confier toute la latitude à l'entreprise « générale » et le projet perd en visibilité. De plus, dans la pratique, c'est le client qui choisit l'ERP, conclut le contrat et gère dans le temps la relation en direct avec l'éditeur. Il faut donc définir un schéma contractuel pour préciser la place de chacun des acteurs du projet ERP (entreprise, éditeur et intégrateur) identifier les nouveaux circuits de communication et de prise de décision à mettre en place ainsi que les nouvelles procédures de travail à adopter afin de prévenir les aléas, y remédier quand ils surviennent et en réparer les conséquences (retards ou échecs).

Le contrat, établi à partir du cahier des charges de la maîtrise d'ouvrage, doit donc impérativement spécifier :

- Au plan technique (en prenant en compte les résultats d'un benchmark, s'il a été effectué) :
 - Le périmètre du projet (modules concernés, spécifications matériel et réseaux,...).
 - La réponse de l'intégrateur (processus standard, paramétrage ou développement spécifique) pour chaque processus du cahier des charges, ou si le cahier des charges n'est pas assez précis, évaluation de chaque développement spécifique prévu.
 - Le volume item par item des interfaces et des reprises.
- Au plan méthodologique : La méthode d'implémentation avec les grandes phases du projet, les livrables et les recettes associées, ainsi que l'échéancier financier.
- au plan calendaire : Les dates de réalisation de chacune des phases et les pénalités de retard associées.
- Au plan "engagement des performances" du « maître d'œuvre » : Les résultats attendus (performances opérationnelles, temps de réponse, ...) dépendent du périmètre de responsabilité de l'intégrateur.
- Au plan financier : Le montant forfaitaire de l'intégration pour chacune des composantes de paramétrage, de développements spécifiques, d'interfaces, de reprises de données, de formation, de matériels et de réseaux.

2.4.1.2 La Phase de paramétrage et de configuration

Arrivé au terme de la phase de préparation avec le choix de l'ERP et des partenaires, le paramétrage peut commencer en veillant à un 4^{ème} prérequis ;

Prérequis 4 : Le recours à une méthodologie d'implémentation est indispensable. Cette méthodologie va servir de « fil d'Ariane » ou « guide line » (phasage, livrables,...) pour battre le tempo des recettes et, de façon synchronisée, permettre le déblocage des règlements financiers dans le cadre du projet.

Le choix de la méthodologie est fonction du type de l'ERP (et donc de la complexité du paramétrage et de l'implémentation).

Pour les ERP les plus « petits » (essentiellement destinés aux PME), le paramétrage est très simple. Il est réalisé par l'éditeur après une formation qui ne dure que quelques jours. Il convient néanmoins d'adopter, en accord avec l'éditeur et avant la phase de contractualisation, une méthodologie bien adaptée qui va permettre d'éviter les dérapages, liés notamment aux reprises, interfaces, éditions et états spécifiques,...

A l'autre extrémité de l'échelle (ERP à déploiement mondial sur la base d'un Core Model System), la méthodologie revêt un rôle majeur pour la réussite du projet. Le maître d'ouvrage (avec son assistance à la maîtrise d'ouvrage) doit qualifier les solutions proposées dès le stade de la proposition (éditeur/intégrateur), puis s'appuyer sur la démarche et les outils retenus dans la rédaction du contrat de maîtrise d'œuvre ainsi que lors de l'implémentation.

A ce stade du projet ERP, il existe de nombreuses approches permettant de gérer les activités de configuration et de déploiement de l'ERP. J. L. Deixonne propose dans (Deixonne, 2001) de les regrouper en 6 sous-projets et de les planifier en 5 étapes (Figure 3).

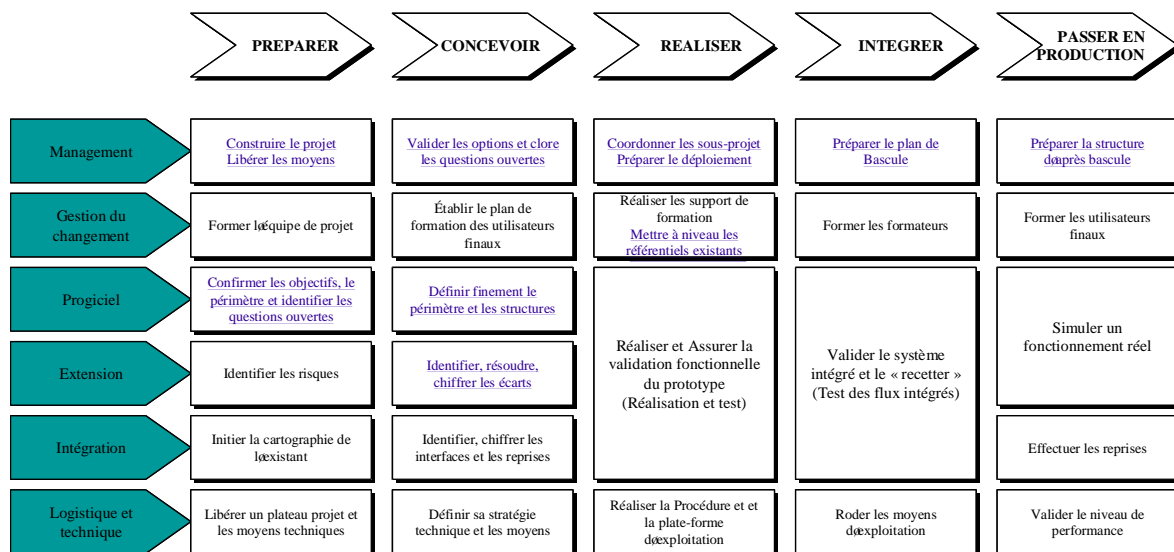


Figure 3 : Activités de configuration et de déploiement d'un ERP selon (Deixonne, 2001)

2.4.1.3 La phase d'optimisation et de maintenance

Quelle que soit l'efficacité dans la conduite des phases précédentes, on constate systématiquement un écart plus ou moins important entre les résultats opérationnels cibles et les résultats réels obtenus, si le niveau d'exigence a été placé suffisamment haut. Dans certains cas, un simple retour aux performances antérieures constitue une première étape à franchir.

Dans tous les cas il est primordial de prévoir une phase de « post-implémentation » qui doit être considérée, sur les plans calendaire et budgétaire, comme une partie intégrante de la démarche de migration de l'ancien système d'information vers le nouveau.

Les technologies utilisées pour assurer la maintenance et l'optimisation des performances du système durant son cycle de vie en exploitation en entreprise peuvent être proches de celles utilisées dans la réingénierie des processus. Elles mettent en œuvre une grande variété de mises à niveau (mises à niveau du système, de la base de données, de l'ERP, etc.).

Les trois phases que nous venons de décrire permettent de guider une démarche de mise en œuvre d'un ERP. Cependant, la réussite ou l'échec de l'implantation d'un ERP et sa perception par les entreprises dépendent de nombreux facteurs organisationnels et managériaux. De fait, en analysant de nombreux cas de réussites ou d'échecs de projets ERP, les chercheurs ont identifié des caractéristiques communes permettant de les expliquer. Ces approches étudient les réussites et les échecs de projets ERP passés pour tenter d'identifier des FCS et fournir des préconisations afin d'éviter les échecs dans les futurs projets ERP et d'en optimiser l'intégration et l'utilisation.

2.4.2 Les facteurs clef de succès d'un projet d'implémentation

J. Heili (Heili, 2004) s'appuie sur les travaux de (Markus & Tanis, 2000), (Hillam & Edwards, 2001) (Barki, Rivard, & Talbot, 2001) et (Chang & Gable, 2002) pour montrer que « la notion d'échec comme celle de succès est une notion contingente et subjective pouvant être évaluée avec une grande variété de métriques. Ces dernières ne peuvent se limiter à des critères techniques et correspondent à une variété de points de vue. De ce fait, les résultats sont fonction

de caractéristiques idiosyncrasiques du répondant, de sa position à la fois dans l'organisation et dans le projet, du moment de l'évaluation et de l'horizon considéré ». Il s'appuie également sur les travaux de (Lyytinen & Hirschheim, 1987), (Besson P. , 1999) et (Avison, Wilson, & Hunt, 2003) sur la théorisation de la notion d'échec pour distinguer 5 catégories :

- **Échec de correspondance** (correspondance failure) : Cette catégorie d'échec correspond à l'aptitude d'un SI à remplir des fonctionnalités définies avant la mise en œuvre du projet. Schématiquement, cette notion renvoie au degré de recouvrement entre le cahier des charges et la solution.
- **Échec de la démarche projet** (processus failure) : Cette catégorie regroupe l'aptitude du projet à fournir une solution qui fonctionne et le respect de l'échéancier et des budgets. On retrouve dans cette catégorie tous les dérapages et les dépassements soit en coût soit en délai. On retrouve également les problèmes de redimensionnement organisationnel et/ou fonctionnel du projet.
- **Échecs d'interaction** (interaction failure) : Cette catégorie regroupe les solutions correspondant à des cahiers des charges mal définis (i.e. la solution répond correctement à un mauvais besoin) et/ou entraînant des difficultés d'usage (i.e. la mise en œuvre de la solution par les utilisateurs est difficile). On se retrouve alors dans des situations de fracture (quelques initiés « experts » redéveloppent dans leurs coins leurs propres outils) ou de balkanisation (le logiciel intègre les données mais pas les modes de travail, chacun s'en sert pour accentuer ses spécificités)
- **Échecs par rapport aux attentes** (expectation failure) : Cette catégorie correspond à l'aptitude de la solution à répondre aux attentes de ses différents destinataires. On se retrouve alors dans le cas de la consolidation de l'organisation actuelle et de la particularisation du logiciel avec des développements spécifiques excessifs.
- **Échecs par rapport à l'éthique** (ethos failure) : Cette catégorie est définie comme étant l'incompatibilité entre la vision générale de l'activité et de la culture d'une entreprise avec la logique sous-jacente d'un SI et en particulier quand il s'agit d'un ERP.

Pour réduire les échecs dans les projets ERP, de nombreuses études ont été menées sur l'identification, le classement et la typologie des facteurs ayant un impact positif ou négatif sur la réussite d'un projet ERP. Ce sont les Facteurs Clés ou Critiques de Succès (FCS) selon qu'ils favorisent ou non la réussite du projet.

Plus généralement, on trouve des études sur des FCS pour chaque phase et chaque aspect d'un projet ERP :

- (Miranda, 1999) et (Besson & Rowe, 2001) ont étudié la phase de post implantation dans laquelle ils identifient les problèmes issus de l'implantation d'un ERP, notamment les problèmes comportementaux, politiques, et de changement organisationnel. De nombreux auteurs ont considéré que la diffusion de l'information (Umble, Haft, & Umble, 2003) pour faciliter la prise de décision et le développement des plans de communication permet de définir clairement les objectifs (Maaloul & Mezghani, 2003) et de régler le problème du gap entre les supporteurs et les détracteurs du changement (Al-Mashari, Al-Mudimigh, & Zairi, 2003).
- D'autres auteurs se sont intéressés à la planification minutieuse du projet et à son suivi (Al-Mashari & Zairi, 1999), (Mandal & Gunasekaran, 2003) et (Halle, Renaud, & Ruiz, 2005). D'après (Stephens & Ramos, 2003), il est essentiel de bien planifier pour assurer la réussite d'un projet ERP. (Brown, 2001) affirme qu'un manque de planification avant l'exécution et des attentes irréalistes sont les causes principales des exécutions infructueuses.

- Les études menées par (Skog & Legge, 2002) et (Verville & Halington, 2003) se sont intéressées à l'impact du choix de l'ERP sur le succès de sa mise en œuvre.
- Enfin, la phase de pré-projet a intéressé de nombreux auteurs : (Somers & Nelson, 2004) (cités dans la thèse de Millet) a étudié l'importance de cette phase. (Nah, Zuckweiler, & Lau, 2003), (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003), (Yang, Lin, Lin, & Huang, 2006), (Saint-Léger, 2005) et (Dumitru, 2007) (cité dans (Valentin & Vasile, 2008)) préconisent l'adaptation de l'organisation lors de la phase amont du projet et un processus global de conduite du changement et de management des risques qui prend en compte les particularités de son fonctionnement et l'implication des acteurs. La libération d'un nombre suffisant des meilleures ressources afin de mettre sur pied une équipe de travail est fondamentale pour (Langenwalter, 2000) et (Kefi, 2002).

Face à cette abondante littérature traitant des FCS, des auteurs ont, dès l'an 2000, proposé des synthèses de la bibliographie disponible (Esteves & Pastor, 2000).

Les auteurs de (Nah, Lau, & Kuang, 2001) ont recensé 11 FCS qui ont été ensuite classés selon la fréquence de leurs citations dans les études empiriques dans (Nah, Zuckweiler, & Lau, 2003) :

Tableau 1 : Score des facteurs clés de succès en projet ERP (Nah, Zuckweiler, & Lau, 2003)

Culture et programme de gestion du changement	9
Composition et travail d'équipe du groupe chargé du projet	9
BPR et personnalisation faible	8
Soutien du top management	8
Vision et business plan	7
Gestion de projet	7
Communication	6
Suivi et évaluation de la performance	6
Existence d'un champion de projet	6
Méthodologies de développement, de test et de mise au point	6
Adaptation des systèmes hérités et congruence ERP avec le business	2

Les auteurs de (Magnusson, Nilsson, & Carlsson, 2004) ont analysé 155 publications et a identifié 16 FCS qu'il a proposé à la validation d'un panel d'industriels. Il les a ensuite regroupés en quatre catégories liées au niveau de pilotage de l'entreprise pour en faciliter l'exploitation :

- Top Management : Stratégie, Leadership, Soutien et Compétence
- Projet : Équipe, Gestion, Planification et externes
- Organisation : Culture, changement, processus et communication
- Système : technologie, formation, utilisateurs et autonomie

Tableau 2 : FCS : description et références bibliographiques

FCS	Description	Références bibliographiques
Stratégie (Strategy)	L'organisation doit clairement afficher sa stratégie d'entreprise en cohérence avec sa stratégie SI/TIC	Aladwani, 2001; Al-Mashari et al, 2003 ; Al-Mashari, 2001; Cooke & Peterson, 1998; Davenport, 1998; Donovan, 1999 ; Holland & Light, 1999; Pinto & Slevin, 1987; Schneider, 1999 ; Stevens, 1998; Umble et al, 2003; Whyte & Fortune, 2002
Leadership (Leadership)	L'organisation doit avoir un leadership fort et engagé qui a la capacité de motiver les employés à accepter le changement.	Al-Mashari & Zairi, 2000; Al-Mashari et al, 2003; Mandal & Gunasekaran, 2003; Sarker & Lee, 2003 ; Schneider, 1999; Skok & Legge, 2002 ; Whyte & Fortune, 2002
Soutien (Support)	L'organisation doit mettre en place un comité de pilotage composé de « top managers » impliqués dans la mise en œuvre de l'ERP avec des points de vues différents, spécifiques et complémentaires.	Aladwani, 2001; Kerzner, 1987; Mabert et al, 2001; Mandal & Gunasekaran, 2003; Parr & Shanks, 2000; Pinto & Slevin, 1987; Procaccino et al, 2002; Skog & Legge, 2002 ; Umble et al, 2003 ; Whyte & Fortune, 2002
Compétence (Competence)	Les membres du comité de pilotage et de l'équipe projet doit avoir une bonne expérience des ERP, du BPR ou d'autres projets liés aux TIC pour assurer la réussite de l'implantation	
Équipe (Team)	L'organisation doit avoir une équipe projet composée de personnes représentant les différents points de vue et les différentes perceptions de l'entreprise en tant que système.	Mabert et al, 2001; Sarker & Lee, 2003; Schneider, 1999; Skog & Legge, 2002; Umble et al, 2003; Whyte & Fortune, 2002
Gestion (Management)	L'organisation doit mettre en place une gestion de projet efficace et s'assurer que le chef de projet n'a pas qu'une vision	Cooke & Davis, 2002; Kerzner, 1987 ; Kirby, 1996; Mandal & Gunasekaran, 2003; Parr & Shanks, 2000;

	technique ou métier de la mise en œuvre.	Procaccino et al, 2002; Skog & Legge, 2002; Umble et al, 2003; Whyte & Fortune, 2002
Planification (Planning)	L'organisation doit avoir préalablement défini et bien communiqué sur une méthodologie qui précise à la fois le référentiel projet, la performance visée avec des indicateurs clairs ainsi que les procédures de suivi d'avancement.	Al-Mashari et al, 2003; Cooke-Davis, 2002; Mabert et al, 2001 ; Mandal & Gunasekaran, 2003; McDonough III, 2000; Parr & Shanks, 2000; Pinto & Slevin, 1987; Procaccino et al, 2002; Schneider, 1999; Skog & Legge, 2002; Umble et al, 2003; Whyte & Fortune, 2002
Externe (External)	L'organisation doit avoir la capacité de gérer l'influence des consultants externes et d'organiser le transfert de leurs connaissances dans l'organisation.	Skog & Legge, 2002; Whyte & Fortune, 2002
Culture (Culture)	L'organisation doit avoir une stratégie de gestion de la connaissance et une culture entreprise qui met en valeur l'apprentissage, les connaissances, les expériences passées et le changement.	Al-Mashari, 2001; Ash & Burn, 2003; Chan, 1999; Cooke-Davis, 2002 ; Davenport, 1998 ; Gable et al, 1998 ; Holland & Light, 1999; Krumbholz & Maiden, 2001; Schneider, 1999; Scott & Vessey, 2000; Soffer, Golany & Dori, 2003; Stevens, 1997; Sumner, 1999;
Changement (Change)	L'organisation doit avoir la volonté et la préparation au changement ainsi qu'une stratégie de gestion du changement explicite.	Aladwani, 2001; Al-Mashari & Zairi, 2000; Al-Mashari et al, 2003; Ash & Burn, 2003; Hall, 2002; Hammer & Stanton, 1999; Hong & Kim, 2002; Jiang & Muhanna, 2000; Kerzner, 1987; Laughlin, 1999; Mabert et al, 2001; Mandal & Gunasekaran, 2003; Markus & Tanis, 2000; Parr & Shanks, 2000; Schneider, 1999; Skog & Legge, 2002 ; Umble et al, 2003 ; Whyte & Fortune, 2002
Processus (Process)	L'organisation doit avoir un niveau élevé de maturité de ses processus et une démarche	Al-Mashari et al, 2003; Al-Mashari, 2001; Bingi et al, 1999; Cooke-Davis, 2002;

	explicite de leur pilotage.	Edwards, 1999; Hong & Kim, 2002; Hong & Kim, 2002; Koch et al, 1999; Mandal & Gunasekaran, 2003; Marius & Ashok, 1996; Palaniswamy & Frank, 2000; Skok & Legge, 2002; Soh et al, 2000; Weil & Olson, 1989
Communication (Communication)	L'organisation doit avoir un plan de communication détaillé et une stratégie de communication qui prend en compte toutes les parties prenantes du projet.	Aladwani, 2001; Al-Mashari & Zairi, 2000; Al-mashari et al, 2003; Mabert et al, 2001; Mandal & Gunasekaran, 2003; Pinto & Slevin, 1987; Schneider, 1999; Skog & Legge, 2002; Swan et al, 1999; Whyte & Fortune, 2002
Technologie (Technology)	L'organisation doit avoir une vision claire du système d'information existant et des aspects technologiques de la mise en œuvre d'un système l'ERP.	Al, Mashari et al, 2003; Al-Mashari, 2001; Bancroft et al, 1998; Barnes, 1999; Bingi, 1999; Harrell et al, 2001; Holland & Light, 1999; Hong & Kim, 2002; Keller & Teufel, 1998; Koch et al, 1999 ; Mabert et al, 2001 ; Mandal & Gunasekaram, 2003; Parr & Shanks, 2000; Schneider, 1999; Soffer, Golany & Dori, 2003; Swan et al, 1999; Umble et al, 2003; Xu, Nord, Brown & Nord, 2002
Formation (Training)	L'organisation doit avoir une stratégie et un plan de formation à la prise en main de l'ERP par les employés dès le démarrage du projet.	Aladwani, 2001; Al-Mashari et al, 2003 ; Mabert et al, 2001; Mandal & Gunasekaran, 2003; Skok & Legge, 2002; Umble et al, 2003; Whyte & Fortune, 2002
Utilisateur (User)	L'organisation doit avoir un processus de consultation des utilisateur afin de garantir un haut niveau d'acceptation dès le début du projet.	Mandal & Gunasekaran, 2003; Pinto & Slevin, 1987; Procaccino et al, 2002; Skog & Legge, 2002; Whyte & Fortune, 2002
Autonomie (Empowerment)	L'organisation doit avoir un niveau élevé de transparence du processus de mise en œuvre	Aladwani, 2001; Griffith et al, 1999 ; Hong & Kim, 2002 ; Mabert et al, 2001 ; Markus &

	et une politique du personnel qui favorise l'autonomie des membres de l'équipe, des utilisateurs finaux et de l'équipe de direction.	Robey, 1988 ; McDonough III, 2000; Parr & Shanks, 2000; Sarker & Lee, 2003; Schneider, 1999
--	--	---

Les auteurs de (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006) ont relevé d'autres FCS qu'ils ont regroupé en 4 catégories liées aux domaines de gestion du projet ERP :

- gestion du système d'information,
- gestion du BPR,
- gestion du projet
- gestion du changement.

La comparaison des FCS identifiés et classés dans ces études permet de se rendre compte de la multiplicité des approches utilisées pour désigner et classer les FCS, mais les chercheurs s'accordent tous sur l'importance de différentes dimensions qui contribuent au succès de l'implantation d'un ERP.

- la dimension stratégique : modifier les objectifs et les stratégies de l'entreprise pour prendre en compte la réussite du projet pour (Markus & Tanis, 2000),
- la dimension structurelle : créer une structure organisationnelle appropriée à la mise en place d'un ERP pour (Altekar, 2005) et (Ghannouchi & Ghannouchi, 2005),
- la dimension culturelle et sociétale : changer certaines normes et valeurs de l'entreprise pour (Barki & Pinsonneault, 2002), (Saint Léger, G., & Pichot, 2002) et (Vincent & Gharbi, 2004)
- la dimension marketing : étudier la perception des utilisateurs de l'ERP,
- la dimension économique (performance financière), organisationnelle/communication (qualité des informations et communication) et humaine (formation et satisfaction des utilisateurs) pour (Chaabouni, 2006).

Dans la classification des FCS proposée dans (Nah, Zuckweiler, & Lau, 2003), les facteurs « culture et programme de gestion du changement » arrive en tête des citations de FCS. Le changement est donc considéré dans la littérature comme l'un des facteurs les plus critiques pour le succès de l'implémentation d'un ERP et de sa mise en œuvre.

La mise en place d'un ERP provoque un « traumatisme » car l'organisation de l'entreprise change radicalement : plus rien n'est pareil, les méthodes et les usages disparaissent ; même les tableaux de bord changent. Ce changement ne peut se faire qu'en prenant en compte le volet humain de l'entreprise dès les phases amonts : il faut gérer des blocages psychologiques (craintes, suspicions, résistance, ...) inhérents à une absence de visibilité car il est difficile d'appréhender l'ampleur des changements et l'évolution du projet. Dans ce contexte, les FCS relatifs au changement les plus communément cités sont :

- l'absence (Deloitte, 1999) ou la faiblesse (Society, 2000) de gestion du changement,
- la sous-estimation de la difficulté de gérer le changement (Markus & Tanis, 2000) et de l'effort requis pour sa réussite (Stefanou, 2001);
- la minimisation de la gestion du changement et de la formation par rapport aux problèmes techniques comme la gestion de projet, la configuration et l'architecture de la technologie de l'information (Deloitte&Touche, 1998) ;

-
- la résistance au changement (Malhotra, 1998), (Deloitte&Touche, 1993) ;
 - la volonté de saper les efforts de restructuration par les personnes qui sont intéressées par le maintien du statu quo (Boar, 1993) ;

Certains auteurs ont mis l'accent sur l'effort de gestion qui doit être consenti pour prévenir l'impact négatif de la mise en place d'un ERP à travers les facteurs critiques de succès qu'ils ont étudiés :

- s'intéresser à la manière dont les gens seront formés et motivés pour utiliser la technologie afin de changer la façon dont ils font leur travail (Shields, 2001) ;
- appliquer le concept d'apprentissage organisationnel pour le succès de la gestion du changement (Simon, 1994) ;
- s'occuper des questions organisationnelles, comportementales et culturelles pour le succès de l'implémentation de l'ERP (Stefanou C. , 1999) ;
- considérer l'attitude des employés à l'égard du changement, (Aladwani, 2001) ;
- la formation et l'éducation (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006) ;
- identifier les sources potentielles de résistance et développer un plan pour les réduire (Aladwani, 2001) ;
- assurer et conforter le leadership de l'équipe projet (Zairi & Sinclair, 1995) ;
- garantir l'engagement de la direction (Esteves & Pastor, 2000) ;

Dans ses propositions de « Gestion du changement », (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006) met l'accent sur les facteurs suivants :

- **communication** : la communication est la manière la plus efficace pour régler le problème du gap entre les supporteurs et les détracteurs du changement ;
- **implication des supérieurs** : créer une politique de changement compréhensible et attractive et ouvrir un environnement de discussion pour définir le meilleur chemin du changement organisationnel sont les rôles que la direction doit jouer ;
- **moyens et formation** : les moyens (taille de l'équipe projet, et capacités et compétences de ses membres) sont un élément clé de la gestion du changement. Une formation, un recrutement et une allocation des ressources appropriées augmentent les capacités organisationnelles et atténuent la résistance au changement;
- **management personnel** : le management personnel est un système de support pour adapter en douceur et individuellement les membres du personnel et les amener à participer positivement au projet de changement organisationnel.

Par ailleurs, (Esteves & Pastor, 2000) insistent sur la nécessité de construire une vision stratégique et (Esteves & Pastor, 2002) proposent de gérer le changement surtout dans sa dimension organisationnelle. Quand à (Bernard, Rivard, & Aubert, 2002), ils mettent surtout en avant l'ampleur du changement apporté sur les processus et l'organisation.

Les auteurs de (Saint Léger, G., & Pichot, 2002) montrent clairement qu'une phase préliminaire, permettant de prendre en compte les caractéristiques spécifiques à l'entreprise, doit être ajoutée aux modèles d'implémentation des ERP. C'est le cas de certaines méthodes proposées par des entreprises de conseil comme « The Total Solution » de Ernst & Young et le « Fast Track Workplan » de Deloitte & Touche (Bruges, 2002). Ils ont, par ailleurs, montré comment identifier les forces et les faiblesses d'une entreprise face à un projet ERP en évaluant l'incidence de ses spécificités (Produits, Technologie, Marché et phénomènes externes, Potentiel humain et histoire de l'organisation et enfin Dysfonctionnements internes) sur les onze FCS identifiés dans (Nah, Lau, & Kuang, 2001) à travers une matrice « Spécificités/FCS ». Il propose cette phase

préliminaire dans la conduite d'un projet ERP afin de prendre en compte les facteurs endogènes à l'organisation dans les méthodes d'implantation comme celle présentée dans (Botta-Genoulaz, Millet, & Neubert, 2001). Cette proposition est développée dans (Saint-Léger, 2005), où l'hypothèse centrale est formulée de la manière suivante : « La mise en œuvre et l'utilisation des systèmes d'information intégrés de type ERP dans les entreprises de production de biens et de services, de taille moyenne, deviendront efficaces et efficientes quand les dirigeants mettront en place dès l'amont du projet, et de manière pédagogique, un processus global de conduite du changement dans lequel seront pris en compte les particularités de fonctionnement des organisations et l'implication des acteurs ».

Saint-Léger (Saint-Léger, 2005) propose de créer une arborescence des thèmes (Système, Impacts multidimensionnels d'un système ERP, Processus de changement) et des sous-thèmes et définit un corps d'hypothèses en associant à chaque sous-thème :

- Une hypothèse descriptive qui correspond à une information issue d'observations et de constat et démontrée à l'aide de matériaux expérimentaux et bibliographiques.
- une hypothèse explicative qui fournit une information qui explique ou donne une ou des explications possibles au constat formulé
- une hypothèse prescriptive qui représente ce que le chercheur pense qu'il est nécessaire de faire pour éviter les situations de dysfonctionnement observées.

Cependant, les projets ERP amène souvent l'entreprise à remettre en cause sa manière de fonctionner et à adapter ses processus en vue de la mise en correspondance de son modèle de référence et celui du progiciel. L'ERP agit alors comme un catalyseur du changement et ses modèles de processus métiers issus des « bonnes pratiques » accumulées et structurées par l'éditeur au fil du temps deviennent une cible de la réorganisation de l'entreprise (Ehie & Madsen, 2005), (Motwani, Ram, & Pradeep, 2005) et (Al-Mashari, Zairi, & Okazawa, 2006).

P-A. Millet (Millet P. , 2008) considère que l'implémentation d'un progiciel contribue à la performance des organisations par la rencontre de trois points de vue :

- celui de l'intégration flexible et de ses exigences managériales,
- celui de l'ingénierie d'entreprise dirigée par les modèles
- celui de la maîtrise de la maturité des systèmes d'information.

Les contraintes d'intégration dont sont porteurs les modèles des différents points de vue amènent l'auteur à proposer un cadre d'étude pour une ingénierie d'entreprise qui repose sur :

- un cadre de modélisation d'entreprise et un méta-modèle issu de normes récentes (ISO19439 et ISO19440 par exemple) que l'auteur tente d'interpréter et de compléter pour prendre en compte des référentiels métiers issus de son expérience des ERP et du modèle SCOR notamment ;
- des graphes de dépendances entre les acteurs, composants et objets de l'entreprise permettant l'analyse des problématiques d'alignement des processus, de l'organisation, des systèmes d'information et de l'infrastructure ;
- une caractérisation 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 performance de l'entreprise à travers des systèmes d'information.

Selon (Millet P. , 2008), il est possible de caractériser les conséquences d'un projet sur le modèle organisationnel de l'entreprise. Il devient alors possible de dimensionner les tâches de conduite du changement nécessaires pour assurer la faisabilité d'une solution en reliant le système existant au modèle en cours d'ingénierie. Cela permet d'« affecter » les objets du système aux acteurs de l'organisation pour clarifier le « qui fait quoi », autant dans le système cible que pour le projet. Il

est alors possible de définir les connaissances nécessaires aux différents acteurs, et vérifier comment le futur système produit les indicateurs existants ou redéfinis.

Le travail de (Millet P. , 2008) nous amène à conclure que « dans le cadre de l'implémentation d'un ERP, l'intégration organisationnelle peut être considérée comme une dimension du changement sur les processus ou sur l'entreprise dans son ensemble ». Nous pouvons donc considérer que tout effort de facilitation, de gestion ou d'accompagnement de l'intégration est un effort de conduite du changement.

2.5 Intégration organisationnelle et conduite du changement

Le degré d'intégration d'une organisation évolue en fonction des changements amorcés ou subis, comme notamment dans le cas de la mise en place d'un ERP (Perotin, 2004) qui permet d'intégrer tous les aspects métiers et offre une structure intégrative complète.

Barki et Pinsonneault affirment que « *puisque l'objectif clé des ERP est de rendre les organisations plus intégrées, le changement dans l'intégration organisationnelle entre la post et la pré-implémentation peut être considéré comme positif* ». Ces deux auteurs ont affiné le concept d'intégration organisationnelle (IO) en proposant un cadre conceptuel en cinq points. Ils ont également proposé pour chacun de ces points des hypothèses de recherche sur l'effort nécessaire pour utiliser les mécanismes d'intégration afin de lever les barrières à l'IO, selon le type d'interdépendance ou le type d'IO, et les bénéfices éventuels en distinguant les processus opérationnels (activités principales) des processus fonctionnels (activités support) (Barki & Pinsonneault, 2003) :

- interdépendance : séquentielle, réciproque et cloisonnée ;
 - les implémentations des modules de « gestion de la production » et de « gestion des stocks » d'un ERP seront généralement caractérisées par une interdépendance séquentielle et/ou réciproque, alors que les implémentations des modules de « gestion de la production » et de « gestion des Ressources Humaines » seront généralement caractérisées par une interdépendance cloisonnée.
- barrières : fonctionnelle, « référentielle » et politiques ;
 - la spécialisation fonctionnelle est une barrière plus importante dans l'implémentation de modules fonctionnels (internes ou externes) d'un ERP que dans celle de ses modules opérationnels (internes ou externes).
 - la présence de structures de référence distinctes est une barrière plus importante dans l'implémentation de modules fonctionnels (internes ou externes) d'un ERP que dans celle de ses modules opérationnels (internes ou externes).
 - les barrières politiques seront plus importantes lorsqu'on implémente des modules (fonctionnels ou opérationnels) orientés interne que quand on implémente des modules (fonctionnels ou opérationnels) orientés externe.
- mécanismes de réalisation : Ajustement mutuel, supervision directe, standardisation du travail, des compétences, des connaissances et des normes ;
 - l'implémentation des modules opérationnels d'un ERP nécessite l'utilisation de mécanismes d'intégration plus complexes que ceux nécessaires pour l'implantation des modules fonctionnels.
 - les mécanismes d'intégration demandent plus d'efforts pour l'implémentation des modules opérationnels d'un ERP que pour celle de ses modules fonctionnels.

-
- utiliser un mécanisme d'intégration approprié pour implémenter les modules opérationnels d'un ERP (i.e. supervision directe, standardisation des sorties, standardisation du travail, planification, ajustement mutuel) requiert moins d'efforts que d'utiliser des mécanismes d'intégration inappropriés (i.e. Standardisation des normes, standardisation des compétences et des connaissances).
 - utiliser des mécanismes d'intégration appropriés pour implémenter les modules fonctionnels d'un ERP (i.e. standardisation des normes, standardisation des compétences et des connaissances) requiert moins d'efforts que d'utiliser des mécanismes d'intégration inappropriés (i.e. supervision directe, standardisation des sorties, standardisation du travail, planification, ajustement mutuel).
 - efforts : faibles, modérés, élevés et très élevés ;
 - l'implémentation des modules opérationnels d'un ERP requiert plus d'efforts que celui de ses modules fonctionnels.
 - implémenter des modules opérationnels externes de l'ERP va requérir plus d'efforts que d'implémenter ses modules opérationnels internes.
 - implémenter des modules fonctionnels externes de l'ERP va requérir plus d'efforts que d'implémenter ses modules fonctionnels internes.
 - les efforts requis, pour implémenter un ERP, seront plus considérables quand les barrières à l'IO sont présentes.
 - bénéfices.
 - en général, l'implémentation d'un ERP améliorera la performance organisationnelle.
 - sous des conditions de choc ou de turbulence environnementale, l'implémentation d'un ERP sera négativement liée à la performance.
 - sous des conditions de choc ou de turbulence environnementale, l'utilisation des mécanismes de réduction de la complexité va modérer la relation négative entre l'implémentation de l'ERP et la performance.

Nous avons montré dans (Camara, 2009) que les hypothèses associées à chacun des points du cadre de référence de (Barki & Pinsonneault, 2003) peuvent être considérées comme un moyen de gestion de l'intégration, donc de conduite du changement. Cependant le travail de (Barki & Pinsonneault, 2003) aborde la question de l'intégration d'un point de vue « modules » de l'ERP qui sont des éléments trop « larges » pour permettre une vue globale du « système entreprise ». Il n'est pas mené au niveau des processus et il ne propose pas de moyens de mesure de l'impact de l'intégration sur la performance de l'entreprise. Or la question à laquelle nous voulons répondre est : « comment piloter le processus de mise en place d'un ERP pour obtenir un degré de performance élevé ? ».

(Perotin, 2004) a décrit les caractéristiques de l'intégration et la manière dont elle a été mise en place dans les projets ERP qu'il a suivis en utilisant une analyse processuelle qui consiste à reconstituer le déroulement du processus à partir des événements, des étapes et des opérations qui le constituent.

Selon (Perotin, 2004), le concept d'intégration se matérialise à travers les problèmes transverses. L'auteur considère que la phase des tests d'intégration permet d'identifier les problèmes transverses parce qu'ils mettent en œuvre des scénarios globaux représentatifs de l'activité de l'entreprise à travers la simulation de processus de gestion transversaux à plusieurs services ou groupes d'acteurs (Perotin, 2004). Pour l'auteur, l'intégration dégrade inévitablement la

flexibilité dans le traitement et la gestion des erreurs à cause de leur propagation accrue par l'interdépendance des fonctions et des données. L'intégration a donc pour conséquence la responsabilisation des acteurs chargés de la saisie. Elle est également à l'origine de la complexité et de l'opacité des calculs ou des règles de gestion et de difficultés à assurer la cohérence du système d'information (administration et maintenance) et son évolutivité. Pour (Perotin, 2004), les problèmes « transverses » de l'intégration des informations et des processus organisationnels viennent de la différence de niveaux de détail souhaités par les acteurs d'un même flux d'informations et de dépendances chronologiques ou hiérarchiques dans la mise à jour des données. Il préconise de favoriser les initiatives individuelles de coordination, une gestion optimale et participative du travail en groupe, un usage large de la messagerie, etc. afin de favoriser l'intégration.

Perotin (Perotin, 2004) analyse le changement et son accompagnement à travers une étude de cas et décrit le changement comme un ensemble de modifications fortes avec des conséquences sur les effectifs et les compétences ainsi qu'une analyse plus fine de l'activité. L'accompagnement du changement et de la perturbation qui en résulte nécessite alors de favoriser « la formation, la communication et l'implication des personnels » (Perotin, 2004). Il préconise la mise en place d'une cellule de gestion du changement constituée de personnes possédant une bonne expérience des projets de refonte organisationnelle pour recueillir les besoins des utilisateurs en termes d'assistance et de formation. Le rôle de cette cellule est de développer l'utilisation des méthodes de conduite du changement : animation de réunions, élaboration de supports et contenus de formation, accompagnement des équipes projet responsables de site dans le processus du changement, etc. La nature de ses interventions peut donc aller de la simple mise en relation entre deux interlocuteurs (demandeur et possesseur d'informations), jusqu'à l'élaboration d'un programme de formation. Elle doit également s'assurer qu'une aide substantielle et effective est apportée là où les métiers et les structures évoluent le plus.

2.5.1 Modèles de conduite du changement

« En tant que composante des organisations et concept gestionnaire, le changement a fait l'objet de nombreuses publications constituant son périmètre. Ces publications sont autant de clés de compréhension et d'opérationnalisation de la conduite du changement » (Autissier, Vandangeon, & Vas, 2010). Nous nous sommes intéressés dans notre travail aux changements de rupture amenés par la technologie (changement ou mise en place d'un SI)

Les approches proposées par (Barki & Pinsonneault, 2003) et (Perotin, 2004) peuvent être considérées comme des « guides à n étapes » de la conduite du changement car ils proposent des dispositifs ou des mécanismes pour faciliter l'intégration organisationnelle.

Cependant, l'OMG³ considère que la plupart des problèmes rencontrés dans les projets de déploiement d'applications d'entreprise sont liés à des faiblesses dans les processus métiers ciblés par l'application d'entreprise. Il a alors proposé plusieurs modèles de maturité qui peuvent être considérés comme des « guides à n étapes » pour la conduite du changement (OMG, 2007A).

Les premiers modèles de maturité ont été développés à la fin des années 1980 avec la création du *Process Maturity Framework* par (Humphrey, 1989) qui a ensuite évolué en *Capability Maturity Model for Software CMM* (Paulk & al., 1995) pour devenir le *Capability Maturity Model Integration CMMI* (Chrissis, Konrad, & Shrum, 2003), un standard pour l'évaluation de la capacité des organisations qui développent des systèmes logiciels.

³ <http://www.omg.org/>

Le succès de CMMI a donné lieu à la proposition de nombreux autres modèles de maturité. Cependant, la plupart sont simplement des descriptions de la façon dont une organisation peut se pencher sur les différentes étapes de l'évolution de ses processus, en donnant peu d'indications sur les étapes spécifiques nécessaires pour se déplacer entre les niveaux de maturité. En revanche, le Business Process Maturity Model (BPMM) fournit une feuille de route détaillée pour l'amélioration des processus opérationnels.

Le BPMM propose une démarche d'amélioration évolutive qui guide les organisations pour passer de processus immatures, inconsistants à des processus matures et structurés. Il fournit un modèle de référence pour l'évaluation des processus au sein de l'entreprise et aide à définir des priorités pour les améliorer.

Le BPMM est devenu un standard de l'OMG (Object Management Group) afin d'aider les organisations à mieux maîtriser les projets de déploiement d'applications d'entreprise (logiciels) (OMG, 2007A). Il est composé de 5 niveaux (Figure 4) :

- Le niveau 1, suppose un management « **Initial** » de type « lutte contre les incendies » sans objectifs spécifiques prédéterminés. Le succès de ces organisations dépend de compétences individuelles et non de l'utilisation de processus explicites ;
- Le niveau 2, suppose des processus « **Gérés** » et un management limité à chaque unité de travail ou projet ;
- Le niveau 3, suppose des processus « **Standardisés** » et management qui s'appuie sur une infrastructure commune de processus organisationnels pour assurer une cohérence dans la production des biens et services dans l'organisation ;
- Le niveau 4, suppose des processus « **Maîtrisés** » et un management de la capacité de l'infrastructure et des processus organisationnels pour atteindre des résultats prévisionnels ;
- Le niveau 5, suppose des processus « **Optimisé** » et un management qui prend en compte l'amélioration continue des processus de l'organisation et des biens et services résultants. Les améliorations du processus sont réalisées pour atteindre les performances et les résultats désirés selon une planification donnée.

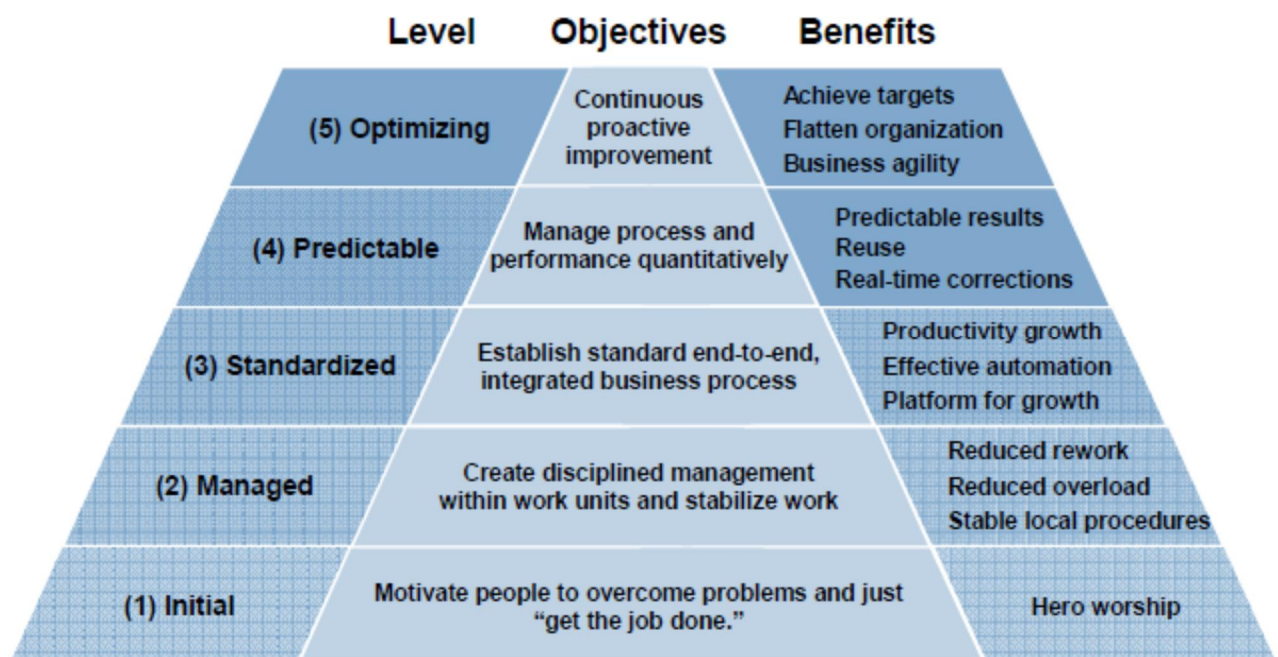


Figure 4 : Business Process Maturity Model [Bill Curtis, BPMM overview, TeraQuest 2004]

Le BPMM spécifie un ensemble de pratiques et de sous pratiques à chaque niveau de maturité. Chaque pratique ou sous-pratique relève d'une ou plusieurs directives concernant :

- la mesure et l'analyse,
- l'inspection du produit du travail,
- la résolution des problèmes et des décisions,
- la gestion des risques,
- la gestion du changement organisationnel.

Les directives de gestion du changement constituent une sorte de « guide à n étapes » pour la gestion du changement. Elles sont traduites en 10 activités (OMG, 2007A) :

- maintenir le parrainage du programme de changement.
- maintenir la vision, les stratégies et les objectifs du changement.
- maintenir la justification du changement.
- maintenir la description de la solution.
- maintenir le plan de changement.
- développer la solution de changement.
- déployer la solution de changement.
- superviser le programme de changement.
- incorporer les leçons d'amélioration apprises.
- communiquer les informations d'amélioration.

Les directives de gestion du changement interviennent dans les pratiques ou les sous-pratiques de tous les niveaux de maturité du BPMM (à l'exception du niveau 1 : initial) mais c'est au niveau 5 que la problématique de conduite du changement est la mieux prise en compte. Ces pratiques et sous pratiques s'inscrivent dans des processus de (OMG, 2007A) :

- planification des améliorations organisationnelles,
- alignement de la performance organisationnelle,
- amélioration continue de la capacité,
- amélioration « innovante » de l'organisation,
- déploiement des améliorations organisationnelles.

Le niveau de maturité n°5 du modèle BPMM vise donc à planifier des améliorations organisationnelles et à en assurer le déploiement. Or, le déploiement des améliorations organisationnelles est une question très importante dans un projet d'implémentation d'un ERP qui induit souvent la restructuration des processus et de l'organisation de l'entreprise dans l'objectif d'en améliorer les performances. La différence réside dans le fait que le changement dans un projet ERP est discontinu et radical alors que celui du niveau de maturité 5 est continu et incrémental. Le processus de déploiement des améliorations organisationnelles améliore continuellement et quantitativement les performances et la qualité dans l'organisation en transférant les améliorations dans une utilisation systématique (OMG, 2007A). Ce processus implique de :

- sélectionner les améliorations à déployer et planifier leur déploiement,
- prédire statistiquement les coûts et bénéfices des améliorations sélectionnées,
- gérer le déploiement des améliorations selon les plans,
- mesurer les coûts et les bénéfices et les comparer aux prédictions.

Le modèle BPMM préconise de mesurer l'impact des améliorations en termes de coûts et de bénéfices sans toutefois préciser les variables à prendre en compte. Cependant, la quantification du changement en terme de coûts et de performances des processus de l'organisation n'est donc pas entièrement intégrée. La proactivité et la prédiction sont recommandées, mais aucune démarche pratique n'est proposée pour le faire de manière précise.

Les démarches de conduite du changement de type « guides à n étapes » ne permettent généralement pas d'identifier de manière précise les parties de l'organisation où doit être orienté l'effort de gestion du changement en priorité. De plus, elles ne proposent que des actions de réduction directe de l'impact du changement par l'effort de gestion. Les actions liées à l'ajustement de l'ampleur du changement ne sont pas explorées.

Ces méthodes ne proposent pas de techniques quantitatives qui pourraient aider à cibler à dimensionner les efforts déployés et ainsi être plus efficaces. Or, si ces efforts ne sont pas ciblés, ils ne seront pas efficaces et ne permettront pas de maîtriser l'organisation et le coût du projet. La gestion non-quantitative du changement se concentre sur la réduction de l'impact du changement. Elle aurait besoin de méthodes quantitatives pour mieux cibler le déploiement des moyens mis en œuvre. Ce ciblage passerait par une identification des éléments de l'entreprise les plus affectés par la restructuration à l'aide de modèles prédictifs. La quantification permet alors de mieux mesurer et d'ajuster l'ampleur du changement dans le cadre d'une gestion non-quantitative dont les actions et stratégies restent des leviers principaux pour la gestion de l'impact du changement.

2.5.2 Démarche qualité pour une conduite proactive du changement

Au plan technique, la réussite de la mise en œuvre d'un ERP suppose une approche globale liée aux objectifs de performances visés, aux processus concernés et au triptyque « Métiers, Produits, Processus ». Il convient donc, comme le confirment (Saint-Léger, 2005) et (Neubert, 2009), de mettre en place un processus global de conduite du changement dès la phase amont du projet dans laquelle seront prises en compte les particularités de fonctionnement des organisations et l'implication des acteurs. Il s'agit de prévoir en amont de tout projet d'implémentation d'un ERP une phase clé afin de gérer des tâches, de les planifier dans le temps, les associer à des techniques organisationnelles et financières mais surtout à des moyens humains (consultant et équipes de travail).

C'est ainsi que l'on a pu retenir dans (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003) une phase de préparation et de conception du changement liée au projet ERP qui regroupe les activités de planification, de budgétisation, de mobilisation, de formation de l'équipe projet, de description des processus, de choix du système, etc. Il s'agit donc d'une phase de pré-projet qui a pour objectif de définir son contours, ses objectifs et l'organisation de sa conduite.

La phase de changement nécessaire à l'implémentation d'un ERP est une phase complexe et à risque. Elle nécessite d'adapter les processus et l'organisation de l'entreprise en fonction de ses objectifs de performance et de s'assurer de l'adéquation du modèle ciblé avec le modèle de référence de l'ERP. Notre proposition s'appuie donc sur trois prérequis pour structurer une première phase de réingénierie des processus et de réorganisation de l'entreprise dite « Préparation du changement » :

Prérequis 1 : La construction du projet ERP doit s'inscrire dans le cadre des *objectifs de performance à obtenir*,

Prérequis 2 : L'adaptation des processus et de l'organisation aux objectifs de performances *est une condition nécessaire à l'atteinte de ces objectifs de performance*,

Prérequis 3 : L'analyse et l'évaluation de l'adéquation Métiers/Produits/Processus vont *guider le choix du progiciel et son paramétrage*

Le prérequis n°1 suppose une définition claire et complète des objectifs de performance à obtenir. L'identification et la définition des objectifs de performance de l'entreprise est un préalable, (Chvidchenko, 1994). Deming (Siebenborn, 2005) a insisté aussi sur la nécessité d'intégrer au mieux les exigences des clients dans ces objectifs. En expliquant pourquoi il faut absolument tendre vers des solutions innovantes, la définition des objectifs de performance d'une entreprise permet de définir sa mission stratégique, d'une part, et de partager l'information et d'avoir un langage commun qui contribue à atteindre ces objectifs de performance d'autre part.

Selon (Jaulent, Quares, & Mularski, 2010), « dans une organisation tout est important (a priori) mais tout n'est pas stratégique. La stratégie suppose le changement ou voire la création de nouveaux processus. Il est donc vital de bien concevoir l'agenda du changement. Il faut bien faire la distinction entre la mission de l'organisation (pourquoi elle existe) et où devra être l'organisation dans X années qui exprime la vision, l'ambition du « patron » de l'organisation. »

Pour (Thietart & Xuereb, 2009), « La seule prise en compte de la dimension économique ne suffit plus dans le contexte de l'entreprise aujourd'hui. La demande formulée par les hommes au sein de la firme dans le but d'une plus grande information ou d'une participation accrue à la prise de décision, les pressions exercées par les groupes de toutes sortes (écologistes, consommateurs, syndicats), l'influence grandissante de l'état et de la réglementation, le jeu personnel des membres de l'entreprise, font qu'il n'est plus possible aujourd'hui de raisonner en atmosphère stérile. La dimension politique recouvre tout ce qui touche l'influence des hommes, des groupes d'individus dans leur recherche d'un pouvoir sur la destinée de l'entreprise. Elle prend en compte l'homme en tant qu'acteur influent et de cette influence ressortiront des possibilités ou des risques pour la firme (luttres de pouvoir par exemple) ».

Le modèle de détermination des objectifs de (Mintzberg, 1979) met en œuvre la formation des objectifs en considérant que l'entreprise doit tenir compte d'influences externes (les propriétaires (actionnaires), les associés (clients, concurrents, fournisseurs), les syndicats et le public (état, associations de consommateurs)) qui peut prendre la forme de normes sociales, environnementales, financières ou organisationnelles (décisions d'absorption ou de fusion). Le modèle de Mintzberg recommande également de prendre en compte les influences internes provenant des acteurs de l'entreprise : les coordinateurs au sommet (direction générale, membre du conseil d'administration), l'encadrement (cadres chargés de la mise en œuvre des décisions prises au sommet), les services fonctionnels techniques (services de planification et de contrôle) et auxiliaires (services juridiques, services de maintenance, etc..) et enfin les services opérationnels (personnel attaché aux missions de production ou de vente).

Le modèle de formulation stratégique de l'école de Harvard est fondé sur la confrontation entre les contraintes, les menaces, et les possibilités environnementales de l'entreprise (Ansoff, 1965). Il permet aux dirigeants d'identifier les options stratégiques, de les sélectionner et de déterminer les priorités. Il pourra s'agir par exemple d'une stratégie d'internationalisation impliquant la nécessité d'innover et de s'adapter aux besoins locaux.

Dans la démarche proposée dans (Mouawad, 2010) la définition des objectifs de performance s'appuie sur les travaux de Kaplan et Norton (Kaplan & Norton, 1996) qui ont présenté un

modèle de Tableau de Bord Prospectif (TBP) qui assure la cohérence entre la stratégie de l'entreprise et ses indicateurs de performance (Figure 5).

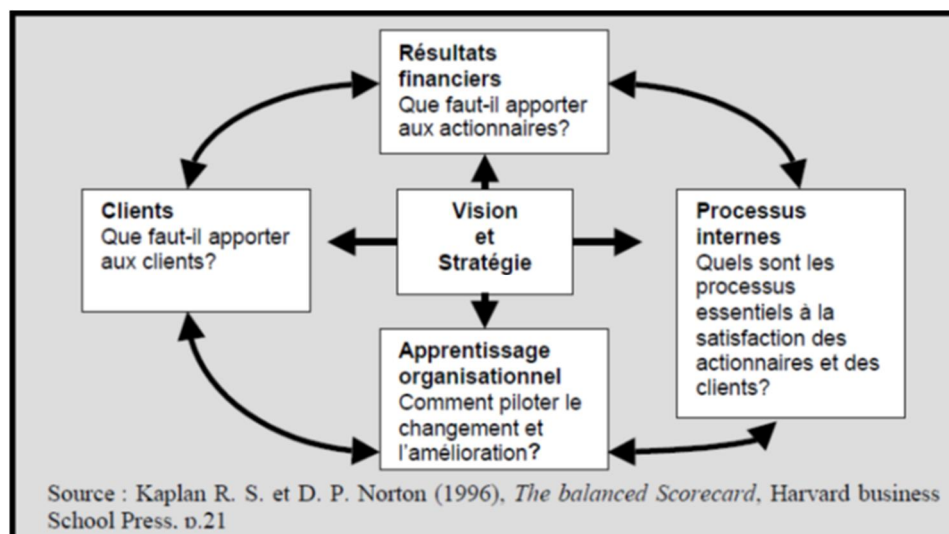


Figure 5 : Tableau de Bord Prospectif (Kaplan & Norton, 1996)

Le TBP a été conçu pour traduire les intentions stratégiques de l'entreprise ou de chaque unité en objectifs concrets dans le cadre d'une réflexion fondée sur sa mission et sa stratégie. Il est considéré dans (Mouawad, 2010) comme un outil qui permet de clarifier la stratégie, de communiquer les objectifs et indicateurs stratégiques, de favoriser la cohérence des actions des divers acteurs et de soutenir l'apprentissage organisationnel. Il permet de regrouper un ensemble d'indicateurs de performance correspondant à des déterminants de la performance d'une entreprise en quatre grands axes : « Financier », « Clients », « Processus internes » et « Apprentissage organisationnel ».

Tableau 3 : types d'objectifs issus du TBP

Axe	Déterminants de la performance à traduire en indicateurs	Exemples d'indicateurs
Financier	<ul style="list-style-type: none"> • Accroissement du chiffre d'affaires • Réduction des coûts et amélioration de la productivité • Utilisation de l'actif • Réduction du risque 	<ul style="list-style-type: none"> • Croissance des ventes • % de bénéfice net • rendement sur capital investi • coûts unitaires
Clients	<ul style="list-style-type: none"> • Part de marché • Conservation de nouveaux clients • Acquisition de nouveaux clients • Satisfaction des clients • Rentabilité par segment 	<ul style="list-style-type: none"> • % des ventes réalisées auprès des clients existants • % des ventes réalisées auprès de nouveaux clients • degré de satisfaction des clients • taux de retour des produits
Processus internes	Qualité, réactivité, productivité, coût pour chacun des grands processus d'une entreprise soit : <ul style="list-style-type: none"> • L'innovation • La production 	<ul style="list-style-type: none"> • argent investi en R&D • % des ventes réalisées avec des nouveaux produits • temps de réponse aux appels de service • coûts standards

	<ul style="list-style-type: none"> Le service après-vente 	
Apprentissage organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> Le potentiel des salariés Réorientation des compétences Capacités des systèmes d'information Alignement des objectifs individuels avec ceux de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> taux de satisfaction des employés argent investi en formation disponibilité de l'information nombre de suggestions par employé

Ces 4 axes sont construits sur la base de la vision et de la stratégie de l'entreprise. Ils ne sont pas indépendants les uns des autres. Par exemple, un processus permettant de réduire le délai de livraison des commandes clients pourrait avoir des effets sur la satisfaction de ces derniers qui à son tour permettra de les fidéliser. Cela devrait se traduire sur la performance financière de l'entreprise. On se pose alors la question de savoir comment.

Après cette première étape de définition des objectifs de performances, (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003) propose d'organiser la phase de préparation du changement en 3 étapes :

- Une étape d'adaptation et de conception des processus métiers
- Une étape d'adaptation et de conception de l'organisation
- Une étape de validation de la solution

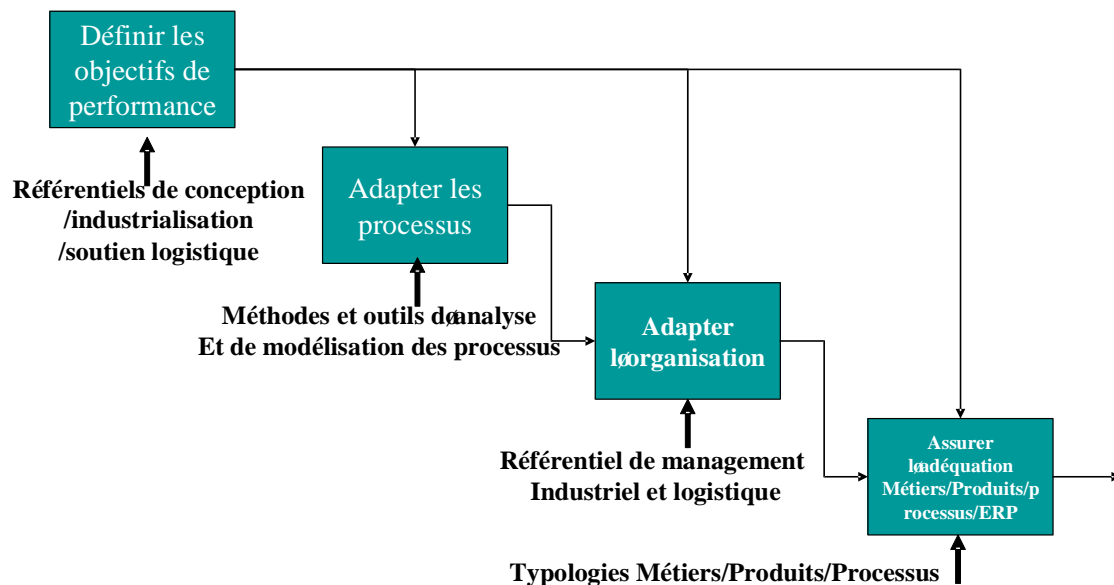


Figure 6 : Les étapes de la phase de préparation du changement

La mise en œuvre de ces 3 étapes peut s'appuyer sur différents référentiels et outils, notamment :

- Les référentiels de conception/industrialisation/soutien logistique,
- Le référentiel de management industriel et logistique (APICS, SCOR, etc. ...),
- Les typologies métiers/produits/processus et le lien avec les processus intégrés dans les ERP,
- Les méthodes et outils d'analyse et de modélisation des processus,...

L'objectif de la phase de préparation du changement est de concevoir une configuration des processus, de l'organisation et des systèmes d'information de l'entreprise en adéquation avec ses objectifs de performances. Cependant, les référentiels et outils de la Figure 6 ci-dessus ne permettent pas de garantir la réussite de cette phase de préparation du changement qui nécessite

un suivi et l'utilisation de méthodes et d'outils appropriés qui favorisent le travail et la communication au sein d'équipes pluridisciplinaires dans le cadre d'une démarche structurée.

Nous avons considéré qu'une entreprise avec ses processus et son organisation peut être « perçue » comme un « produit complexe » qu'il faut concevoir en s'assurant de sa « qualité » et de son adéquation avec ses objectifs de performance. Il nous faut donc une démarche basée sur des méthodes de gestion de la qualité pour « garantir » la réussite d'un projet ERP en orientant les efforts de réorganisation des processus de l'entreprise vers les éléments les plus importants et les plus critiques.

Nous nous sommes alors intéressés aux méthodes théoriques développées sous forme générique et complète pour la conduite de projets de conception de produits complexes et d'ingénierie concourante dans les domaines tels que celui de l'aérospatial ou de l'automobile. Notre étude a permis de retenir la méthode QFD (Quality Function Deployment) dont nous avons adapté les concepts au contexte et à la complexité des projets ERP, notamment dans les phases de «préparation du changement » pour mettre en œuvre la proposition présentée dans (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003).

Le QFD a été créé en 1966 au Japon par le Dr. Yoji Akao qui le décrit comme une combinaison entre sa démarche de recherche de qualité associée au concept de fonctions utilisé en Analyse de la Valeur. C'est une méthode graphique destinée à améliorer la communication au sein d'équipes pluridisciplinaires et à les accompagner de la définition des attentes clients jusqu'à l'organisation de la « production » du produit ou du service qui peut les satisfaire en ciblant leurs paramètres fondamentaux, ou justes nécessaires.

Le QFD est une méthode en 4 phases :

- l'identification des besoins clients,
- la définition des composants,
- la définition du processus de fabrication
- la définition de l'organisation de la production.

Chaque phase est matérialisée par une matrice (appelée « maison de la qualité ») construite en 6 étapes qui représente la transformation d'« input » (des « QUOI ») en « output » (des « COMMENT ») :

- Etape 1 : Identifier les besoins des clients (le quoi) : établir les catégories de clients, recueillir les besoins (groupes de discussion), les structurer (diagramme en arbre) et les prioriser (échelle de 1 à 10).
- Etape 2 : Définir les caractéristiques techniques du produit à offrir (le comment)
- Etape 3 : Établir la relation entre les caractéristiques et les besoins des clients (le comment par rapport au quoi) : évaluer à quel degré chaque caractéristique contribue à la satisfaction des besoins (pondération), analyser la contribution des caractéristiques (jugement qualitatif) et prioriser les caractéristiques.
- Etape 4 : Cibler le niveau de performance technique des caractéristiques (le combien) : fixer une cible pour chaque caractéristique.
- Etape 5 : Déterminer les relations entre les caractéristiques (le comment par rapport au comment) : évaluer le degré d'interrelation entre les caractéristiques du produit (voir si deux caractéristiques entrent en conflit ou sont redondantes), analyser les interrelations et mettre en évidence les liens de communication nécessaires entre les unités de l'entreprise qui travaillent au développement du produit.

- Etape 6 : Comparer le produit avec ceux des concurrents (la comparaison) : satisfaction de nos clients par rapport à la concurrence (balisage), nos caractéristiques techniques par rapport à la concurrence.

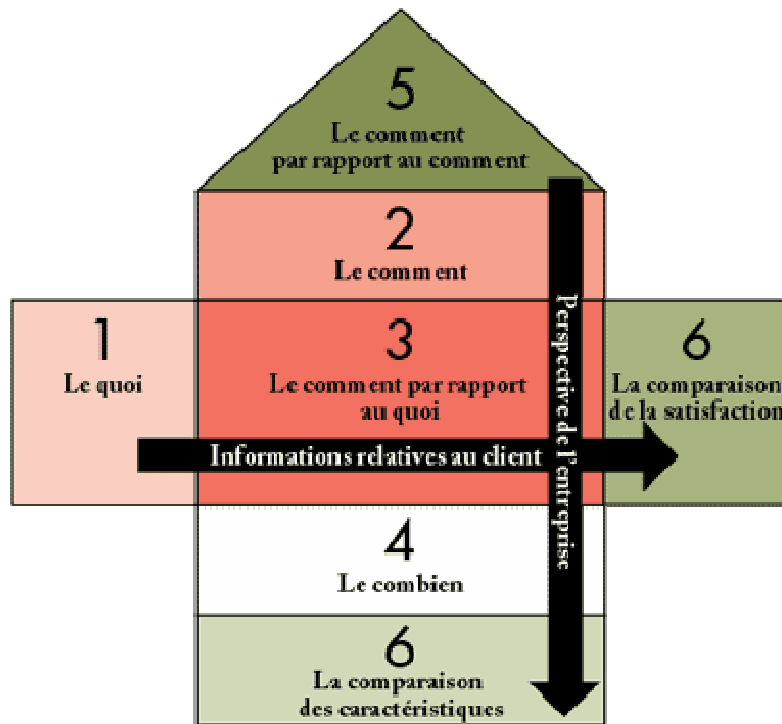


Figure 7 : La matrice QFD ou « Maison de la qualité »

La méthode QFD offre des possibilités qui vont bien au-delà de cette première phase. En effet, on peut, à l'étape du déploiement, préciser encore davantage les exigences des clients.

Pour passer d'une phase à une autre, les « COMMENT » de la phase précédente deviennent les « QUOI » de la phase suivante. On reprend alors la démarche (construire une deuxième maison) en partant d'éléments de la première. Ainsi, la première matrice matérialise le lien entre les besoins clients et les spécifications du produit pour les satisfaire. Elle formalise la transformation des besoins ou demandes du « client » en terme de fonctions répondant à la qualité désirée. Ces spécifications sont ensuite reliées, dans la deuxième matrice, à des composants et sous-systèmes permettant de les réaliser. La troisième matrice, permet ensuite de caractériser les éléments du processus de fabrication à partir des composants. Enfin la dernière matrice permet de définir l'organisation de la production à partir des processus de fabrication.

La mise en œuvre de l'ensemble de la méthode QFD est un processus long et difficile à intégrer dans les modes de fonctionnement de la plupart des entreprises. Cependant, quelques entreprises l'utilisent uniquement pour rédiger un cahier des charges et évaluer les solutions identifiées. D'autres entreprises peuvent avoir besoin de l'ensemble des informations issues de la première phase et utiliser la totalité de la première matrice. Enfin, certaines entreprises vont mettre en œuvre l'intégralité de la démarche QFD (Perrin-Bruneau, 2005). Cette flexibilité de la méthode QFD permet son utilisation partielle. Cela nous a semblé être un atout afin de la faire accepter plus facilement en facilitant sa mise en œuvre dès la phase de préparation.

Pierre MOUAWAD (Mouawad, 2010) a intégré la méthode QFD dans une démarche générique de gestion de la qualité de la « conception » d'une nouvelle organisation qui va définir les choix

de réorganisation de l'entreprise en phase préliminaire d'un projet ERP. Ce travail a nécessité dans un premier temps une transposition dans le contexte de l'approche processus de la terminologie et des concepts de l'ingénierie concourante. C'est ainsi que dans la démarche « QFD Processus » que nous proposons :

- la première matrice, MdQ1, va permettre de faire le lien entre la cartographie des processus cibles de l'entreprise avec ses objectifs de performance. Il s'agit de réaliser une cartographie pour identifier les flux à travers la structure organisationnelle de l'entreprise. En expliquant pourquoi il faut absolument tendre vers des solutions innovantes, l'étape de définition des objectifs de performance dresse un portrait objectif de l'entreprise. Elle permet de définir sa mission stratégique, d'une part, de partager l'information et d'avoir un langage commun qui contribue à atteindre ces objectifs de performance d'autre part. Dans cette étape, l'équipe projet choisit les critères d'évaluation pour définir les processus qui devront faire l'objet d'un projet de changement. Cette étape permet, lors de la sélection des processus, de définir un ordre de priorité pour la reconfiguration des principaux processus d'une façon organisée et planifiée.
- La deuxième matrice, MdQ2, va permettre de formaliser le lien entre la spécification des métiers de l'entreprise (son périmètre fonctionnel) et ses processus cibles. Le but est d'optimiser la valeur ajoutée des processus à travers la spécification des fonctions qui leurs sont associées. Elle correspond à une phase de modélisation et d'analyse des processus. Elle permet d'identifier le périmètre fonctionnel concerné par le changement et de déterminer les risques associés afin d'orienter les efforts de conception des processus.
- La troisième matrice, MdQ3, aboutit à la spécification et la caractérisation des entités organisationnelles (départements, services, etc.) et de définir l'organisation cible de l'entreprise.
- Enfin, la dernière matrice, MdQ4, reliera la structure organisationnelle de l'entreprise à un ensemble de procédures et de règles permettant de mettre en œuvre les processus cibles et de valider l'adéquation métiers/processus/ERP.

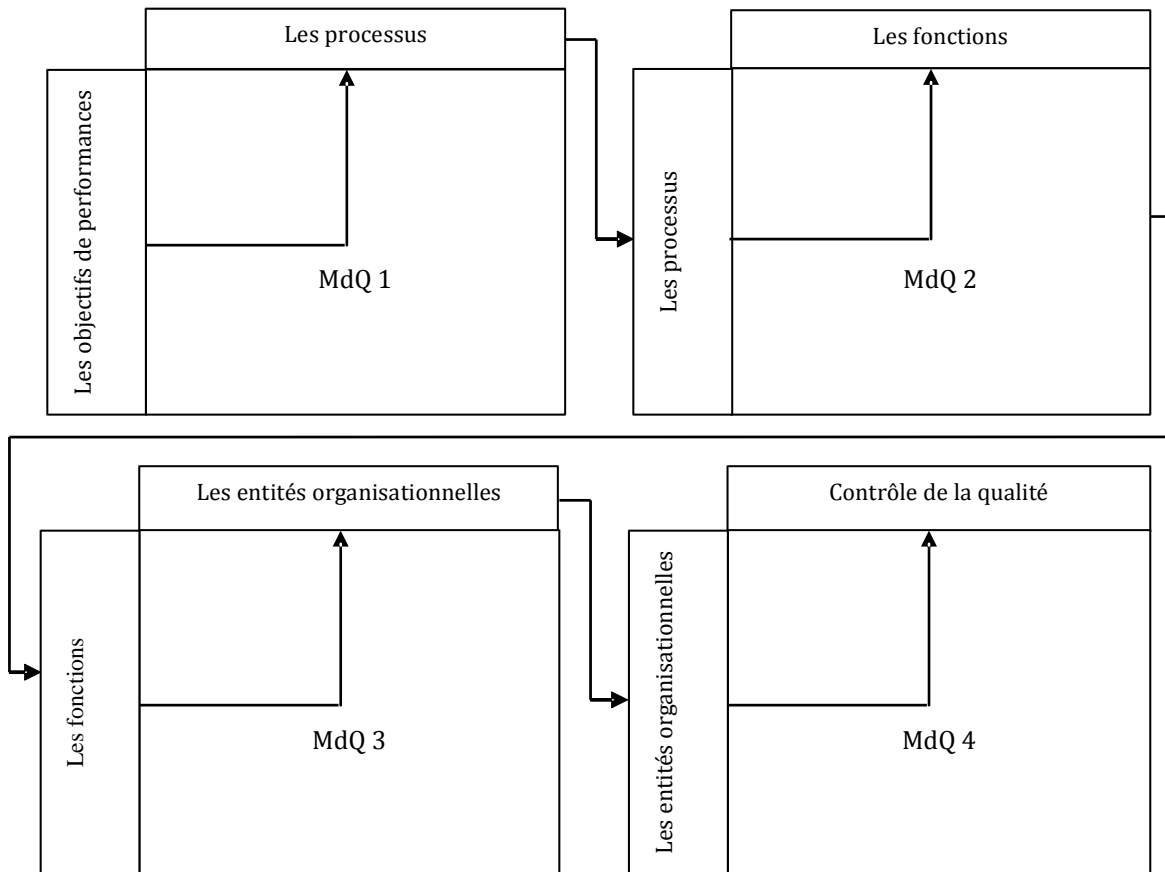


Figure 8 : Adaptation de la démarche QFD (Mouawad, 2010)

2.6 Conclusion

Le but de mon projet d'habilitation à diriger des recherches est de proposer une démarche générique et un ensemble d'outils permettant de faciliter les projets de collaboration d'entreprises en intégrant des méthodes quantitatives et qualitatives déjà utilisées dans la gestion du changement et en projet ERP. Il s'agit en fait de pallier les insuffisances des approches proposées dans la littérature pour gérer de tels projets en intégrant dès les phases amont les considérations relatives à la maîtrise des risques sur la performance des processus pris en charge et de la qualité de l'implémentation finale.

Cette section a permis de mettre en avant mes axes de recherche. La suite de ce mémoire va présenter mes contributions dans selon trois axes principaux :

- Implantation des systèmes d'information : mise en œuvre d'une approche qualité (Mouawad, 2010)
- Composition des équipes projets dans le contexte de la conduite du changement (thèses de (Mouawad, 2010) et (Khatrouch, 2014))
- Approches quantitatives des risques dans une démarche BPR (Camara, 2009)
- Analyse des Risques liés aux stratégies d'externalisation (Bellaaj, 2009)
- Interopérabilité dans un contexte PLM (Thèse de Emna Moones, en cours)

3 Contribution à une démarche qualité pour la conduite du changement (Mouawad, 2010)

3.1 Introduction

De nombreux travaux de recherche montrent que l'implémentation d'un ERP soulève des difficultés et exige un changement organisationnel dans l'entreprise. Il faut alors mettre en œuvre une phase de pré-implémentation pour assurer l'adaptabilité et l'alignement des processus de l'entreprise avec le modèle ERP (Ehie & Madsen, 2005), (Motwani, Ram, & Pradeep, 2005). Ce changement est généralement introduit en amont du projet d'implémentation d'un ERP, lors de la phase de réingénierie des processus métier (Camara, 2009). Il s'agit d'une phase clé qui nécessite de gérer des tâches, de les planifier dans le temps et de les associer à des moyens humains (consultant et équipes de travail) et à des techniques organisationnelles et financières. Ainsi, cette phase est vue comme une phase complexe et à risque.

C'est cette phase qui nous a intéressés dans le cadre du travail de thèse de Pierre MOUAWAD. Elle est vue comme une phase de réingénierie des processus, de restructuration, de préparation et de réorganisation. Nous la désignons par la phase de changement dans (Mouawad, 2010).

La phase de changement correspond à la phase de réalisation du BPR (Business Process Reengineering) dans (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003). Elle prend en compte les enjeux organisationnels et stratégiques. Il s'agit de définir les objectifs de performance de l'entreprise et ensuite réaliser une adaptation des processus et de l'organisation de l'entreprise en fonction de ces objectifs. Ainsi, la phase de réalisation assure l'adéquation du modèle résultant de cette adaptation au modèle de référence de l'ERP choisi.

Néanmoins, la phase de réalisation du BPR ne permet pas d'assurer ou de valider la réussite de cette phase. Cette problématique est étudiée, par ailleurs, dans d'autres disciplines notamment dans le domaine de la modélisation et de l'organisation des entreprises. Mais ces méthodes permettent d'analyser et de concevoir un système idéal, sans toutefois savoir si ce système complètement détaillé peut être vérifié et validé par une démarche qualité.

Ainsi, l'objectif de (Mouawad, 2010) est d'assurer la réalisation de la phase de changement en proposant une démarche structurée inspirée des démarches qualité dans la conception de produits innovant.

3.2 Méthode générique de conduite du changement par la qualité

La méthode proposée par (Mouawad, 2010) s'appuie sur la représentation générique de la conduite d'un projet ERP présentée dans (Kermad, Roucou, & El mhamedi, 2003).

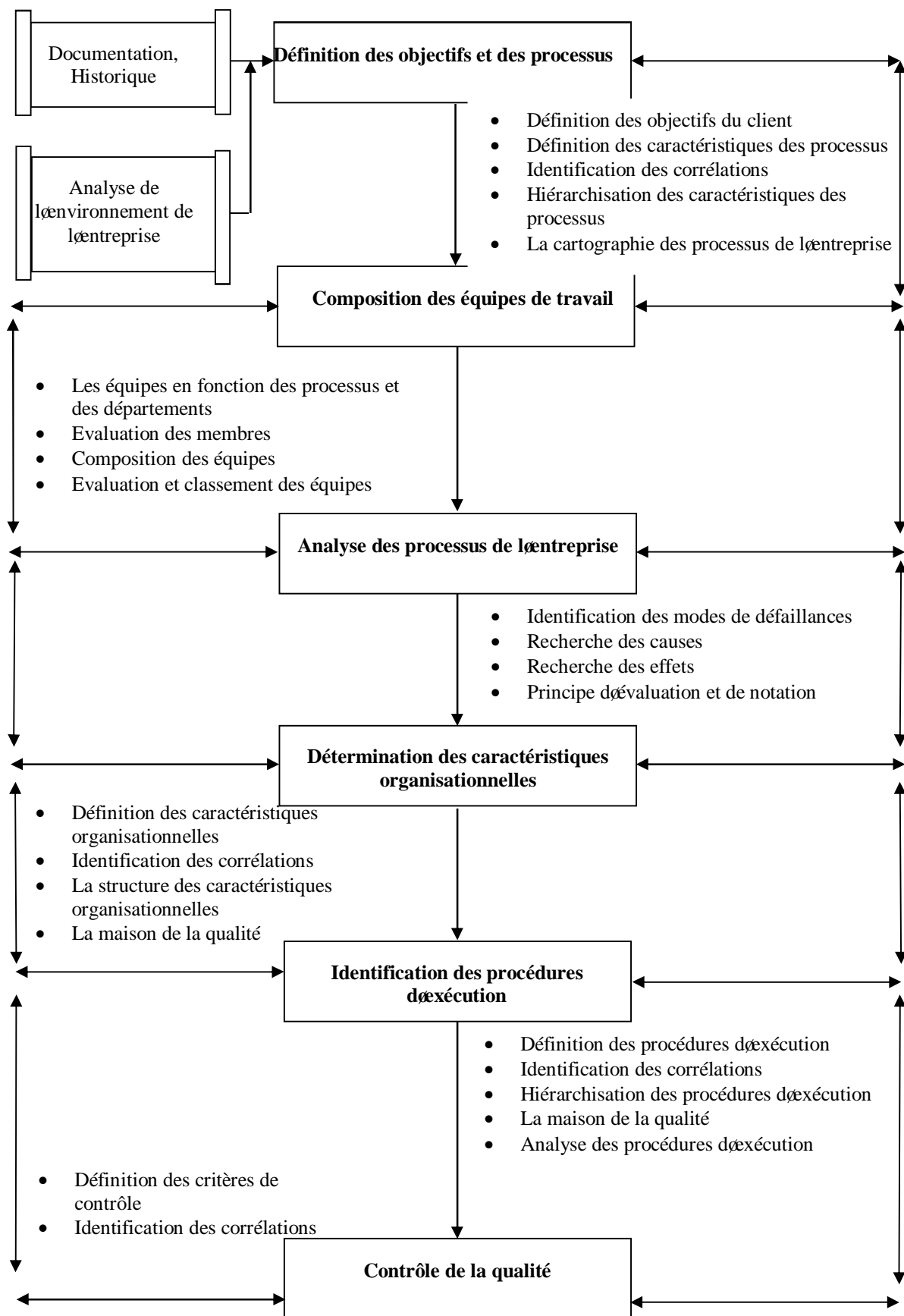
La Figure 9 présente l'organisation des 6 phases de la méthode générique proposée pour la conduite du changement préalablement à l'implémentation et à l'intégration d'un système d'information :

- Lors de la première phase de « *définition des objectifs et des processus* », on spécifie les objectifs de performance de l'entreprise (taux de service client, part de marché, chiffre d'affaire, etc.). Ensuite, nous définissons la façon de les réaliser à travers la définition des caractéristiques des processus correspondants.
- Dans la deuxième phase, « *composition des équipes* », on choisit les équipes de travail les plus compétentes pour coopérer avec le consultant lors de la réalisation de la phase de changement. Pour la composition des équipes, nous proposons un ensemble de critères dont la sélection dépend de l'environnement et de la culture de l'entreprise. Ils sont issus

de deux domaines ; des critères nécessaires à acquérir face à la résistance du changement et ceux nécessaires pour la sélection des membres capables de proposer et d'exécuter des nouvelles solutions. Nous proposons, en particulier, dans cette démarche un modèle d'optimisation pour la composition des équipes de travail qui sera présenté de façon plus détaillée dans le chapitre 5.

- La troisième phase, « *analyse des processus* », est consacrée à la reconfiguration des processus. L'analyse commence par ceux qui ont le poids le plus important sur les objectifs et se base sur le concept de sûreté de fonctionnement pour identifier les défaillances possibles pour chaque activité et proposer des solutions palliatives.
- La quatrième phase, « *détermination des caractéristiques organisationnelles* », consiste à concevoir la structure organisationnelle de l'entreprise et à déployer ses ressources au sein de ses départements.
- Dans la cinquième phase, « *identification des procédures d'exécution* », nous définirons les procédures permettant d'implémenter la nouvelle structure. L'analyse de ces procédures se base sur l'analyse réalisée sur les processus dans la troisième phase de notre démarche.
- Dans la sixième phase, « *contrôle de la qualité* », nous proposons de vérifier la qualité des procédures d'exécution qui seront mises en place.

Figure 9 : L'interaction entre les phases de la démarche générique



L'exécution de ces six phases peut être itérative et certaines phases peuvent être mises en œuvre en parallèle. Par exemple, la composition des équipes de travail doit être réalisée en même temps que la définition des caractéristiques des processus, et la démarche itérative assure la réalisation des corrections tout au long du projet (Figure 10 ci-dessous).

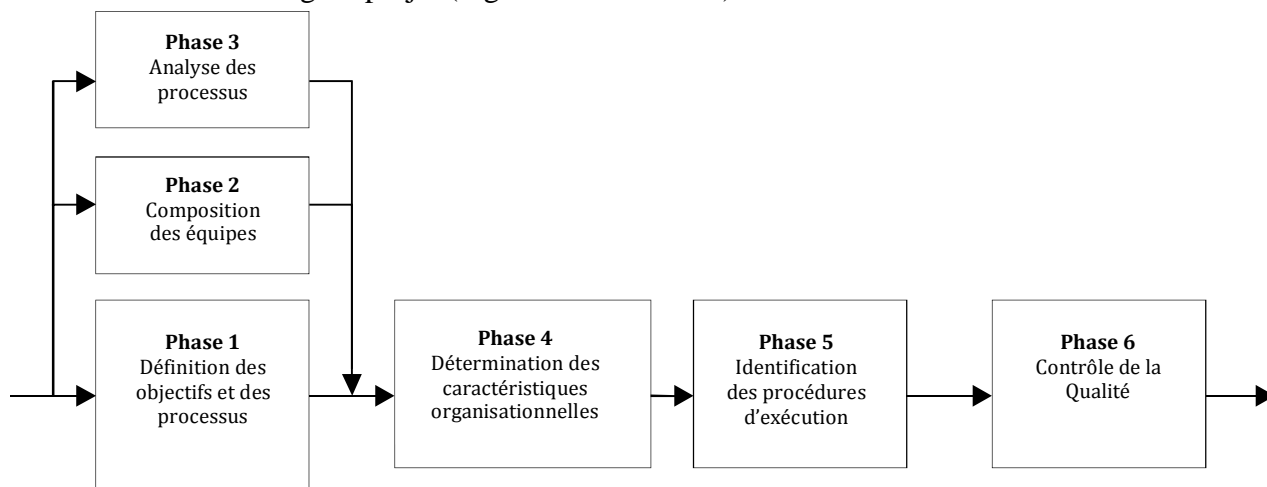


Figure 10 : Séquençage des phases de la démarche

Le Tableau 4 représente l'enchaînement de ces phases ainsi que leurs étapes respectives.

Tableau 4 : Le processus de traitement des phases de notre démarche

		Les phases de la démarche structurée					
		Définition des objectifs et des processus	La composition des équipes de changement	Analyse des processus de l'entreprise	Détermination des caractéristiques organisationnelles	Identification des procédures d'exécution	Le contrôle de la qualité
Etapes	1	Définition des objectifs de performance de l'entreprise	Les équipes en fonction des processus et des départements	Identification des modes de défaillances	Définition des caractéristiques organisationnelles	Définition des procédures d'exécution	Définition des critères de contrôle
	2	Définition des caractéristiques des processus	Evaluation des membres	Recherche des causes	Identification des corrélations	Identification des corrélations	Identification des corrélations
	3	Identification des corrélations	Composition des équipes	Recherche des effets	La structure des caractéristiques organisationnelles	Hierarchisation des procédures d'exécution	
	4	Hierarchisation des caractéristiques	Evaluation et classement	Principe d'évaluation et de	La maison de la qualité	La maison de la qualité	

		ues des processus	des équipes	notation			
	5	La cartographie des processus de l'entreprise				Analyse des procédures d'exécution	

3.2.1 Phase 1 : définition des objectifs et des processus

Pour arriver à un aperçu clair de l'entreprise, il est nécessaire de réaliser une cartographie pour identifier les flux à travers sa structure organisationnelle. En effet, l'ERP n'est pas encore choisi donc nous ne connaissons pas la couverture fonctionnelle qu'il peut apporter. Est-ce que cette couverture peut contenir tous les processus de l'entreprise et toutes les activités de ces processus ? Ainsi, il est nécessaire dans cette étape d'identifier tous les processus clés pour assurer la satisfaction des objectifs de performance.

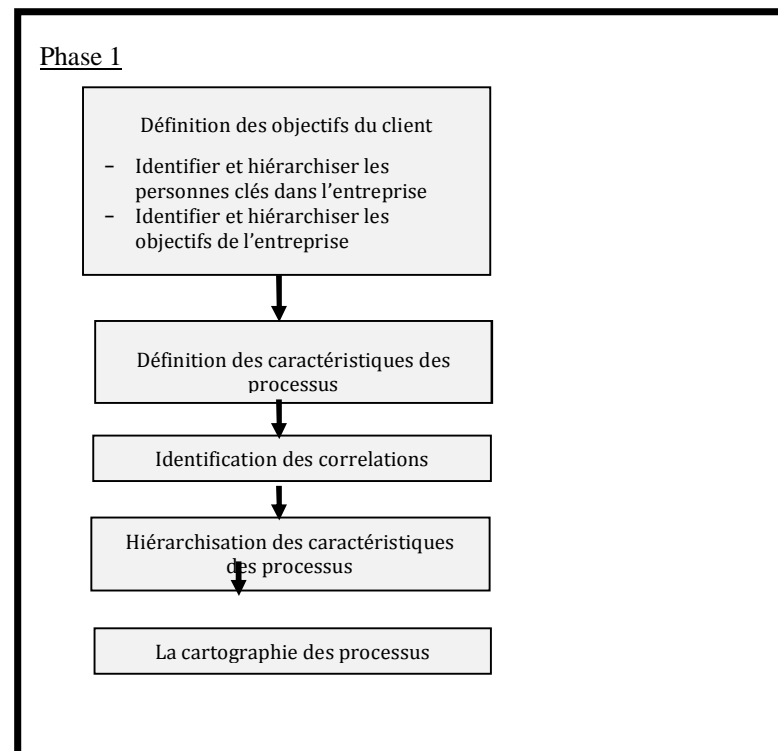
Cette première phase de collecte et d'analyse des informations concernant la situation de l'entreprise, ses besoins et sa stratégie. Elle se focalise sur des considérations internes à l'entreprise mais en tenant compte aussi de sa position sur son marché : secteur d'activité, concurrents, etc.

L'objectif de cette phase est double ; il faut définir les objectifs de performance de l'entreprise (Obj_n) puis identifier les processus à mettre en place pour les atteindre (e_j).

Pour mettre en œuvre cette phase dans le cadre de son cas d'application, (Mouawad, 2010) a choisi une approche pragmatique et simple. Il a tout d'abord « repéré » les personnes clés de son entreprise en fonction de leurs métiers, leurs compétences, leurs habitudes de travail, leurs pratiques, leurs contraintes, leurs rôles et leurs buts visés et leur a attribué « un poids » selon leur « importance » dans les choix stratégiques de l'entreprise. Il a alors calculé le poids de chaque objectif en pondérant les notes données par chaque personne traduisant ainsi l'importance relative de chaque objectif pour l'entreprise du point de vue de chaque personne clé par son « poids ». Il obtient ainsi une liste d'objectifs de performance hiérarchisés et pondérés.

Cette première phase est réalisée en 5 étapes (Figure 11) :

Figure 11 : Les 5 étapes de la première phase d'analyse



3.2.1.1 Définition des objectifs

La finalité de cette étape est la définition et la hiérarchisation des objectifs de performance de l'entreprise par ses responsables stratégiques clés. Ces personnes vont coopérer pour définir la stratégie de l'entreprise et ses objectifs de performance principaux.

3.2.1.1.1 Identifier et hiérarchiser les personnes clés

L'objectif est la sélection des personnes clés dans la structure existante. Pour ce faire, il faut bien connaître toutes les personnes, leurs métiers, leurs compétences, leurs habitudes de travail, leurs pratiques, leurs contraintes, leurs rôles et leurs buts visés. Nous mettons finalement l'accent sur les éléments suivants :

- Les personnels potentiels, leurs spécificités et les remarques particulières qui s'y rapportent et qui sont liées au service, à son fonctionnement et aux possibilités d'amélioration. Ces critères retenus ont un effet stratégique et/ou technique.
- Le degré d'importance ou le poids de chaque personnel.

3.2.1.1.2 Identifier et hiérarchiser les objectifs

Cette étape est le point de départ de notre démarche. Elle a pour but d'explicitier une liste claire, exhaustive, hiérarchisée et unique des objectifs de performance de l'entreprise. Ce travail de hiérarchisation des objectifs de performance de l'entreprise se fait selon deux critères :

- l'importance relative de chaque objectif de performance,
- l'importance relative de chaque personnel clé qui doit évaluer l'importance de chaque objectif.

Les objectifs de performance de l'entreprise seront recensés à travers l'avis et les exigences de la direction, des personnels de l'entreprise et du marché. Cependant, le consultant intervenant dans cette étape devra chercher les informations pertinentes de toutes sources possibles ; les définir en sachant clairement le rôle et l'importance de chacune d'elles : l'historique de l'entreprise, sa structure interne, les dossiers des anciens projets, les réclamations des clients, l'étude de la concurrence et même sa propre expérience sur des projets similaires. Son rôle dans cette étape sera d'apprécier l'importance et l'applicabilité relative des différents objectifs de l'entreprise. Il aura pour mission de traduire la stratégie de l'entreprise en une liste claire, exhaustive, hiérarchisée et unique d'objectifs de performance. Cette liste va indiquer ce que l'entreprise veut atteindre en termes de performance et c'est à partir de cette liste que seront élaborés tous les plans, tous les compromis, tous les processus et toutes les actions.

3.2.1.2 Définition des caractéristiques des processus

Cette étape correspond à l'étape de « déploiement » des besoins clients et leur « traduction » en spécifications produit dans la démarche QFD. Nous proposons dans (Mouawad, 2010) de l'adapter pour préciser la façon d'atteindre les objectifs de performance de l'entreprise en caractérisant les processus à mettre en œuvre. Nous cherchons à identifier et caractériser les processus clés de l'entreprise pour orienter les efforts de conception et de conduite du changement.

Chaque objectif de performance de l'entreprise sera associé aux « processus » y contribuant le plus. Ce seront les processus à concevoir en mettant en évidence pour chacun d'eux :

- É son type : processus de réalisation, de soutien, de management ou processus de changement continu
- É ses interactions et articulations avec les autres processus : définition des échanges de données, de produits et de moyens entre les différents processus
- É son management : définition d'indicateurs de résultats reliés directement aux objectifs de performance de l'entreprise mais aussi d'indicateurs de suivi du processus (économique, organisationnel, et technique).

Dans cette étape, il faut caractériser chaque processus à travers les caractéristiques de l'objet principal qu'il produit ou transforme. Cette approche permet d'améliorer la lisibilité du processus et de prendre en compte des perturbations qui sont anticipées grâce à la représentation du cycle de vie de l'objet. La conception du processus peut alors se faire sans se confiner au point de vue ou aux intérêts d'un métier ou d'un type d'acteur ni reconduire l'essentiel des pratiques actuelles de l'entreprise. « *Commencer la conception des organisations par l'objet, au cœur stable du métier, et repousser à la fin la considération de l'acteur, laisse davantage de liberté pour les choix d'organisation* »⁴. Il est donc essentiel, dans cette étape, de s'affranchir de l'existant pour se concentrer sur les aspects essentiels de la réorganisation

3.2.1.2.1 Identification des corrélations

Cette étape a pour objectif de faciliter l'analyse, le choix des compromis, la communication et la prise de décision. En rassemblant toutes les informations sous une forme matricielle claire et simple, on favorise la compréhension et on facilite la détermination des relations entre objectifs de performance de l'entreprise (1^{ère} colonne de la matrice) et les processus clés de l'entreprise (1^{ère} ligne de la matrice).

⁴ Dominique Vauquier, Unilog Manager et contributeur BPMS.info, JDN, 13/09/07

Pour réaliser cette étape, le consultant « mesurera » l'impact (a_{ij}) du processus (Pro_j) sur l'objectif de performance (Obj_i) pour déterminer leur degré de corrélation. Dans cette étape, nous supposons que $a_{ij} \times 0$, et, si il n'existe aucune relation entre l'objectif de performance Obj_i et le processus Pro_j , alors $a_{ij} = 0$.

Le paramètre a_{ij} , très inspirée de la compréhension des attentes de l'entreprise, sera déterminé par le consultant, à l'issue d'entrevues avec des personnels internes et externes, de l'analyse des pratiques actuelles et de l'étude des documents liés à l'entreprise.

Tableau 5 : La matrice de corrélation de la première phase

Objectifs de performance	Classement des Obj	Processus clés Pro					
Obj	r	Pro ₁	Pro ₂	..	Pro _j	í	Pro _m
Obj ₁	r ₁	a_{1j}					
Obj ₂	r ₂	a_{2j}					
⋮	⋮	⋮					
Obj _i	r _i	a_{ij}					
⋮	⋮	⋮					
Obj _n	r _n	a_{nj}					
$\sum_{i=1}^n r_i a_{ij}$		u ₁	u ₂	..	u _j	..	u _m

Tableau 6 : notations utilisées dans la 1^{ère} phase

Obj _i	i ^{ème} objectif de performance de l'entreprise, 1 ≤ i ≤ n
Pro _j	j ^{ème} processus clé de l'entreprise, 1 ≤ j ≤ m
u _j	Le poids de chaque processus e _j sur la performance de l'organisation
a _{ij}	L'intensité de l'effet des processus de l'entreprise sur les objectifs de performance : elle peut être forte, moyenne ou faible
r _i	Classement de l'objectif de performance Obj _i
n	Le nombre des objectifs de performance
m	Le nombre de processus clés

3.2.1.3 Hiérarchisation des processus clés

L'objectif de cette étape est d'hiérarchiser les caractéristiques des processus cibles selon leur importance. Le poids u_j du processus e_j sera calculé à partir des pondérations r_i des objectifs et des corrélations a_{ij} selon l'équation 1 :

$$u_j = \sum_{i=1}^n r_i a_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad \text{Equation (1)}$$

Le paramètre u_j pondère l'importance du processus j par rapport à tous les objectifs de performance de l'entreprise. Cette hiérarchisation des processus qui prend en compte la hiérarchisation des objectifs de performance garantie leur prise en compte dans la réorganisation à mettre en place.

3.2.1.4 La cartographie des processus

Les processus identifiés sont parfois indépendants les uns des autres. Mais, ils peuvent également être fortement corrélés. Une corrélation Cor_{ij} entre deux processus i et j positive, signifie une redondance dans la réalisation des objectifs de l'entreprise. Cela permet notamment d'éviter de doubler les efforts des équipes de travail. En effet, pour assurer la réalisation d'un objectif de performance, il suffit parfois d'optimiser un seul processus et notamment celui qui est le plus important. D'autre part, l'existence d'une corrélation négative entre deux processus peut signifier une incompatibilité ou une contradiction qui nécessite la recherche d'un compromis.

Cette étape a pour objectif de faciliter l'analyse, le choix de ces compromis, la communication et la définition des processus à prendre en charge en priorité. Il s'agit de représenter la cartographie des processus à travers leurs relations afin de faciliter la prise de décision.

Cette étape va permettre en outre de définir et de caractériser les équipes de travail qui devront fortement collaborer entre elles, ce qui limitera la découverte tardive de problèmes et donc des délais et des coûts supplémentaires.

Le résultat de cette étape est représenté dans la Figure 12, ci-dessous, sous forme d'une matrice triangulaire (au-dessus de la ligne des processus de la matrice de corrélation précédente). Chaque valeur de cette matrice permet d'indiquer le sens et le degré de corrélation entre deux processus.

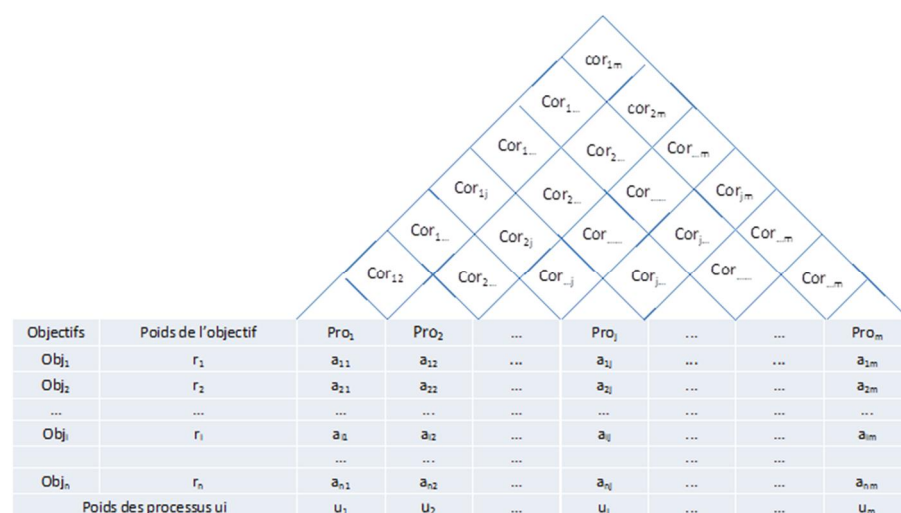


Figure 12 : Représentation des corrélations entre processus dans la matrice QFD

3.2.2 Phase 2 : la composition des équipes de travail

La mise en place d'un ERP nécessite d'avoir des équipes de travail capables de réaliser le changement dans l'entreprise et d'assurer l'adéquation du modèle de l'entreprise avec celui de l'ERP. Il est important de considérer que le travail en équipe n'est pas seulement souhaitable ; il est indispensable. L'objectif des équipes est d'analyser les processus de l'entreprise afin d'identifier les défaillances et les activités sans valeur ajoutée et proposer des solutions applicables.

Pierre Mouawad (Mouawad, 2010) s'est inspiré de (Chen & Lin, 2004) pour proposer une approche analytique pour l'optimisation de la formation et de la sélection des équipes multifonctionnelles capables de prendre en charge la conception et l'analyse de nouveaux processus basée sur une combinaison des approches AHP et QFD.

L'objectif principal de la démarche proposée est d'identifier un ensemble d'équipes de travail compétentes et capables de superviser l'implémentation d'un ERP dans la phase de conception et de conduite du changement.

Ces équipes auront pour mission de faire l'analyse des processus de l'entreprise et de proposer leur réorganisation. Leurs membres devront avoir les compétences pour couvrir l'ensemble des activités des processus à évaluer. Ils seront choisis parmi les membres du personnel en poste dans l'entreprise qui en comprennent bien le fonctionnement, ses points faibles et ses points forts.

Le modèle d'optimisation proposé par (Mouawad, 2010) et complété par (Khatrouch, 2014) dans cette deuxième phase pour choisir des équipes de travail « optimale » pour analyser et réaliser le changement de chaque processus du projet ERP est présenté de façon plus détaillée dans le chapitre suivant.

3.2.3 Phase 3: Analyse des processus

La phase 1 de la démarche proposée par (Mouawad, 2010) permet de réaliser une cartographie des processus de l'entreprise pour identifier les flux à travers la structure organisationnelle de l'entreprise. Cette phase a permis de choisir les critères d'évaluation pour déterminer les processus clés qui devront faire l'objet d'un projet de changement.

La phase 2 permet de constituer des équipes de travail qui peuvent assurer le changement au sein de l'organisation. Les membres ainsi que les équipes ont été choisis de manière qu'ils puissent atteindre les objectifs de performance de l'entreprise. Ces équipes doivent réaliser l'analyse et la reconfiguration des processus en tenant compte des solutions qui peuvent être introduites par le modèle de l'ERP. Elles doivent avoir une vision complète du fonctionnement des processus à reconfigurer.

Cette phase 3 permet d'analyser les processus pour identifier les activités sans valeur ajoutée, déterminer leurs défaillances potentielles et proposer des solutions. La reconfiguration des processus doit tenter de les changer et de les améliorer en ciblant les efforts de réorganisation en fonction de leurs poids sur les objectifs de performances de l'entreprise.

Dans cette 3^{ème} phase, P. Mouawad (Mouawad, 2010) s'inspire de la méthode « AMDEC Processus » pour optimiser et assurer la sûreté de fonctionnement des processus clés de l'entreprise. C'est au niveau des activités de chaque processus que seront étudiés les modes de défaillance et le niveau de valeur ajoutée pour proposer de nouvelles solutions (

Figure 13).

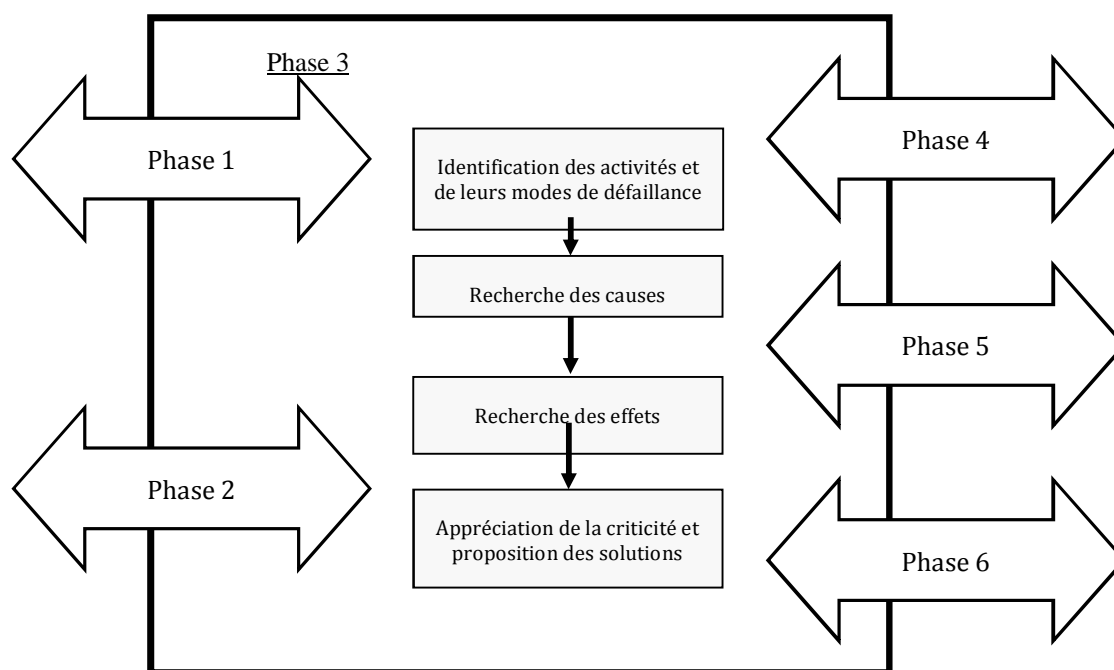


Figure 13 : Les étapes de la troisième phase d'analyse

Dans la première étape, (Mouawad, 2010) propose d'analyser chaque processus clé et d'identifier les modes de défaillances de ses activités. L'objectif de cette étape est de regrouper en classes toutes les défaillances possibles : défaillances complètes, défaillances partielles, défaillances intermittentes, défaillances temporelles.

Dans la deuxième étape, (Mouawad, 2010) propose d'identifier les causes possibles, humaines ou matérielles, des modes de défaillances. Ces causes possibles peuvent être liées principalement aux informations et à leurs caractéristiques, à des contraintes externes ou à des phénomènes parasites.

Dans la troisième étape, (Mouawad, 2010) propose d'identifier les conséquences d'un mode de défaillances d'une activité et de mesurer la gravité de ses effets sur les processus de l'entreprise et sur son environnement extérieur.

Dans la dernière étape de cette phase 3, (Mouawad, 2010) propose d'évaluer la criticité de chaque activité du processus définie selon la norme Afnor [NF X 50-400, 1994].

Cette criticité sera définie par la formule suivante:

Criticité (C) = Gravité (G) x Probabilité d'apparition de la défaillance (F) x Probabilité de non-détection de la défaillance (D).

Pour la gravité des conséquences d'une défaillance, l'estimation des probabilités d'apparition et de non-détection des modes de défaillance, il existe plusieurs échelles de notations envisagées dans ce type d'analyse : des échelles de notes allant de 1 à 10 permettent d'envisager des niveaux de défaillances très fins. Dans le cadre de ses travaux, (Mouawad, 2010) a préconisé que la gravité ainsi que les probabilités de d'apparition et de non détection d'un dysfonctionnement soient évaluées selon le mode de pondération des matrices QFD : une échelle du type 1,3,9 pour respectivement, faible, important et très important.

Les activités les plus importantes peuvent alors faire l'objet de mesures préventives en proposant des solutions d'amélioration de leur fonctionnement. Cela peut se faire également en améliorant les possibilités de détection ou en proposant des solutions ou actions correctives applicables en

cas de dysfonctionnement. Ces actions préventives et/ou correctives seront conçues en fonction du caractère majeur ou mineur de la criticité et de l'importance des processus auxquels elles contribuent. Cela permet de mieux cibler et planifier les efforts de conduite du changement en commençant par réorganiser les activités clés de l'entreprise.

Pour calculer l'importance de chaque activité Act_j , (Mouawad, 2010) propose de calculer son poids w_j correspondant à la somme de ses paramètres de criticité c_{ij} pondérée par le poids u_i de chaque processus Pro_i .

$$w_j = \sum_{i=1}^n u_i * c_{ij}$$

En rassemblant tous les paramètres calculés ou estimés sous une forme matricielle, on cherche dans cette étape à disposer du maximum d'informations. La matrice obtenue favorise la compréhension et la détermination des relations entre les caractéristiques des processus clés de l'entreprise (colonne gauche de la matrice) et les caractéristiques des activités de l'entreprise (ligne du haut).

		Activités					
Processus clés	Pondération des processus	Act ₁	Act ₂	...	Act _j	...	Act _m
Pro ₁	u ₁	c ₁₁	c ₂₁	...	c _{j1}	...	c _{m1}
Pro ₂	u ₂	c ₁₂	c ₂₂	...	c _{j2}	...	c _{m2}
...
Pro _i	u _i	c _{1i}	c _{2i}	...	c _{ji}	...	c _{mi}
		
Pro _n	u _n	c _{1n}	c _{2n}	...	c _{jn}	...	c _{mn}
	$w_j = \sum_{i=1}^n u_i * c_{ij}$	w ₁	w ₂	...	w _j	...	w _m

Le tableau ci-dessous résume les notations utilisées dans cette matrice.

Pro _i	i ^{ème} processus de l'entreprise, 1 ≤ i ≤ n
u _i	Poids attribué au processus Pro _i
Act _j	j ^{ème} activité, 1 ≤ j ≤ m
c _{ij}	Niveau de criticité de l'activité i dans la réalisation du processus j. Ce paramètre

	mesure l'intensité de l'effet des caractéristiques des activités de l'entreprise sur les la performance des processus : Elle peut être forte, moyenne ou faible
w_j	Le poids de l'activité Act_j sur la performance des processus
n	Le nombre de processus
m	Le nombre d'activités retenues

3.2.3.1 Analyse des corrélations entre activités

Les activités identifiées sont parfois indépendantes les unes des autres. Mais, il peut également exister entre elles des corrélations. On considérera qu'une corrélation positive entre deux activités peut signifier une forte interaction alors qu'une corrélation négative peut signifier une incompatibilité ou une contradiction qui nécessite la recherche d'un compromis.

Le résultat de cette étape est représenté sous forme d'une matrice triangulaire (au-dessus de la ligne des activités), comme dans la phase précédente, pour indiquer le sens et le degré de la corrélation entre les activités.

3.2.4 Phase 4 : Détermination des caractéristiques organisationnelles

Après la phase de caractérisation, de cartographie et de hiérarchisation des processus qui permet d'identifier les flux d'information à travers la structure organisationnelle de l'entreprise et une phase d'analyse et de reconfiguration de activités des processus clés, (Mouawad, 2010) propose une phase de caractérisation de la structure organisationnelle de l'entreprise en 4 étapes (

Figure 14). Ces caractéristiques aideront à former la structure de l'entreprise en termes de départements supports des processus clés.

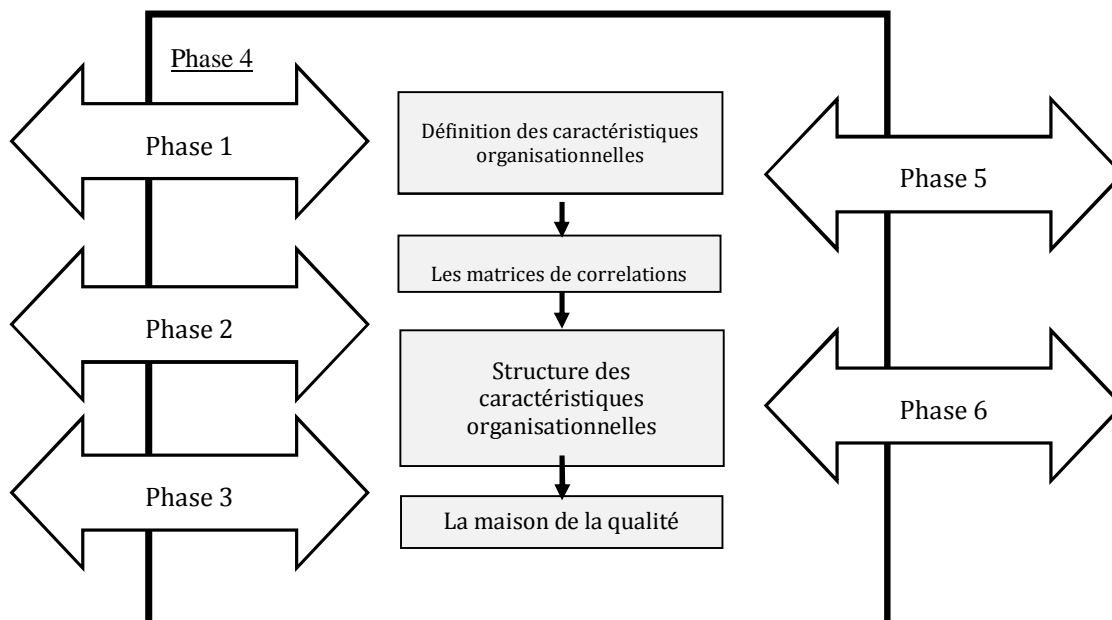


Figure 14 : Les étapes de la quatrième phase d'analyse (Mouawad, 2010)

3.2.5 Phase 5 : Identification des procédures d'exécution

Les objectifs de performance de l'entreprise sont déployés en termes de caractéristiques de processus dans la phase 1. Ces caractéristiques deviennent organisationnelles dans la phase 4. La phase 5 de la démarche proposée dans (Mouawad, 2010) permet de définir les moyens, les méthodes de travail ainsi que les procédures d'exécution des solutions en 7 étapes (Figure 15).

Ici, on traduit les caractéristiques organisationnelles définies précédemment en une liste définissant les procédés et les opérations nécessaires à l'exécution des changements (les solutions préventives). Lors de cette phase, les principales tâches à réaliser sont les suivantes : identification des paramètres critiques des procédures, choix des procédés, identification des paramètres de l'entreprise ainsi que les moyens de mesures nécessaires. Les informations ainsi recueillies doivent permettre d'établir des points de contrôle pour chaque procédure.

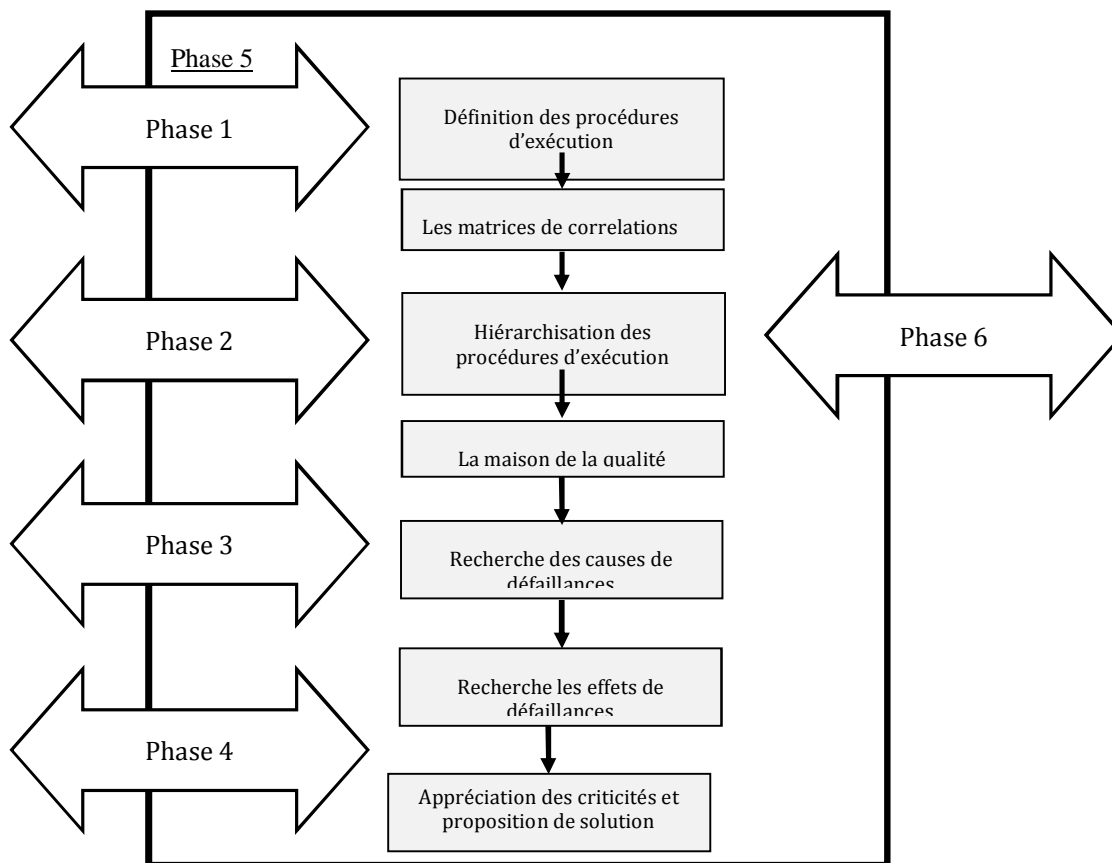


Figure 15 : Les étapes de la cinquième phase d'analyse

3.2.6 Phase 6 : Le contrôle de qualité

Cette 6^{ème} phase de la démarche proposée dans (Mouawad, 2010) permet de définir et hiérarchiser des indicateurs de performance et des critères de contrôle et de suivi des activités à partir des procédures d'exécution définies dans la phase 5 (Figure 16).

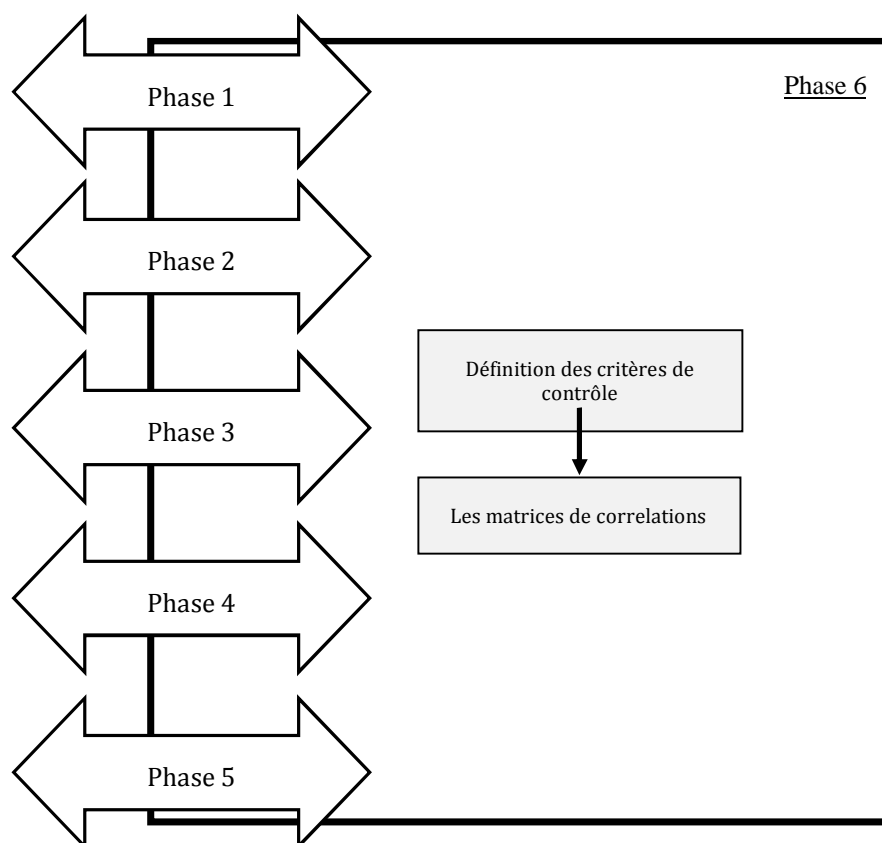


Figure 16 : Les étapes de la sixième phase d'analyse

3.3 Conclusion et perspectives

La démarche proposée dans (Mouawad, 2010) est une réponse partielle aux problèmes rencontrés dans la conduite du changement induit par la mise en œuvre d'un ERP. Elle amplifie la capacité du consultant et l'équipe de travail à prendre des décisions lors de cette phase. Elle aide et guide le consultant à centrer son travail sur ce qui est prioritaire dans le processus de changement à travers la « mesure » de l'importance des processus à analyser, des procédures d'exécution et des critères d'évaluation.

Cette démarche inspirée de la méthode QFD permet d'assurer le déploiement des objectifs de performance de l'entreprise lors de l'implantation d'un ERP. Elle permet d'apporter une réponse précise en relation avec les objectifs de performance de l'entreprise. Elle permet également une gestion préventive, plutôt que corrective du changement en réduisant le nombre de défauts dès la conception de l'organisation et en diminuant les corrections coûteuses.

La démarche proposée présente un caractère qualitatif basé sur l'avis du consultant et l'équipe de gestion du projet. Elle suppose toutefois de bien comprendre les objectifs de performance de l'entreprise et préciser les compromis nécessaires. Il faut également avoir des équipes multifonctionnelles constituées de personnes issues de différents services, ayant l'expérience pertinente et la motivation nécessaire.

Notre démarche peut aussi être considérée comme une méthode quantitative basée sur l'évaluation des contributions des solutions envisagées sur les objectifs de performance de l'entreprise. Cette démarche apporte un gain substantiel sur l'évolution du projet et sur les actions et les risques qui peuvent apparaître dans les phases ultérieures de réorganisation de l'entreprise. Elle favorise la collaboration et le travail en équipes sur plusieurs processus. Elle

peut être considérée comme une composante fondamentale de la qualité totale. Elle prend en compte toutes les attentes d'une entreprise « cliente » du point de vue d'un consultant. Elle attribue aux membres du personnel des objectifs identifiés, justifiés et « coordonnés ». Cette méthode permet une analyse des défaillances qui peuvent causer un dysfonctionnement ou un effet négatif sur les processus de l'entreprise et facilite la conception de solutions et leur validation a priori pour assurer le bon fonctionnement et la fiabilité des processus.

Pierre Mouawad a testé la démarche proposée en tant que consultant dans un projet de mise en place d'un ERP au sein de la société « *Raissy Construction Co. Ltd* », une entreprise saoudienne qui réalise des projets dans le secteur de l'électromécanique.

Le projet de la société « *Raissy Construction Co. Ltd* » n'est évidemment pas un cas dont la représentativité permettrait de valider entièrement la démarche proposée dans (Mouawad, 2010). Une telle validation nécessiterait que la démarche soit appliquée sur un grand nombre de cas concrets dans des entreprises et des secteurs d'activités différents. Cependant, le cas « *Raissy Construction Co. Ltd* » a permis de démontrer la faisabilité de la méthode proposée, son caractère opérationnel, ses avantages et ses limites.

Il est également important de savoir que le déploiement de la démarche ne peut se faire que de façon sélective. En passant d'une étape à l'autre, nous ne nous intéressons qu'à ce qui est important ou difficile à réaliser. Si le déploiement était appliqué de façon systématique à toutes les caractéristiques d'un projet de réorganisation d'une entreprise, le nombre et la taille des matrices à traiter seraient trop importants pour permettre de réaliser un travail efficace.

(Mouawad, 2010) a fait l'objet de plusieurs développements qui portent notamment sur la démarche proposée pour la composition des équipes projets et l'analyse des processus ainsi que la validation de la solution à mettre en œuvre au-delà du périmètre d'une entreprise unique mais d'un réseau dynamique d'entreprises en partenariat dans le cadre de ce qui pourrait être une entreprise « étendue ».

4 Contribution à la constitution d'équipes projet pour la conduite du changement (Khatrouch, 2014)

4.1 Introduction

Le facteur humain est un élément clé de la réussite d'un projet de conduite du changement dans le cadre de l'intégration d'un ERP. Un tel projet constitue un contexte de travail complexe dont les enjeux pour l'entreprise et les collaborateurs sont très importants voire critiques. C'est un environnement qui nécessite la collaboration de personnes issues de différents « métiers », « services » ou « départements » avec des niveaux de compétences très hétérogènes. La formation des équipes dépend de l'environnement interne et externe de l'entreprise et l'expérience de leurs membres a un effet positif sur le changement.

La construction et la sélection des équipes multifonctionnelles est donc une question clé dans la résolution de problèmes. L'objectif de ces équipes est d'analyser les processus de l'entreprise afin d'en identifier les défaillances potentielles et les activités sans valeurs ajoutées afin de proposer des solutions d'amélioration applicables.

Les équipes peuvent avoir plusieurs formats : multidisciplinaires, interdisciplinaires et transdisciplinaires (Carolyn, 1998).

Dans une équipe multidisciplinaire, chaque individu travaille à la réalisation d'un objectif propre à sa discipline ou à son métier et rend compte au groupe de son avancement. Dans une équipe interdisciplinaire, les objectifs sont approuvés collectivement et les contributions des membres sont coordonnées grâce à un plan d'action commun. Dans une équipe transdisciplinaire, non seulement les objectifs sont communs, mais les compétences également.

La construction d'équipes collaboratives est un problème ouvert traité par de nombreuses recherches dans divers domaines du GI et des SHS (Cheatham & Cleereman, 2006), (Liang & Lawrence, 2007), (McAuley, 1972), (Clarysse & Moray, 2004), (Guzzo & Dickson, 1996), (Ratcheva & Vyakarnam, 2001).

Zakarian et Kusiak ont été les premiers à proposer un modèle analytique pour la construction d'équipes multifonctionnelles dans le domaine de l'ingénierie concourante (Zakarian & Kusiak, 1999). Ils s'appuient sur la méthode QFD pour spécifier le produit à concevoir à partir des exigences client. Ils établissent ensuite une relation entre les caractéristiques qualitatives souhaitées et les compétences techniques nécessaires à la conception du produit sous la forme d'une matrice. Enfin, les membres de l'équipe en mesure de fournir la capacité d'ingénierie nécessaire sont sélectionnés grâce à la méthode AHP (Analytical Hierarchy Process).

Chen et Lin ont développé une approche similaire également basée sur une approche AHP, en considérant les niveaux de connaissances, la compatibilité personnelle des individus ainsi que leurs capacités de travail en équipe comme des facteurs principaux de construction de l'équipe (Chen & Lin, 2004). Ils ont utilisé des indicateurs de type Myers-Briggs (Assante, 2012) pour le profilage de la personnalité des individus et la mesure des relations interpersonnelles des membres de l'équipe.

Les auteurs de (Gronau, Froming, Schmid, & Russbuldt, 2006) ont construit une taxonomie des objets de connaissances pour une entreprise sous la forme d'un réseau sémantique de connaissances en utilisant le langage de description et de modélisation des connaissances (KMDL : Knowledge Modeling and Description Language). L'équipe est alors formée en fonction de la distance, dans cette taxonomie, entre les connaissances détenues par une personne et les exigences du projet.

Les auteurs de (Hlaioittinun, Bonjour, & Dulmet, 2007) ont proposé une méthode de regroupement pour la constitution d'équipes pluridisciplinaires où les membres de l'équipe sont caractérisés par un ensemble d'attributs représentant leurs compétences techniques. Des matrices d'incidence sont alors utilisées pour regrouper les tâches et les membres de l'équipe en familles, puis un modèle de programmation linéaire est utilisé pour la sélection finale de l'équipe.

La programmation linéaire a également été utilisée dans (Karsak, 2000) pour sélectionner les personnes à affecter à un projet. Les compétences des candidats sont représentées par des nombres flous et chaque qualification nécessaire au projet est représentée par deux valeurs floues : son niveau requis et son degré d'importance.

Les auteurs de (Strnade & Guid, 2010) proposent un modèle analytique et un algorithme génétique flou pour résoudre le problème de la formation d'une équipe projet. Ils améliorent les approches quantitatives précédentes en prenant en compte le caractère dynamique, évolutif et complexe des attributs personnels ainsi que le traitement de la « surqualification ». Ils améliorent également la flexibilité de la spécification des qualifications requises grâce à un formalisme qui exprime les capacités de l'équipe requises à l'aide de descripteurs flous.

De nombreux autres algorithmes ont été développés dans le domaine de la construction du groupe. On peut citer le « single bond-energy algorithm » (BEA) (Mc Cormick, Schweitzer, & White, 1972), le "rank order clustering algorithm" (ROC) (King, 1980), le « cluster identification algorithm » (Kusiak & Chow, 1987), le "assignment allocation algorithm" (Adil, Rajamani, & Strong, 1997), le « branch and bound » (Mahesh, Eui-Hong, George, & Vipin, 2002) et enfin l'algorithme de Sahin (Sahin, 2011).

4.2 Construction d'équipes projets pour la conduite du changement (Mouawad, 2010)

La question de la construction d'équipes a été abordée dans (Mouawad, 2010) sous l'angle de la constitution des équipes projet capables de réaliser le changement dans l'entreprise et d'assurer l'adéquation du modèle cible de l'entreprise avec celui de l'ERP dans le cadre d'une démarche générale qui sera présentée au chapitre suivant. Sa démarche s'inscrit dans le contexte du « Team building » définie comme le processus de construction d'équipes optimisées considérées comme un groupe de professionnels de différentes disciplines qui travaillent dans un but commun.

P. Mouawad (Mouawad, 2010) s'est inspiré des travaux décrits dans (Chen & Lin, 2004) pour proposer une approche analytique pour l'optimisation de la formation et de la sélection des équipes multifonctionnelles capables de prendre en charge la conception et l'analyse de nouveaux processus basée sur une combinaison des approches AHP et QFD. L'objectif principal de sa démarche est d'identifier un ensemble d'équipes de travail compétentes et capables de superviser l'implémentation d'un ERP et plus précisément dans la phase de conception et de conduite du changement. Ces équipes auront pour mission de faire l'analyse des processus de l'entreprise et de proposer leur réorganisation. Leurs membres devront avoir les compétences pour couvrir l'ensemble des activités des processus à évaluer. Ils seront choisis parmi les membres du personnel en poste dans l'entreprise qui en comprennent bien le fonctionnement, les points faibles et les points forts.

P. Mouawad propose de positionner les équipes dans une structure organisationnelle de type « Projectized and Strong Matrix » (PMI, 2008) comme le montre la Figure 17.

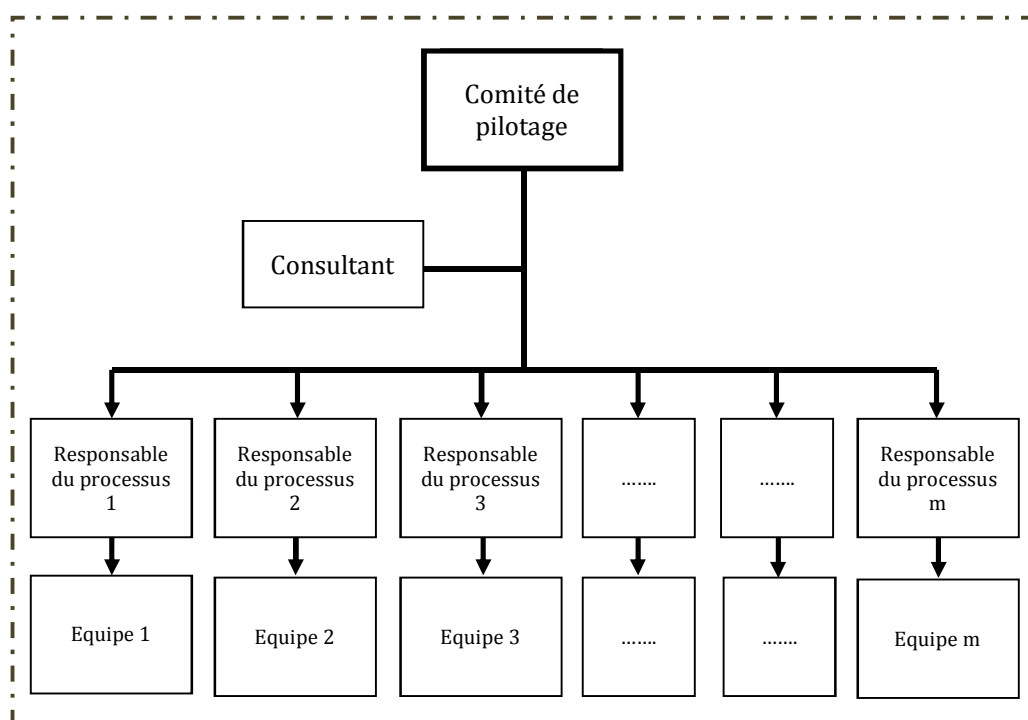


Figure 17 : Les acteurs de la démarche (inspirée de (Hammer & Champy, 1993))

Chaque « nœud » de cet organigramme a une attribution spécifique qui dépendra du niveau d'avancement de la phase de conception du changement. Le Tableau 1, ci-dessous, décrit 5 attributions :

- P : Responsabilité primaire
- S : Support et participation à l'effort
- R : Réviser les résultats et donner les commentaires
- A : Ratifier les résultats et prendre une décision sur la démarche
- I : Pour information

Tableau 7 Le rôle des acteurs (Mouawad, 2010)

N°		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6
1	Le consultant	P	P	P	S6A	S6A	A
2	Comité de pilotage				S-R	S-R	S-R
3	Les responsables des processus				P	S	S
4	Equipe de travail		S		P-S	P	S

Nous proposons dans (Mouawad, 2010) de constituer les équipes projets en 4 étapes (Figure 18). Dans chacune de ces quatre étapes, un modèle d'optimisation permet de sélectionner la « meilleure » combinaison des équipes de travail en tenant compte des niveaux de compétence des membres potentiels.

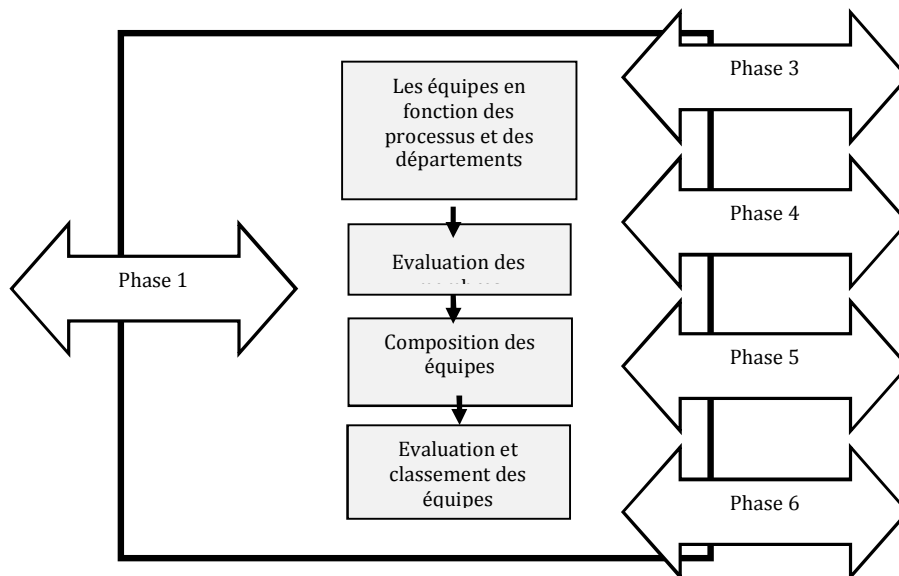


Figure 18 : Les étapes de la phase de construction des équipes projets

Dans la première étape, on définit pour chaque processus à traiter dans le cadre du projet ERP, la composition de l'équipe à mettre en place en termes d'effectifs appropriés en fonction des métiers requis et des départements concernés. Les équipes potentielles sont ensuite constituées en choisissant les membres dont certaines compétences ainsi que leurs niveaux de compréhension du processus à traiter ont été évalués. Une fois constituées, ces équipes sont évaluées pour déterminer celle qui sera la plus « efficace » pour chaque processus.

4.2.1 Les équipes en fonction des processus et départements

L'implantation d'un ERP engendre des transformations importantes sur les processus et sur la structure de l'organisation. Cela exige de composer des équipes de travail en fonction des processus clés à reconfigurer et des départements de l'entreprise. En effet, l'organisation fonctionnelle des entreprises est généralement divisée en groupes départementaux où chaque groupe a ses propres processus (processus verticaux) qui sont, le plus souvent, intégrés à d'autres processus (processus horizontaux).

Pour chaque processus clés, il faut définir la structure des équipes de travail à composer : le nombre de ses membres, les spécialités et les compétences techniques requises. Il faut également identifier les départements impliqués dans le processus à traiter afin qu'ils proposent des candidats potentiels pour constituer une équipe de travail multidisciplinaire.

4.2.2 Evaluation des membres du personnel

L'aptitude des membres du personnel à participer au projet doit être évaluée. Cette évaluation est une étape très importante avant de constituer les équipes de travail. Elle portera sur des critères comme l'attitude, le comportement, la capacité de raisonner analytiquement lors de l'évaluation. Il faudra également prendre en compte la compréhension du processus par les membres potentiels d'une équipe et leur capacité à le mettre en place.

Il est préconisé dans (Mouawad, 2010) de mener l'évaluation des compétences (C) des membres du personnel (M) issus des départements (D) concernés en menant des entretiens individuels qui peuvent permettre d'identifier et d'évaluer le comportement, l'attitude, et les compétences de chacun et, de fait, l'impact de sa participation au changement. Par exemple, est-ce que cette personne est capable de guider ou d'être un membre d'une équipe de travail ? Est-ce qu'elle est capable d'accepter la différence de rémunération avec d'autres membres, l'acceptation de différences d'entreprises dans une seule équipe ? Est-ce qu'elle a des compétences qui lui permettent d'apporter des changements sur les activités ? Est-ce qu'elle peut aider à minimiser la résistance au changement des autres personnes et peut remplir la place des autres personnes ? Est-ce que sa place dans les processus est très critique ou non ? Est-ce qu'elle comprend bien le système ? Son fonctionnement ? Est-ce qu'elle est capable d'analyser une situation, et de prendre une décision à temps ?

Tableau 8 : Evaluation des membres du personnel

Membres	Evaluation des membres				Score moyen des membres
	C_1	\vdots	C_j	\vdots	
M_1	a_{11}	\vdots	a_{1j}	\vdots	\tilde{a}_1
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	
M_i	a_{i1}	\vdots	a_{ij}	\vdots	\tilde{a}_i
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	

- M_i est le $i^{\text{ème}}$ personnel de l'entreprise associée au projet, $1 \leq i \leq z$ (z est le nombre de personnes qui peuvent être associées au projet)
- C_j est le $j^{\text{ème}}$ Critère d'évaluation des personnels, avec $1 \leq j \leq y$ (y est le nombre de critères pris en compte)
- a_{ij} mesure le niveau de la compétence C_j pour le membre M_i
- \tilde{a}_i mesure le niveau de compétence moyen pour le membre M_i . Il correspond à la moyenne arithmétique des a_{ij} .

4.2.3 Evaluation et classement des équipes de travail

Pour que le consultant puisse réussir sa mission, il doit travailler avec des équipes autonomes, compétentes, capables de réaliser le changement. Après avoir évalué les membres du personnel

pour sélectionner les plus compétents, nous abordons l'étape consacrée à la constitution des équipes de travail.

Une fois évalués, les membres d'un même département sont classés afin d'identifier ceux qui sont les plus aptes à intégrer une équipe de travail et à participer au projet. Il peut donc y avoir plusieurs candidats possibles issus d'un même département (et/ou domaine fonctionnel), et par conséquent plusieurs combinaisons sont possibles. Pour chaque processus e_i , il faut choisir parmi les n_i équipes e_{ij} (avec $1 \leq j \leq n_i$) potentielles, la « meilleure ».

Tableau 9 : Composition des équipes de travail ()

	Départements de l'entreprise				
Equipes	M_1	M_2	\vdots	M_k	\vdots
e_{11}			\vdots	a_{11}^k	\vdots
\vdots			\vdots		\vdots
e_{ij}			\vdots	a_{ij}^1	\vdots
\vdots			\vdots		\vdots
\vdots			\vdots	\vdots	\vdots

- e_i et le $i^{\text{ème}}$ processus clé de l'entreprise, $1 \leq i \leq m$ (m est le nombre de processus)
- e_{ij} et la $j^{\text{ème}}$ équipe possible pour le processus i , avec $1 \leq j \leq n_i$ (n_i est le nombre d'équipes en mesure de prendre en charge le processus i noté e_i)
- $a_{ij}^k = 1$ si l'employé M_k est dans l'équipe e_{ij} , sinon $a_{ij}^k = 0$

La performance de chaque équipe est alors calculée en fonction de la capacité de ses membres à mettre en œuvre les caractéristiques d'un processus. Cependant, cette performance liée aux compétences des membres d'une équipe potentielle n'est pas suffisante. On pourra préférer une équipe dont le niveau de compétence moyen est légèrement plus faible mais présentant une meilleure cohésion et homogénéité et un meilleur niveau d'autonomie pour atteindre les objectifs. Cette évaluation sera de la responsabilité des membres du comité de pilotage dont chaque membre k attribuera un niveau de performance e_{ij}^k à chaque équipe de travail e_{ij} susceptible de prendre en charge le processus e_i . On pourra alors calculer une performance moyenne \bar{e}_{ij} pour chaque équipe et proposer une combinaison $\{\bar{e}_{ij}\}$ (avec $\bar{e}_{ij} = j$ si l'équipe e_{ij} a été choisi pour le processus e_i). Cette combinaison est associée à un « vecteur de performance » $\{\bar{e}_{ij}\}$ qui permet de calculer une performance globale $P\{\bar{e}_{ij}\}$ avec :

$$P\{\bar{e}_{ij}\} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} u_i \bar{e}_{ij} x_{ij}$$

Où :

- u_i représente le poids du processus e_i pour l'ensemble (m étant le nombre de processus traités)
- e_{ij} est la performance moyenne de l'équipe e_{ij}
- $x_{ij}=1$ si l'équipe e_{ij} est choisie pour le processus e_i et $x_{ij}=0$ sinon.
- n_i est le nombre d'équipe possible pour le processus e_i

Pour choisir la meilleure combinaison d'équipes on pourra sélectionner celle qui maximise la performance $P\{e_{ij}\}$ et qui tient compte de la contrainte concernant les affectations des membre du personnel à une équipe au maximum. La combinaison $\{e_{ij}\}$ qui sera retenu sera celle pour laquelle on aura :

$$P = \text{Max} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} u_i e_{ij} x_{ij} \right)$$

$$\text{Et } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij}^k x_{ij} \leq 1 \text{ avec } 1 \leq k \leq z \text{ (z est le total des membres du personnel éligible au projet)}$$

La performance technique de l'équipe projet est un élément clé de la qualité et de la maîtrise des risques du projet. Mais un projet ERP est également un environnement profondément humain. Chaque membre de l'équipe projet est un individu avec sa personnalité, sa logique, ses intérêts et son propre point de vue avec parfois des conflits avec les autres individus. L'ensemble de ces individus constitue l'équipe projet dont la performance et les résultats dépendent du degré de coordination et des efforts de chacun des membres.

Un travail de construction d'équipes efficaces est plus qu'un simple regroupement d'individus travaillant ensemble. Une équipe de projet efficace ne se construit pas spontanément, elle se construit sur une certaine période de temps et elle est composée de membres qui n'ont pas seulement des compétences fonctionnelles dans leurs domaines respectifs, mais qui ont aussi des aptitudes et une appétence à travailler ensemble sur des problèmes transversaux et sont en mesure de prendre les décisions qui entraînent les meilleurs résultats pour le projet.

Sélectionner une équipe revient à choisir la bonne équipe avec le bon leader. Il convient donc d'aller au-delà des critères techniques retenus par (Mouawad, 2010) et prendre en compte des critères de préférence et de compatibilité des caractères des membres de l'équipe.

Le paragraphe suivant présente la démarche proposée dans (Khatrouch, 2014) pour répondre à cette exigence de prise en compte des critères de préférence et de compatibilité des caractères des membres d'une équipe projet multidisciplinaire.

4.3 Démarche intégrée de construction et de sélection d'équipes multidisciplinaires (Khatrouch, 2014)

Ikram Khatrouch a développé dans (Khatrouch, 2014) une approche d'aide à la constitution et aux choix des équipes multidisciplinaires. Nous proposons de construire, dans un premiers temps, des équipes projets multidisciplinaires (ou multi métiers) puis de sélectionner celle qui répond le mieux aux exigences techniques du processus clé à mettre en œuvre (Figure 19).

La première phase permet de construire des équipes multidisciplinaires en prenant en compte le profil « métier » de chaque membre d'une équipe potentielle, mais également ses préférences en termes de collaboration avec les autres membres de son équipe en adaptant l'algorithme de (Sahin, 2011).

La seconde phase de la démarche de (Khatrouch, 2014) s'appuie sur la méthode AHP et s'inspire des méthodes de calcul de similarité pour proposer un outil d'aide à la sélection de l'équipe la

plus « performante », parmi l'ensemble des équipes potentielles construites dans la première phase.

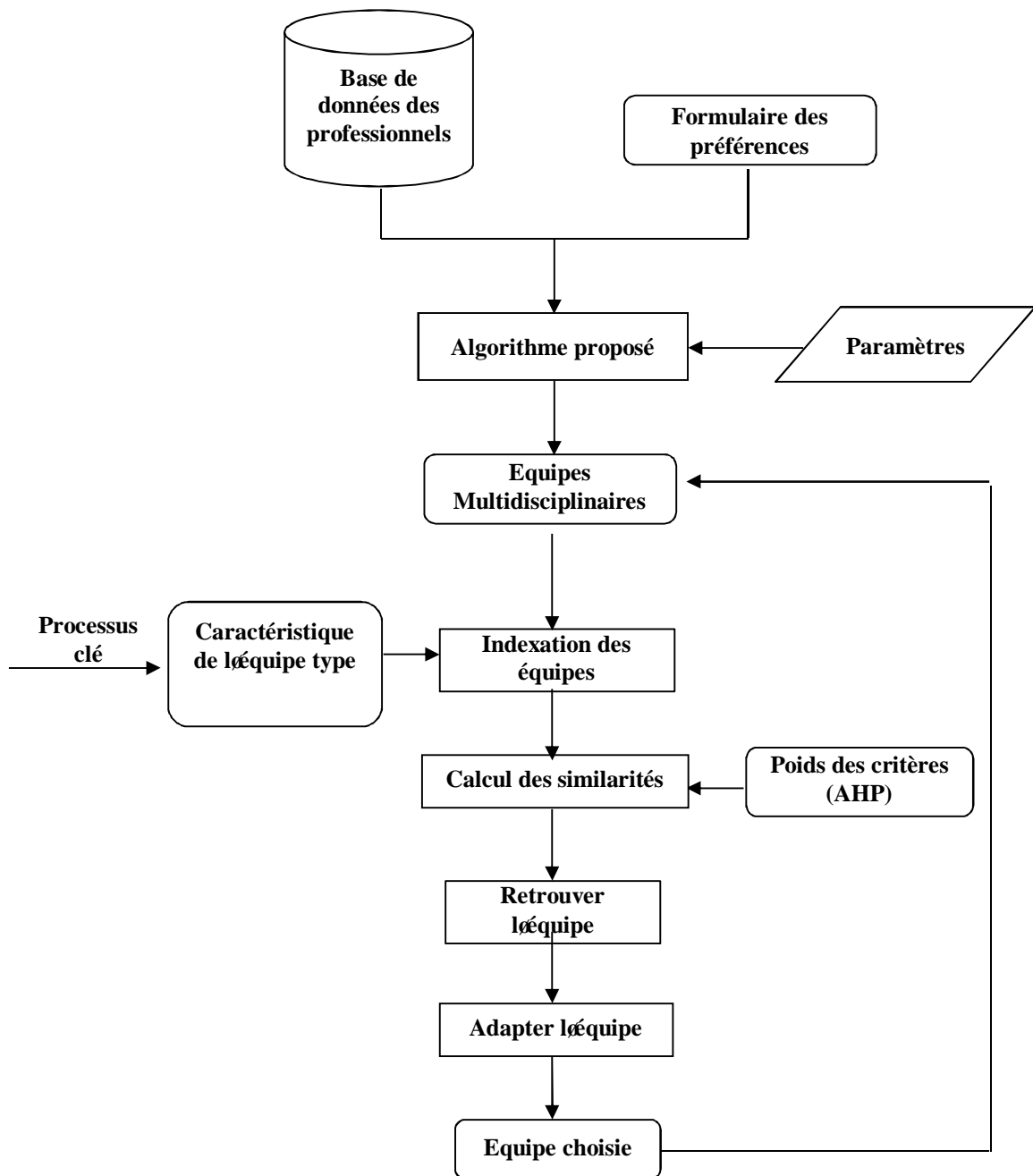


Figure 19 : Démarche de construction et de sélection d'équipes multidisciplinaires (Khatrouch, 2014)

4.3.1 Phase 1 : Construction des équipes pluridisciplinaires

La méthode de construction d'équipes multidisciplinaires proposée par (Khatrouch, 2014) est composée de 2 étapes :

4.3.1.1 Première étape : Saisie des formulaires de préférence et Construction de la matrice de préférence

Au démarrage du projet, chaque membre du personnel présélectionné (le « proposeur ») est invité à renseigner un formulaire pour « quantifier », sur une échelle de 1 à 6, sa préférence de collaboration avec les autres membres du personnel présélectionnés dans le cadre d'un projet (les « accepteurs ») : 1 étant le niveau de préférence le plus élevé et 6 le plus faible.

Pour illustrer notre propos et le simplifier, nous allons considérer que les équipes doivent regrouper des « logisticiens » (L), des « contrôleurs de gestion ou gestionnaires » (G) et des « qualitiens » (Q)

Nom du « proposeur » :					
Identifiant du « proposeur » :					
Métier du « proposeur » :					
Logisticiens	Ordre de Préférence	Gestionnaires	Ordre de Préférence	Qualitiens	Ordre de Préférence
L ₁		G ₁		Q ₁	
L ₂		G ₂		Q ₂	
...		
L _i		G _i		Q _i	
...		
L _n		G _n		Q _n	

Tableau 10 : Formulaire des préférences

Les formulaires de préférence sont intégrés dans une matrice des préférences par « blocs métiers » avec les « proposeurs » en lignes et les « accepteurs » en colonnes. Un « proposeur » P_i aura alors une préférence M_{ij} pour l'« accepteur » A_j .

Accepteur/ Proposeur		Logisticiens			Gestionnaires			Qualitiens		
		L1	L2	L3	G1	G2	G3	Q1	Q2	Q3
Logisticiens	L1	0	1	*	*	2	3	*	5	4
	L2	3	0	*	1	6	4	2	5	*
	L3	2	3	0	*	1	4	5	*	*
Gestionnaires	G1	1	4	3	0	*	*	*	2	*
	G2	3	2	1	*	0	*	*	4	5
	G3	3	4	*	*	*	0	*	1	2
Qualitiens	Q1	2	1	3	5	4	*	0	*	*
	Q2	1	*	2	5	3	4	*	0	*
	Q3	3	4	5	1	6	2	*	*	0

Tableau 11 : Exemple de matrice de préférences

La construction de la matrice de préférences est basée sur deux hypothèses :

- Hypothèse 1. Si un professionnel (proposateur) n'a pas rempli le formulaire, Il doit accepter par la suite d'être membre de n'importe quelle équipe sans se « plaindre ». Ainsi, les rangs de ces « proposeurs » dans la matrice sont remplis de 1 (le niveau de préférence la plus élevée) pour chaque « accepteur »
- Hypothèse 2. Si un professionnel ne donne pas de niveau de priorité à certains accepteurs, il est alors admis que tous ces accepteurs ont un même le niveau de priorité plus faible que le dernier niveau de priorité donné par le « proposeur ».

La matrice des préférences ci-dessus sera alors complétée :

Accepteur/ Proposeur		Logisticiens			Gestionnaires			Qualiticiens		
		L1	L2	L3	G1	G2	G3	Q1	Q2	Q3
Logisticiens	L1	0	1	<u>6</u>	<u>6</u>	2	3	*	5	4
	L2	3	0	<u>6</u>	1	6	4	2	5	<u>6</u>
	L3	2	3	0	<u>6</u>	1	4	5	<u>6</u>	<u>6</u>
Gestionnaires	G1	1	4	3	0	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	2	<u>5</u>
	G2	3	2	1	<u>6</u>	0	<u>6</u>	<u>6</u>	4	5
	G3	3	4	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	0	<u>5</u>	1	2
Qualiticiens	Q1	2	1	3	5	4	<u>6</u>	0	<u>6</u>	<u>6</u>
	Q2	1	<u>6</u>	2	5	3	4	<u>6</u>	0	<u>6</u>
	Q3	3	4	5	1	6	2	<u>6</u>	<u>6</u>	0

Tableau 12 : Exemple de matrice de préférences complétée

Lorsque la matrice de préférence est réalisée, elle est transformée en matrice triangulaire inférieure en additionnant les préférences M_{ij} et M_{ji} des couples (P_i, A_j) et (P_j, A_i) .

Accepteur/ Proposeur		Logisticiens			Gestionnaires			Qualiticiens		
		L1	L2	L3	G1	G2	G3	Q1	Q2	Q3
Logisticiens	L1	0								
	L2	4	0							
	L3	8	10	0						
Gestionnaires	G1	7	5	9	0					
	G2	5	8	2	11	0				
	G3	6	8	9	10	11	0			
Qualiticiens	Q1	8	3	8	10	10	11	0		
	Q2	6	11	8	7	7	5	12	0	
	Q3	7	11	11	6	11	4	12	12	0

Tableau 13 : Exemple de matrice de préférences transformée

4.3.1.2 Deuxième étape : Algorithme de construction des équipes

L'algorithme proposé par (Khatrouch, 2014) pour la composition d'équipes multidisciplinaire est relativement simple. Il a été développé sur une plateforme Java avec Eclipse. Il s'inspire des algorithmes de (Sahin, 2011) et de (Prim, 1957).

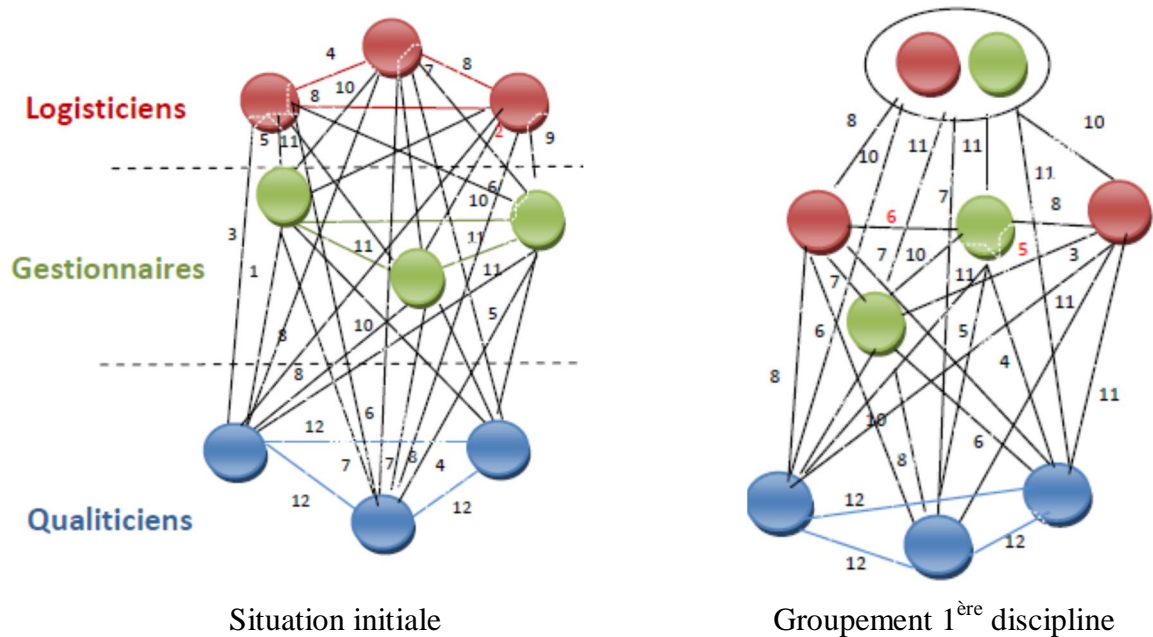
Tout d'abord, nous commençons par parcourir tous les éléments de la première discipline afin de trouver les deux groupes (au départ, chaque individu est considéré comme un groupe) qui ont le minimum de poids entre eux (maximum de préférence).

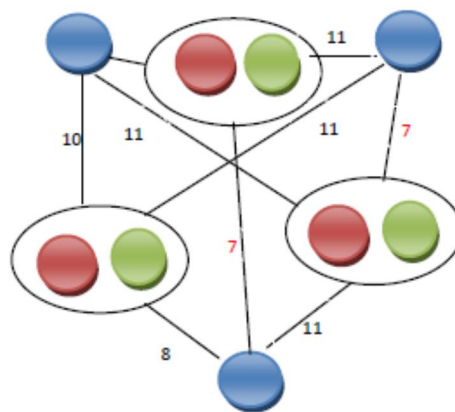
L'algorithme propose ensuite de fusionner ces deux groupes si le nombre des membres avec cette première discipline est inférieur au nombre maximum autorisé pour un groupe projet. Une nouvelle matrice triangulaire avec de nouvelles pondérations est alors construite. Si la fusion des 2 groupes n'est pas possible, une valeur négative est insérée dans la matrice des préférences.

Cette étape répétée jusqu'à ce que toutes les valeurs des poids de la matrice soient négatives. Lorsque, cette première phase est terminée et qu'il n'est plus possible de créer un nouveau groupe en utilisant la première discipline, les individus de la deuxième discipline sont ajoutés.

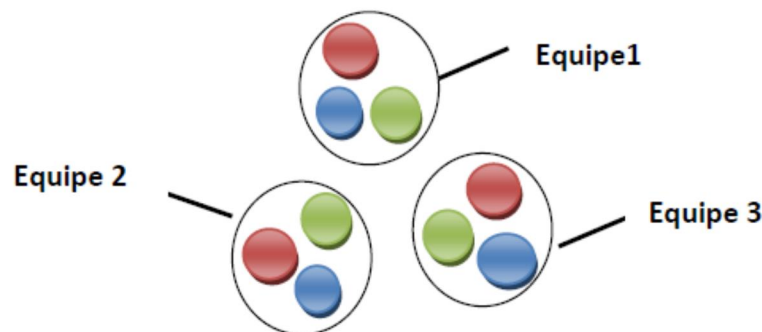
La procédure de fusion des groupes est répétée jusqu'à « épuisement » des membres de cette deuxième discipline. Le même travail est répété jusqu'à ce que toutes les disciplines aient été prises en compte.

Le pseudocode de cet algorithme est présenté dans (Khatrouch, 2014). La Figure 20 ci-dessous illustre sa mise en œuvre sur notre exemple pour constituer des équipes de 3 membres : 1 logisticien, 1 gestionnaire et qualicien.





Groupement 2^{nde} discipline



Résultats final avec 3 équipes potentielles

Figure 20 : Exemple d'application de l'algorithme de constitution d'équipes multidisciplinaires (Khatrouch, 2014).

4.3.2 Phase 2 : Sélection des équipes

Pour la sélection des équipes (Khatrouch, 2014) a développé une procédure en 4 étapes pour aider le consultant et le comité de pilotage à trouver l'équipe la plus approprié pour chaque processus clé du projet.

4.3.2.1 Indexation des équipes

Dans le travail de (Khatrouch, 2014), nous associons à chaque équipe définie par l'algorithme de sélection basé sur les préférences un vecteur de 4 attributs :

- Le temps (T) : La capacité à respecter les délais.
- La compétence (Ct) : Le niveau de compétence technique
- La communication (Co) : Le niveau de communication
- Le risque (R) : la capacité à gérer des processus critiques

La solution est représentée par la meilleure équipe qui satisfait exactement les besoins du projet et les préférences des décideurs.

La première étape consiste donc à définir pour chaque processus clé les exigences du consultant et du comité de pilotage en termes de caractéristiques de l'équipe projet « idéale ».

Les équipes potentielles sont évaluées par les décideurs selon ces 4 critères et l'équipe qui sera sélectionnée à la fin du processus sera celle qui satisfera au mieux leurs exigences.

4.3.2.2 Calcul du poids des critères par la méthode AHP

La deuxième étape du processus de sélection d'une équipe met en œuvre la méthode AHP pour déterminer le poids relatif de chacun des 4 critères retenus en fonction de son importance. Nous pourrions alors calculer un « degré de similarité » qui mesure le niveau de correspondance entre les caractéristiques des équipes potentielles et les exigences des décideurs.

Les décisions prises à l'aide de l'AHP se font en deux phases séquentielles : la conception de la hiérarchie, qui consiste à décomposer le problème en une hiérarchie d'éléments de décision interdépendants (le but et les critères d'évaluation) et l'évaluation de la hiérarchie, qui consiste à calculer les poids des critères et les préférences pour déterminer les priorités des alternatives (Saaty, 1984).

Nous mettons donc en place la hiérarchisation décisionnelle dans un premier temps en décomposant le problème en une hiérarchie des éléments de décision interdépendants, comme un arbre contenant l'objectif global au sommet (choix de l'équipe), avec plusieurs niveaux de critères et sous-critères (les 4 critères ci-dessus) et les alternatives en bas de l'arbre (les différentes équipes possibles) (Figure 21).

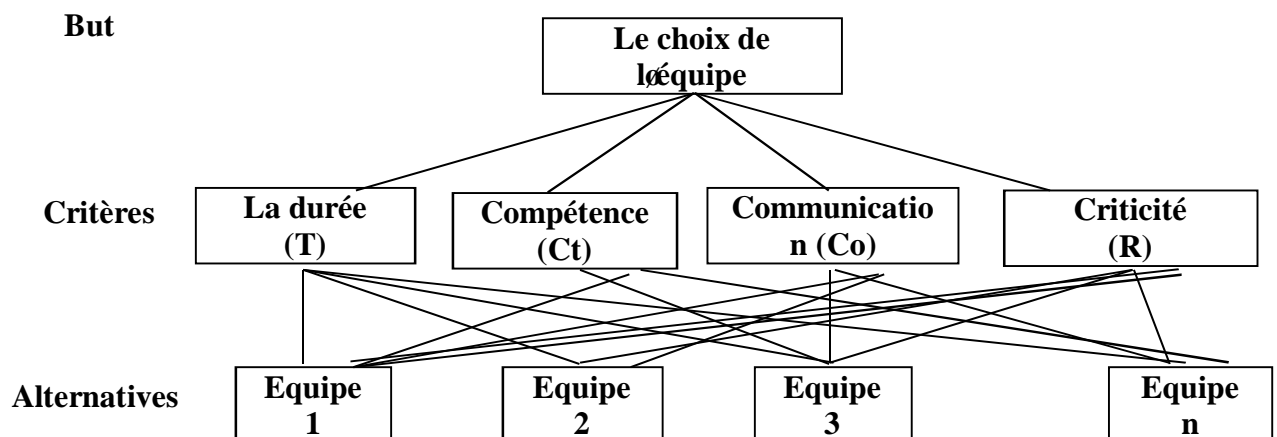


Figure 21 : La structure AHP pour les choix des équipes

Nous mettons ensuite en œuvre la collecte des données à saisir par les comparaisons par paires des éléments de décision (les critères) grâce à un questionnaire adressé aux décideurs. Les valeurs attribuées dans cette comparaison sont basées sur une échelle de 1-9, dite échelle de Saaty (Saaty, 1984) (tableau 11).

Les jugements verbaux	L'évaluation numérique
L'égalité des importances	1
Importance modérée de l'un sur l'autre	3
Importance forte de l'un sur l'autre	5
Très forte importance	7
Importance absolue	9
Les valeurs intermédiaires entre les jugements adjacents	2, 4, 5, 8

Tableau 14 : Echelle de comparaison AHP (Saaty, 1984)

Nous arrêtons le processus AHP par l'estimation des poids relatifs aux éléments de décision et la vérification de la cohérence des résultats par le calcul d'un indice de cohérence (IC).

4.3.2.3 Calcul des similarités

La troisième étape de notre démarche permet d'identifier l'équipe projet la plus à même de mener à bien le changement d'un processus clé. Elle sera choisie en fonction de son niveau de « ressemblance » ou de « similarité » avec l'équipe « idéale » (notée E^*) souhaitée par les décideurs.

Dans la démarche proposée, l'équipe « idéale » E^* est caractérisée par ses 4 attributs :

$$\{T^*, C_t^*, C_o^*, R^*\}.$$

Une équipe potentielle candidate E^i sera également caractérisée par ses 4 attributs :

$$\{T^i, C_t^i, C_o^i, R^i\}.$$

Nous proposons de calculer le niveau de similarité globale $\text{Sim}(E^i, E^*)$ de l'équipe E^i et de l'équipe E^* en se basant sur l'approche K-NN (K- plus proches voisins) et les poids W_T , W_{C_t} , W_{C_o} , et W_R (correspondant aux attributs T, C_t , C_o et R) qui ont été calculés en utilisant la méthode AHP :

$$\text{Sim}(E^i, E^*) = W_T * \text{Sim}_T^i + W_{C_t} * \text{Sim}_{C_t}^i + W_{C_o} * \text{Sim}_{C_o}^i + W_R * \text{Sim}_R^i$$

Avec :

- $W_T + W_{C_t} + W_{C_o} + W_R = 1$
- Sim_T^i est le niveau de similarité locale des équipes E^i et E^* par rapport à l'attribut T :

$$\text{Sim}_T^i = 1 - \frac{|T^i - T^*|}{T^{\max} - T^{\min}}$$
 - T^{\max} et T^{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale du critère T de toutes les équipes potentielles
- $\text{Sim}_{C_t}^i$ est le niveau de similarité locale des équipes E^i et E^* par rapport à l'attribut C_t :

$$\text{Sim}_{C_t}^i = 1 - \frac{|C_t^i - C_t^*|}{C_t^{\max} - C_t^{\min}}$$
 - C_t^{\max} et C_t^{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale du critère C_t de toutes les équipes potentielles
- $\text{Sim}_{C_o}^i$ est le niveau de similarité locale des équipes E^i et E^* par rapport à l'attribut C_o :

$$\text{Sim}_{C_o}^i = 1 - \frac{|C_o^i - C_o^*|}{C_o^{\max} - C_o^{\min}}$$
 - C_o^{\max} et C_o^{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale du critère C_o de toutes les équipes potentielles
- Sim_R^i est le niveau de similarité locale des équipes E^i et E^* par rapport à l'attribut R :

$$\text{Sim}_R^i = 1 - \frac{|R^i - R^*|}{R^{\max} - R^{\min}}$$
 - R^{\max} et R^{\min} sont respectivement les valeurs maximale et minimale du critère R de toutes les équipes potentielles

4.3.2.4 Retrouver l'équipe

Dans cette dernière étape, nous disposons de l'ensemble des équipes dont la similarité avec l'équipe « idéale » est la plus élevée. Les décideurs pourront alors sélectionner l'équipe qui leur convient le mieux en l'adaptant éventuellement pour prendre en compte des contraintes ou des critères qui n'auraient pas été explicités (comme la disponibilité des membres, leurs coûts, etc.). L'équipe ainsi constituée, pourra enrichir la base des équipes potentielles.

4.4 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cette partie de notre document deux approches d'aide à la constitution et aux choix des équipes multidisciplinaires.

L'approche proposée dans (Mouawad, 2010) s'inscrit dans notre démarche QFD générale. Elle a été mise en œuvre et a donné de bons résultats sur un cas réel. Cependant, elle ne prend pas en compte un critère important dans la réussite d'un projet de conduite du changement : le facteur humain.

Nous avons proposé dans (Khatrouch, 2014) un modèle générique d'aide à la constitution des équipes multidisciplinaires. Ce modèle est structuré suivant trois grandes phases : la prise en compte des préférences, la construction de la matrice des préférences et l'application de l'algorithme de construction des équipes multidisciplinaires. Ce modèle a été testé sur un ensemble de cas.

Nous avons ensuite abordé la question du choix des équipes pour mener à bien un projet en nous appuyant sur les concepts fondamentaux liés à la théorie de la décision multicritère. Nous avons exploité la méthode AHP et l'approche K-NN pour proposer une démarche d'aide au choix de l'équipe. Notre démarche a été testée à l'Hôpital Habib BOURGUIBA à Tunis et a pu être validée par les décideurs du point de vue de sa facilité d'utilisation et de la qualité des résultats qu'elle donne.

Je souhaiterais enrichir la démarche proposée dans (Khatrouch, 2014) par le développement d'un outil d'aide à la décision qui pourrait être basé sur le Raisonnement à Partir de cas (RàPC) pour aider les décideurs à définir les caractéristiques des équipes idéales par rapport à un projet de réorganisation de processus logistiques globaux internationaux où la stratégie de déploiement du changement doit être adaptée à des utilisateurs finaux dans des « aires culturelles » différentes. La perception humaine des changements doit être prise en compte sur un plan individuel mais également dans un contexte culturel afin d'augmenter l'acceptation des changements et l'adhésion des employés à la nouvelle organisation.

5 Contribution à une gestion proactive de la conduite du changement (Camara, 2009)

5.1 Introduction

La littérature est riche en méthodes quantitatives de gestion du changement. Elles permettent de mesurer le changement et son impact et proposent parfois des modèles prédictifs mais la plupart n'abordent pas la question des actions de gestion du changement.

(Sienou, Karduck, & Pingaud, 2006), par exemple, analysent des événements qui sont des changements dans l'environnement extérieur ou à l'intérieur de l'entreprise pour en mesurer la criticité et les risques. Comme les événements analysés par les auteurs se produisent de manière incontrôlée et aléatoire et impactent directement la performance de l'entreprise, l'estimation de leurs criticités par des méthodes utilisées en gestion des risques est appropriée. Ces méthodes ne sont pas appropriées pour répondre à notre problématique. Dans notre étude, nous nous intéressons à l'impact du changement sur les processus après leur restructuration dans le cadre d'un projet ERP sur une période bien définie : notre étude est limitée à la durée du projet et à la période qui suit directement l'implémentation. Le début de l'action de restructuration porteuse de risques potentiels est connu contrairement aux cas étudiés dans (Sienou, Karduck, & Pingaud, 2006).

Les auteurs de (Raphaëli, Zahavi, & Kenett, 2004) utilisent le raisonnement à base de cas pour définir des actions et gérer des événements imprévus et indésirables dans le processus d'implémentation des systèmes d'entreprise. Les causes d'un événement, les données de contexte et le profil de l'entreprise définissent un cas qui sera comparé à d'autre cas dans une base pour identifier les cas similaires et proposer les solutions qui leur ont été appliquées. Cette méthode s'appuie sur des connaissances parcellaires liées à chaque description de cas pour identifier des solutions. Elle ne permet pas de construire un modèle qui montrerait la relation générale entre les descriptions des cas et les solutions.

Les auteurs de (Parr & Shanks, 2000) et de (Barki & Pinsonneault, 2003) utilisent un tableau équivalent à un arbre de décision et définissent 3 classes de variables de réponse : durée, effort et budget. Pour (Parr & Shanks, 2000), les variables explicatives sont : le périmètre fonctionnel, le périmètre organisationnel, le périmètre technique et la stratégie d'implémentation des modules ERP. Pour (Barki & Pinsonneault, 2003), ces variables explicatives sont enrichies puis regroupées en trois familles : étendue, profondeur et magnitude.

Les auteurs de (Anderson & Lenz, 2001) utilisent un réseau bayésien discret pour simuler l'impact d'une variation des variables de structure organisationnelle, de senior leadership et de vision stratégique sur la variable de prise de décision.

Le caractère discret des variables utilisées dans (Raphaëli, Zahavi, & Kenett, 2004), (Parr & Shanks, 2000), (Barki & Pinsonneault, 2003) et (Anderson & Lenz, 2001) ne nous permet pas de nous en inspirer dans le cadre de notre problématique où toutes nos variables sont continues.

(Camara, 2009) s'inspire des travaux de (Han & Kamber, 2001) qui montrent que la prédiction de variables continues peut être modélisée par les techniques statistiques de régression et des travaux de (Wischnevsky & Damanpour, 2001) qui proposent un modèle de régression pour modéliser la relation entre la performance de l'organisation et des variables explicatives relatives à la transformation organisationnelle et ses conditions d'interaction avec l'environnement, pour développer un outil de « prédiction » et d'aide à la décision qui repose sur une définition de mesures quantitatives et objectives (indicateurs), une phase de prise de décision plus ou moins structurée, et une phase de déploiement utilisant les outils de gestion de la performance. La

méthode des moindres carrées utilisée pour construire le modèle de régression de (Wischnevsky & Damanpour, 2001) a été remplacée par une technique de détermination du modèle de régression plus optimale : la recherche gloutonne.

Dans la méthode proposée dans (Camara, 2009), l'ampleur du changement et l'effort de sa conduite sont considérés comme les déterminants principaux de l'impact du changement sur les performances d'une organisation. Notre méthode permet de « prédire » la variation des variables mesurant la performance des processus en fonction de celles qui mesurent l'ampleur du changement sur les processus et l'effort de sa conduite.

Pour mesurer le changement, nous nous sommes intéressés à l'analyse de l'écart entre les processus « en-cours » et les processus « en-devenir » dans une organisation (Tomas J. , 2000). Il faut toutefois garder à l'esprit qu'une évaluation des fonctions fournies par le système ERP par comparaison aux processus opérationnels « en-devenir » nécessaires à la réalisation optimale des activités de l'entreprise permet de déterminer les écarts au niveau structurel entre les processus « en-devenir » et ceux « possibles » (Intermec, 1999). Les changements à opérer sur les processus « en-devenir », et les trous fonctionnels évoluent en sens inverse. En effet, chaque trou fonctionnel représente pour l'entreprise la nécessité de modifier ses processus « en-devenir » pour les adapter à l'ERP, et par conséquent, une augmentation du changement. En revanche, lorsque l'entreprise accepte de transformer son processus « en-cours » en un processus « en-devenir » proche de l'ERP, elle ne crée pas de trou fonctionnel. L'analyse des écarts, par la mise en relief qu'elle donne, permet d'avoir une idée sur l'ampleur du changement sur les processus sans s'intéresser à leurs niveaux opérationnels.

5.2 Démarche générale

Nous avons choisi d'analyser le changement dans les projets ERP utilisant la stratégie BPR « déclenché par la technologie » car elle est plus réaliste et moins complexe (O'Leary, 2000), plus fréquemment utilisée (Cooke & Peterson, 1998) et moins coûteuse (Gendron, 1996) qu'une stratégie de réingénierie de type « tableau vierge ». La gestion du changement dans les projets ERP se fait généralement en aval avec l'implication, la formation et l'accompagnement des utilisateurs finaux par rapport à la nouvelle configuration des processus ou de leur travail. Les tests de validation du nouveau système par les utilisateurs sont présentés par (Perotin, 2004) comme une étape du planning très importante pour réduire la résistance au changement. Dans cette phase de validation par les utilisateurs, il s'agit d'identifier un échantillon d'utilisateurs finaux formés au logiciel et aux transactions utilisées, sur site, avec des données et la configuration technique locales (micro-ordinateurs et imprimantes définitifs) ainsi que des processus conçus et approuvés au préalable.

Dans (Camara, 2009), nous avons choisi le processus métier comme unité d'analyse pour avoir une correspondance avec l'unité d'analyse des projets ERP, un niveau de granularité adéquat et une unicité du niveau d'analyse. Les variables de notre étude sont définies par rapport aux processus métiers qui représentent par ailleurs les objets sur lesquels les données sont collectées et les conclusions tirées.

J. Tomas spécifie dans (Tomas J. , 2000) quatre domaines de processus qui interagissent dans la définition des processus à prendre en compte dans un projet ERP :

- les processus « en cours » qui sont utilisés aujourd'hui dans l'entreprise
- les processus « en devenir » que l'entreprise souhaite idéalement mettre en place
- les processus « possibles » que l'ERP autorise par son architecture, ses fonctionnalités et ses possibilités

- les processus « implémentés » qui seront effectivement mis en œuvre et qui résultent des trois premiers domaines

Un processus en cours de restructuration est un processus dont la restructuration proposée n'est pas encore validée. Cette validation se déroule dans la phase d'adéquation et de configuration, à travers une boucle adéquation-configuration-prototypage (Figure 22). Cette boucle se termine par la décision d'acceptation ou non du processus « en-devenir » proposé. Cette décision fait intervenir des informations issues du prototypage et de la simulation. La simulation fournit des prévisions sur les critères de performance du processus en se basant sur sa structure sur les caractéristiques des ressources. Le prototypage vérifie que le processus fonctionnera de manière satisfaisante sur l'ERP. Il inclut une identification des trous fonctionnels par l'analyse des écarts.

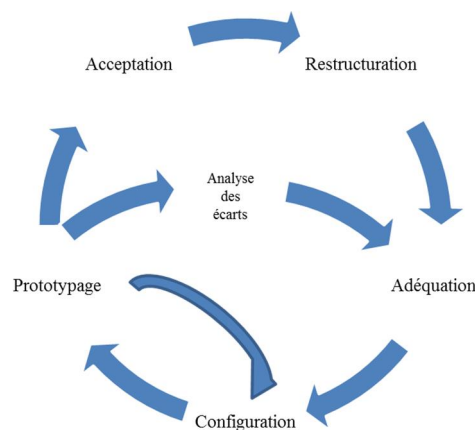


Figure 22 : Définition et structuration des processus à implémenter (adaptée de (Tomas J. , 2000))

1. la restructuration d'un processus suppose la description de son exécution actuelle : le processus « en-cours ». Cela suppose également la description des changements et des améliorations souhaitées pour obtenir un fonctionnement ciblé : processus « cible » ;
2. l'adéquation recherche les concepts, les fonctions et les caractéristiques de l'ERP qui se rapprochent le plus près du processus « cible » pour obtenir un processus « en-devenir » qui peut être différent du processus « cible », compte tenu des limites de l'ERP.
3. la configuration permet aux EMO (Equipes de Mise en œuvre) de saisir les données de paramétrage de l'ERP selon les décisions prises dans la phase d'adéquation ;
4. le prototypage a pour but de vérifier le fonctionnement des processus configurés dans la phase précédente. Quatre situations peuvent apparaître :
 - a. le processus fonctionne de façon satisfaisante et on peut passer à la phase suivante d'acceptation ;
 - b. le processus ne fonctionne pas de façon satisfaisante et doit être reconfiguré. On enclenche alors une boucle Configuration/ Prototypage qui s'arrête, soit à l'obtention du résultat désiré (cas a), soit, lorsque toutes les configurations possibles ayant été essayées, le résultat escompté n'a pas pu être finalement atteint (cas c et d) ;
 - c. le processus ne fonctionne pas de façon satisfaisante, mais l'entreprise accepte de revoir ses exigences et adapter son processus cible en conséquence. On peut alors passer à la phase d'acceptation ;
 - d. le processus ne fonctionne pas de façon satisfaisante et l'entreprise ne souhaite pas revoir ses exigences. On réalise alors une analyse des écarts ou « Gap Analysis » pour identifier les « trous fonctionnels » ;

-
5. l'acceptation conclue la boucle Adéquation/ Configuration/ Prototypage fourniture des livrables et l'implémentation des scripts ERP associés sur la machine de production.

La démarche de gestion proactive du changement proposée dans (Camara, 2009) vise à améliorer la décision d'acceptation du processus « en-devenir ». Elle vient compléter les informations fournies par prototypage en tenant compte de l'impact du changement. Elle est très proche des méthodes d'aide à la décision basée sur les scénarios de transformation (Boucher & Crestani, 2006) et (Chapron, 2006) Elle fournit un modèle de prédictions sur la performance des processus qui aide à choisir la bonne configuration pour un processus « en devenir » parmi plusieurs configurations possibles en intégrant à la fois l'écart par rapport au processus « en-cours » et les moyens de conduite du changement à mettre en place.

Nous nous sommes inspirés dans (Camara, 2009) de la méthodologie CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) considérée comme la plus utilisée pour le processus de datamining (Adderley, Townsley, & Bond, 2006).

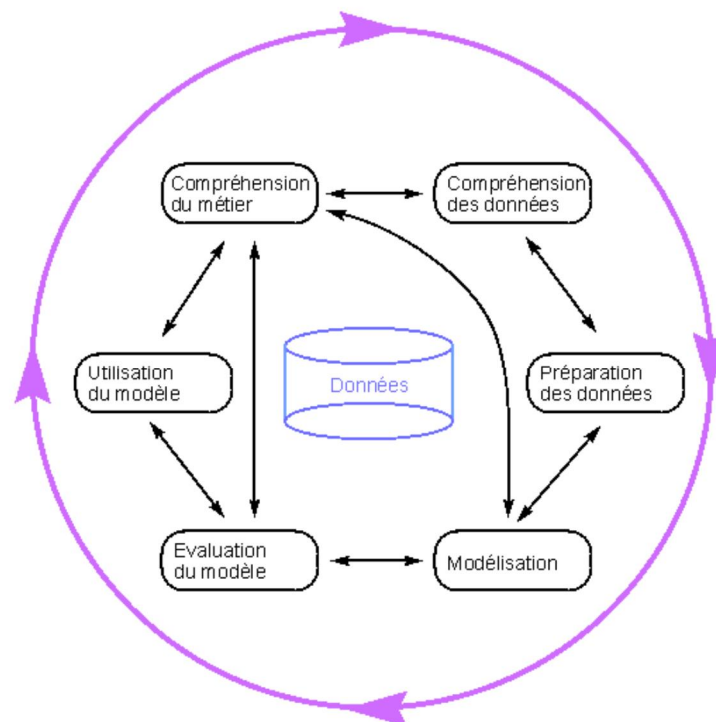


Figure 23 : Démarche CRISP-DM (Milutinovic & Patricell, 2002)

Le CRISP-DM propose six phases dans le processus de datamining (Figure 23) (Milutinovic & Patricell, 2002). Cette démarche a été transposée et adaptée à notre problématique dans (Camara, 2009) afin de structurer et de présenter notre propre démarche également composée de 6 phases (Figure 24).

- La phase « compréhension du métier » dans la démarche CRISP-DM est remplacée par une phase « **Objectif de proactivité** » qui permet d'identifier les processus, les employés, ou les services les plus touchés par la restructuration de l'entreprise afin d'y concentrer les efforts de gestion du changement et orienter les ressources adéquates vers les éléments les plus impactés.
- La phase « compréhension des données » dans la démarche CRISP-DM est remplacée par une phase « **Processus et changement** » qui permet de repérer les données manipulées et d'identifier les sources liées à la modélisation et à la supervision des processus métier.

- La phase « préparation des données » dans la démarche CRISP-DM est remplacée par la phase « **Métriques A-E-I** » qui permet de définir les variables de mesure de l'ampleur (A), de l'effort (E) et de l'impact (I) du changement :
 - « A » mesure l'ampleur du changement. C'est un paramètre important de la prédiction car il est construit à partir de variables explicatives structurelles qui permettent de s'intéresser à des caractéristiques statiques du processus telles que la complexité, la flexibilité, l'intégration, etc. (Camara, et al, 2007b).
 - « E » mesure l'effort de gestion du changement. Les variables relatives à l'effort de gestion sont utilisées pour ajuster et optimiser les moyens à mettre en œuvre sur chaque processus.
 - « I » mesure l'impact du changement et concerne les variables à prédire sur l'unité d'analyse. La mesure de l'impact du changement se fait sur la variation de la performance opérationnelle d'un processus (Camara, et al., 2007b).
- La phase de modélisation du CRISP-DM est remplacée par une phase « **Réseau Bayésien** » qui permet de sélectionner un modèle bayésien parmi un grand nombre de possibilités pour faire des prédictions de l'impact du changement à partir des mesures de l'ampleur et de l'effort de gestion. Ces prédictions permettent de cibler les processus les plus critiques et constituent une première partie de la proactivité (Camara, et al., 2006). Elles correspondent à la fonction de prévision ou d'apprentissage supervisée dans la typologie des techniques de datamining (Han, et al., 2001 p. 24) (Rakotomalala, 200B).
- La phase d'évaluation du modèle du CRISP-DM est remplacée par une phase de « **validation croisée** » avec k sous-échantillons.
- La phase d'utilisation du modèle du CRISP-DM est remplacée par une phase « **Acceptation processus** ».

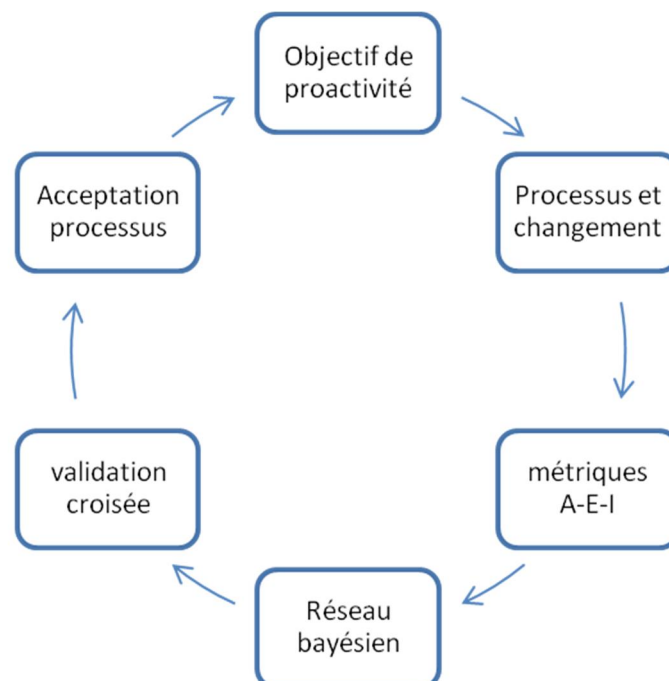


Figure 24 : Démarche de gestion proactive du changement (Camara, 2009)

La démarche de gestion proactive de (Camara, 2009) vise à intégrer l'analyse du changement dans la prise de décision en mettant en œuvre une boucle « restructuration-extraction-prédiction-acceptation ». L'objectif est d'évaluer les actions proactives à mettre en place pour réduire

l'impact du changement sur la performance des processus. Les actions proactives de réduction directe de l'impact du changement sur la performance des processus sont basées sur l'activation du levier « effort de gestion du changement ». Les actions proactives de réduction indirecte sont celles qui utilisent ce qu'on peut appeler le levier « ampleur du changement » pour agir sur les processus « en devenir ».

5.2.1 Processus et changement

La Figure 25, ci-dessous, représente les différentes phases du cycle de vie d'un processus dans un projet ERP. Cette figure s'appuie sur les travaux de (Tomas J. , 2000) et propose pour chacune des phases des actions participant à la gestion du changement.

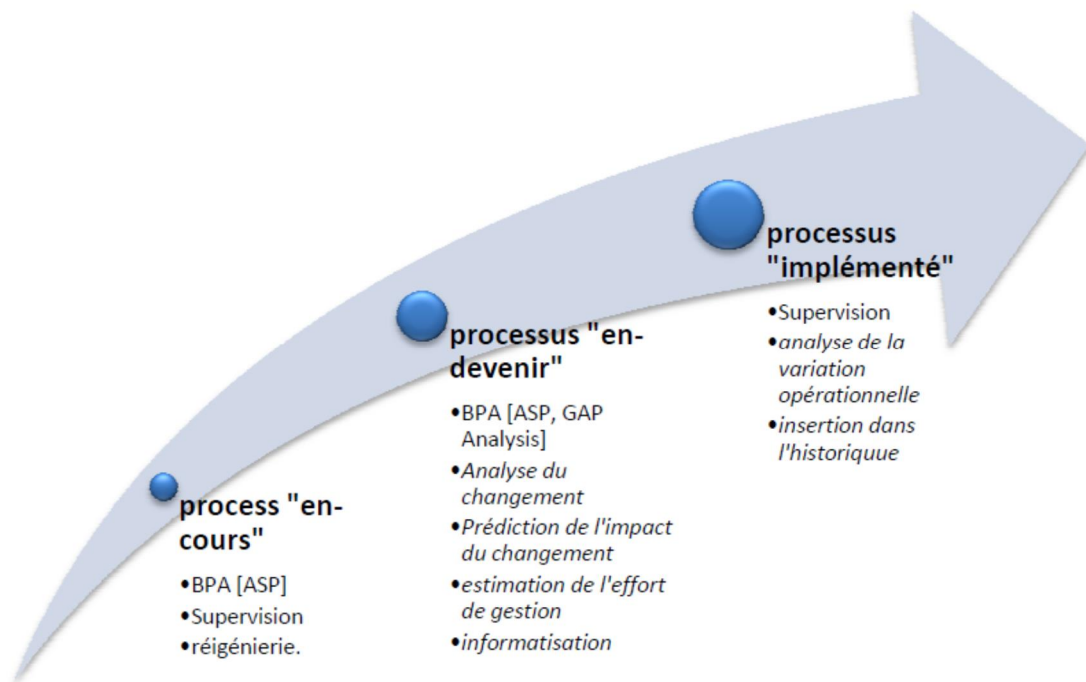


Figure 25 : Cycle de vie du processus (Camara, 2009)

Dans la phase initiale d'un projet ERP, on s'intéressera aux processus déjà implémentés et exécutés dans l'entreprise. Ces processus « en-cours » seront supervisés et analysés grâce aux outils BPA (Business Process Analysis).

Les processus « en devenir » sont le résultat de l'activité de réingénierie qui adapte et transforme les processus « en-cours ». On applique à ces processus « en devenir » une analyse des écarts (GAP Analysis) qui permet de :

- Calculer les métriques structurelles de changement pour mesurer l'ampleur du changement sur les processus : analyse du changement ;
- prédire les métriques opérationnelles de mesure de la performance des processus : prédiction de l'impact du changement ;
- ajuster l'effort de gestion du changement : estimation de l'effort de gestion.

Les processus « implémentés » résultent de l'informatisation des processus « en-devenir ». Ces processus sont supervisés dans la phase « post-implémentation » du projet ERP. L'analyse de la variation opérationnelle des performances se fait par comparaison des données de supervision des processus « en-cours » à celles des processus « implémentés ».

Les métriques opérationnelles de variation, les métriques structurelles de changement et de variation, et les métriques d'effort de gestion du changement caractérisent le processus implémenté qui peut être inséré comme une observation dans l'historique destiné à l'apprentissage du modèle prédictif.

5.2.2 Métriques A-E-I

La démarche GQM (Goal-Question-Metric) de (Basili, Caldiera, & Rombach, 1994) a été appliquée dans (Camara, 2009) pour définir les métriques de notre modèle par rapport à l'objectif de l'étude (Figure 26).

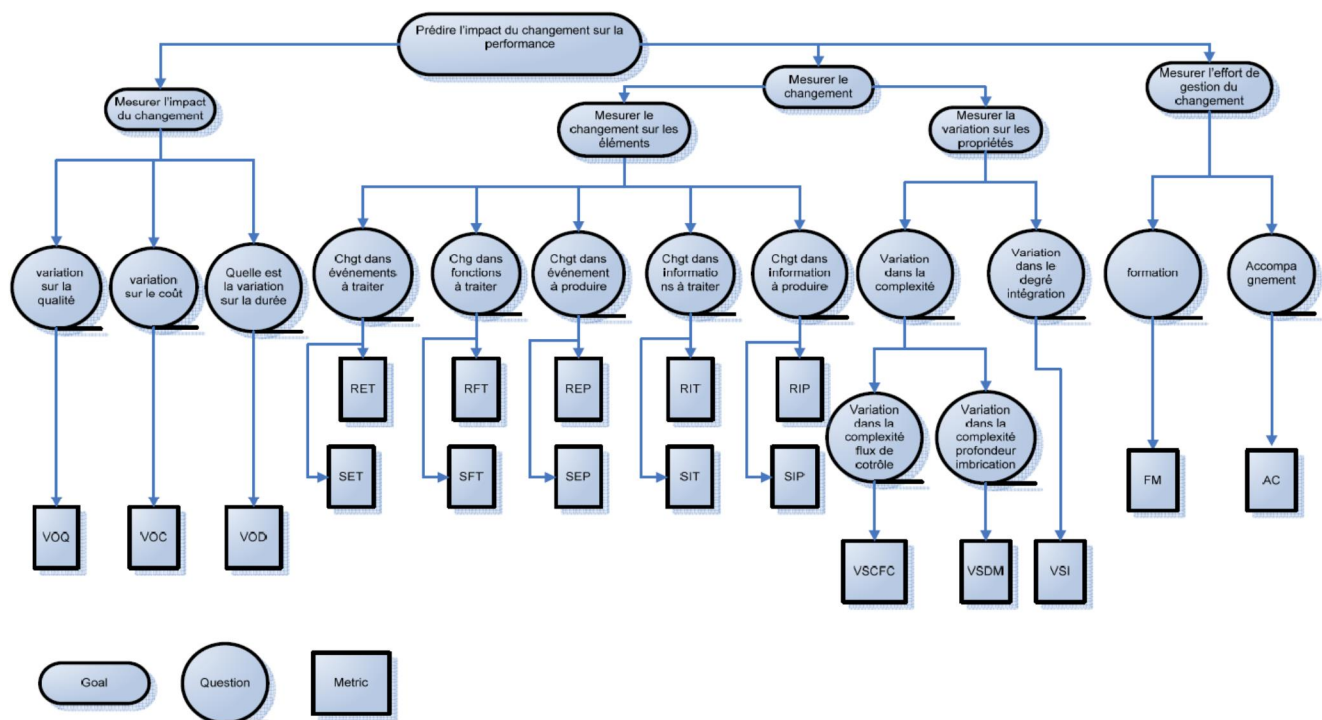


Figure 26 : Définition « top-down » des métriques par la démarche GQM

Au niveau conceptuel, l'objectif (Goal) est de « Prédire l'impact du changement sur la performance ». Cet objectif peut être décomposé en trois sous-objectifs :

- mesurer l'impact du changement,
- mesurer le changement sur les éléments du processus et sur la variation de ses propriétés
- mesurer l'effort de gestion.

Au niveau opérationnel, les questions (Question) sont déterminées par rapport aux sous-objectifs selon trois points de vue sur le changement : son ampleur, sa gestion et son impact.

Au niveau quantitatif, les métriques (Metric), définies par rapport aux questions, sont des métriques issues de la littérature sur les processus.

5.2.2.1 Définition des variables à « expliquer » (I)

Les variables à expliquer (ou à prédire) sont relatives au sous-objectif de quantification de l'impact du changement dans le modèle GQM (Figure 26). Leur définition structure la définition

des variables de notre problème. L'impact du changement correspond à l'impact de la restructuration des processus dont l'objectif principal est l'amélioration de la performance en termes de qualité, coût et délai. La variation de la performance lorsque l'on passe du processus « en-cours » au processus « implémenté » pourra alors être mesurée à travers ces trois indicateurs.

Le problème qui nous intéresse ici est la mesure de l'évolution de la performance des processus. Cette évolution sera représentée par des métriques opérationnelles de variation correspondant à la différence entre la valeur de la métrique opérationnelle du processus « implémenté » et la valeur de la métrique correspondante pour le processus « en-cours ». On définit alors 3 métriques :

- MOVC est la métrique opérationnelle de variation dans le coût qui correspond à la question : Quelle est la variation dans le coût ?
- MOVD est la métrique opérationnelle de variation dans la durée qui correspond à la question : Quelle est la variation dans la durée ?
- MOVNQ est la métrique opérationnelle de variation dans la non-qualité qui correspond à la question : Quelle est la variation dans la qualité ?

5.2.2.2 Définition des variables explicatives (A et E)

Les variables explicatives sont associées à l'ampleur ou à l'effort de gestion du changement. Chaque variable explicative est accompagnée de trois hypothèses génériques qui représentent son influence sur chacune des trois variables à expliquer définies ci-dessus.

La définition de ces variables explicatives se traduit par la définition de métriques structurelles de changement, qui mesure le changement des éléments constitutifs d'un processus, et de métriques structurelles de variation qui mesure la variation dans les propriétés d'un processus.

Les métriques structurelles de changement définies dans (Camara, 2009) s'inspirent de « métriques de base » définies en analyse structurelle des processus (Aguilar, Ruiz, Garcia, & Piattini, 2006) (Tjaden, 2001) :

- Les métrique structurelles de changement dans les activités à exécuter supprimées (MSCAES) ou rajoutées (MSCAER) sont relatives à la question : Quel est le changement dans les activités à exécuter ?
- Les métrique structurelles de changement dans les informations à traiter supprimées (MSCITS) ou rajoutées (MSCITR) sont relatives à la question : Quel est le changement dans les informations à traiter ?
- Les métrique structurelles de changement dans les informations à produire supprimées (MSCIPS) ou rajoutées (MSCIPR) sont relatives à la question : Quel est le changement dans les informations à produire ?
- Les métrique structurelles de changement dans les événements à surveiller supprimés (MSCESS) ou rajoutés (MSCESR) sont relatives à la question : Quel est le changement dans les événements à surveiller ?
- Les métrique structurelles de changement dans les événements à générer supprimés (MSCEGS) ou rajoutés (MSCEGR) sont relatives à la question : Quel est le changement dans les événements à générer ?

Les métriques structurelles de variation répondent aux questions liées au sous-objectif de la méthode GQM concernant la mesure de la variation dans les propriétés du processus. Ces métriques permettent de caractériser le changement sur les propriétés globales d'un processus. Associées aux métriques définies pour caractériser le changement dans les « éléments constitutifs » du processus, elles permettent d'avoir une vision complète du changement.

Trois métriques structurelles de variation sont définies dans (Camara, 2009). Elles sont obtenues en faisant la différence relative entre les valeurs des métriques dérivées correspondantes des processus « en-cours » et « en-devenir » (ou « implémenté ») :

- La métrique structurelle de variation de la complexité du flux de contrôle (MSVCFC) répond à la question : Quelle est la variation dans la complexité du flux de contrôle ?
- La métrique structurelle de variation de la profondeur d'émbrication maximum (MSVPIM) répond à la question : Quelle est la variation dans la profondeur d'émbrication maximale ?
- La métrique structurelle de variation de la simplicité (MSVS) répond à la question : Quelle est la variation dans la simplicité ?

Le troisième sous-objectif du modèle GQM concerne l'effort de gestion du changement. La première question qui lui est associée concerne la formation fournie aux utilisateurs participant à chaque processus. La seconde question est relative à l'accompagnement (toutes les dimensions de l'effort de gestion du changement autres que la formation).

Les variables relatives à l'effort de gestion du changement sont donc la « métrique effort de formation » (MEF) et la métrique « effort d'accompagnement » (MEA) toutes deux exprimées en heures consacrées à la formation et/ou à l'accompagnement de chaque acteur du processus en moyenne.

Pour un processus en cours de restructuration, la valeur est estimée au départ mais elle peut être éventuellement modifiée lors des différents passages dans la boucle adéquation-configuration-prototypage de [Tomas, 2000]. A la sortie de cette boucle, le processus « en-devenir » est validé et les prédictions de l'impact du changement sont réalisées. Ces prédictions sont estimées en fonction du changement introduit et de l'effort de gestion à consentir sur le processus.

5.2.3 Réseau Bayésien et validation croisée : Apprentissage et utilisation d'un modèle de prédiction

L'objectif de la modélisation proposée dans (Camara, 2009) est la prédiction de l'impact du changement sur les processus. Pour cela, nous devons prédire les valeurs des métriques opérationnelles de variation (attributs exogènes) à partir des métriques structurelles de changement et de variation, et des métriques d'effort de gestion (attribut endogènes). Nous avons donc besoin de réaliser ce que la typologie des méthodes de datamining appelle la fonction d'explication (ou apprentissage supervisé) (Han & Kamber, 2001) (Rakotomalala, 2000).

(Camara, 2009) montre que, si une structure renfermant les relations de dépendance entre les variables est disponible, alors un apprentissage des paramètres est suffisant. Dans notre étude, nous ne disposons a priori que des relations entre les dimensions du changement, de l'impact opérationnel et des moyens de gestion. Ces relations n'étant que des hypothèses issues de la littérature non-encore prouvées, nous ne pouvons pas nous en servir pour construire la structure du réseau. Mais l'apprentissage permet de construire un modèle de la réalité à partir de données constituées d'individus (objets, observations, enregistrements) caractérisés par des descripteurs (attributs, variables, champs, caractères).

Un réseau bayésien, pour un ensemble de variables aléatoires, est une paire (D, P). Le graphe dirigé sans cycle, ou DAG (Directed Acyclic Graph), D définit la structure du réseau. Il est composé d'un ensemble fini de nœuds et d'un ensemble fini d'arcs dirigés entre les nœuds. L'ensemble des distributions de probabilités locales de tous les nœuds est P. Un réseau bayésien avec des variables continues est un modèle de prédiction qui permet la réalisation de la fonction d'explication. Les métriques opérationnelles de variation dans le coût, le délai et la non-qualité sont les variables de réponse des modèles à apprendre. Les variables structurelles de changement

et de variation sont toutes calculables automatiquement à partir des modèles « en-cours » et « en-devenir » (ou « implémentés ») des processus. Les variables correspondant à l'effort de gestion du changement sont fixées par l'utilisateur du modèle. Ces trois catégories de métriques sont les variables explicatives des modèles à construire. Il n'est donc pas nécessaire de chercher l'influence qu'elles subissent, mais plutôt celle qu'elles exercent. Les arcs des réseaux bayésiens sont donc dirigés des variables explicatives vers les variables de réponse.

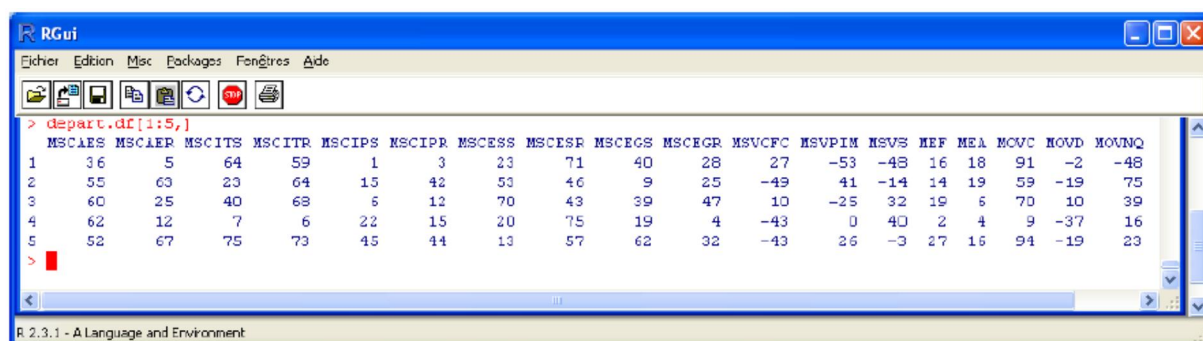
L'analyse des nouveaux processus nécessite un modèle bayésien validé. La vraisemblance à posteriori $p(D | d)$ représente la probabilité qu'une structure D soit correcte sachant que les données d ont été observées. $p(D | d)$ et $p(D^* | d)$, sont alors utilisées pour comparer deux DAG, D et D^* . En principe, il est possible de calculer les scores de tous les réseaux possibles et de les comparer pour trouver la meilleure structure. Cependant, cela n'est pas réalisable informatiquement si le nombre de variables est important. En effet, le nombre de réseaux possibles augmente exponentiellement avec le nombre de nœuds (Bootcher & Dethlefsen, 2003).

La recherche gloutonne (Greedy Search) dans l'espace des réseaux fait partie des algorithmes proposés pour éviter la recherche exhaustive dans cet espace. Elle fait partie des méthodes qui vont identifier la structure qui maximise cette vraisemblance à posteriori (Leray, 2006). La « qualité » du modèle est assurée par deux niveaux de sélection :

- Le premier niveau correspond à la phase de modélisation dans le processus de datamining. Il met en œuvre une recherche gloutonne qui identifie les variables à intégrer au modèle à partir d'une base d'apprentissage.
- Le second niveau correspond à la phase de validation dans un processus de datamining. Il met également en œuvre une recherche gloutonne dans le cadre d'une validation croisée pour identifier le modèle le plus performant.

(Camara, 2009) a montré la faisabilité de l'apprentissage des réseaux bayésiens par recherche gloutonne à partir des seules données. Cependant, l'application du modèle obtenu sur un projet d'implémentation réelle se heurte aux difficultés liées à la collecte des données. Les contraintes liées à la supervision des processus et le nombre d'observations requis rendent difficile une telle collecte qui consiste en principe à enregistrer les valeurs des métriques structurelles de changement et de variation, les valeurs des métriques d'effort de gestion et les valeurs des métriques opérationnelles de variation de plusieurs individus dans un historique de projets ERP antérieurs.

Pour contourner cette difficulté, nous avons eu recours à la création automatique des observations. Nous avons généré aléatoirement 1499 observations que nous avons ensuite complétées avec l'observation correspondant à un processus de traitement de commandes pour avoir le total de 1500 « individus » requis pour respecter un ratio de 100 « individus » pour chacune de nos 15 variables explicatives (Osborne, 2000).



The screenshot shows the RGui window with a menu bar (Fichier, Edition, Misc, Packages, Fenêtres, Aide) and a toolbar. The console displays the command `> depart.df[1:5,]` and the resulting data frame. The data frame has 15 columns and 5 rows of data.

	MSCAIES	MSCAIER	MSCITS	MSCITR	MSCIPS	MSCIPR	MSCESS	MSCESR	MSCEGS	MSCEGR	MSVCFC	MSVPIH	MSVS	MEF	MEA	MOVC	MOVD	MOVNQ
1	36	5	64	59	1	3	23	71	40	28	27	-53	-48	16	18	91	-2	-48
2	55	63	23	64	15	42	53	46	9	25	-49	41	-14	14	19	59	-19	75
3	60	25	40	68	5	12	70	43	39	47	10	-25	32	19	5	70	10	39
4	62	12	7	6	22	15	20	75	19	4	-43	0	40	2	4	9	-37	16
5	52	67	75	73	45	44	13	57	62	32	-43	26	-3	27	16	94	-19	23

Figure 27 : Cinq premières observations de « l'historique » (Camara, 2009)


```

R Console
> expl.s$nodes$MOVD$prob
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]      [,6]
[1,] 33.42755 0.2217733 0.9907646 0.9918613 -0.9932984 -0.9915775

```

Figure 30 : Paramètres noeud MOVD réseau expérience i

```

R Console
> expl.s$nodes$MOVNQ$prob
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]
[1,] 31.34093 0.1900695 0.9915345 0.9917212 -0.9868925

```

Figure 31 : Paramètres du nœud MOVNQ du réseau expérience i

Les poids selon lesquels chacun des parents d'un nœud l'influence permettent de déterminer leur équation de régression :

$$MOVC \sim \mathcal{N}(0.298 + 0.992 \times MSCITS + 0.992 \times MSCITR - 1.983 \times MEF, 20.428)$$

$$MOVD \sim \mathcal{N}(0.222 + 0.991 \times MSCAER + 0.992 \times MSVCFC - 0.993 \times MEF - 0.992 \times MEA, 33.428)$$

$$MOVNQ \sim \mathcal{N}(0.190 + 0.992 \times MSCESS + 0.992 \times MSVPIM - 0.987 \times MEA, 31.341)$$

L'apprentissage du modèle pour l'expérience i est alors terminé. Il faut ensuite le tester sur le sous-échantillon i, afin de calculer son erreur. Il s'agit d'abord de réaliser les prédictions sur les observations de ce sous-échantillon pour les trois nœuds de réponse.

Le calcul de l'erreur commence par l'application de la fonction de perte qui fait l'estimation de la différence entre la valeur de chacun des 3 nœuds dans l'échantillon de test et celle prédite par le modèle. La moyenne des trois erreurs donne l'erreur globale de l'expérience i.

```

RGui
Fichier  Edition  Misc  Packages  Fenêtres  Aide
[Icons]
> erreurvc
      erreur_MOVC  erreur_MOVD  erreur_MOVNQ  erreur_expérience
exp1      19.76300      34.36227      29.33753      27.82093
exp2      23.50087      34.56307      30.05947      29.37447
exp3      18.95293      32.17700      33.14500      28.09164
exp4      21.17707      32.80487      36.98613      30.32269
exp5      22.33633      35.11993      33.65180      30.36936
exp6      19.96020      30.66987      34.58240      28.40416
exp7      19.24067      41.97993      27.23707      29.48589
exp8      23.45500      32.43807      34.61793      30.17033
exp9      22.20440      35.93880      32.25253      30.13191
exp10     24.89220      37.80433      40.30963      34.33539
>

```

Figure 32 : *Calcul erreur moyenne et choix du réseau de l'expérience de plus faible erreur*

La dernière étape de la démarche de modélisation proposée dans (Camara, 2009) permet de choisir le modèle de plus faible erreur parmi ceux générés lors de 10 expériences. Ce modèle est le résultat final de l'apprentissage-validation et constitue un outil de prédiction et de validation des processus en cours de restructuration.

Un processus en cours de restructuration est un processus dont la restructuration proposée n'est pas encore validée. Cette validation se déroule dans la phase d'adéquation et de configuration, à travers une boucle adéquation-configuration-prototypage (Figure 33). Cette boucle se termine par la décision d'acceptation ou non du processus « en-devenir » proposé. Cette décision fait intervenir des informations issues du prototypage et de la simulation. Le prototypage vérifie que le processus fonctionnera de manière satisfaisante sur l'ERP. Il inclut une identification des trous fonctionnels par l'analyse des écarts. La simulation fournit des prévisions sur les critères de performance du processus en se basant sur la structure de ce dernier et les caractéristiques des ressources.

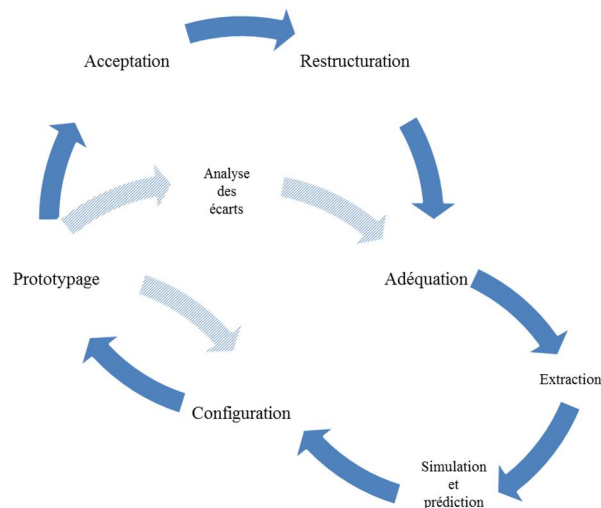


Figure 33 : *Prise en compte du changement dans l'acceptation du processus*

La démarche de gestion proactive du changement proposée dans (Camara, 2009) vise à améliorer la décision d'acceptation du processus « en-devenir ». Elle vient compléter les informations fournies par la simulation et le prototypage en tenant compte de l'impact du changement. Une boucle restructuration-extraction-prédiction (Figure 33) est exécutée en préalable à celle d'adéquation-configuration-prototypage. La restructuration est la proposition d'une version « en-devenir » à partir d'une version « en-cours ». L'extraction est le calcul des variables explicatives par comparaison de ces deux versions du processus. La prédiction est l'application du réseau bayésien issu de la phase d'apprentissage-validation présentée ci-dessus.

5.3 *Conclusion et perspectives*

Les différentes phases de notre démarche ont été illustrées dans (Camara, 2009) en prenant comme exemple un processus de gestion de réclamations en cas de décès issu de (Küster & al, 2005). Cette étude a démontré la pertinence de la démarche proposée. Cependant, il existe plusieurs contraintes pour passer de la validation théorique à l'application intégrale de la démarche sur des processus réels. Ces contraintes sont d'abord liées à la collecte des données. Mais si nous pensons qu'il est très difficile, pour une entreprise de conseil de recueillir les données nécessaires au cours des différents projets ERP auxquels elle participe pour constituer un historique suffisamment documenté, il est parfaitement possible de contourner cette difficulté

en utilisant l'expertise des consultants pour déterminer les paramètres de notre modèle bayésien. Il s'agit d'aider ces experts à formaliser leurs connaissances.

La seconde limite de l'étude est la non-prise en compte de certaines dimensions abstraites du changement et de son impact. En effet, le changement est très lié au facteur humain qui fait intervenir des aspects culturels, sociologiques et psychologiques. Les approches sur-socialisées de la gestion du changement peuvent aider à combler cette limite.

Une troisième limite de l'étude est liée à l'absence de formalisation claire de l'évolution des compétences lors de la mise en place du progiciel. En effet, la transformation des compétences est indirectement ou implicitement traitée à travers la mesure de l'ampleur du changement sur les activités à réaliser.

6 Contribution à la gestion proactive de l'externalisation des processus (Bellaaj, 2009)

6.1 Introduction

Dans le contexte d'un environnement économique très fluctuant et de marchés qui évoluent fortement avec l'arrivée permanente de nouveaux concurrents, des clients changeants et une pression constante en rapport avec le développement technologique, il devient de plus en plus difficile pour une entreprise d'assurer une performance satisfaisante de toutes ses activités. Elle doit alors se concentrer sur celles qui sont fortement créatrices de valeurs. Ce besoin de se limiter aux seules activités à forte valeur ajoutée a pour corollaire l'externalisation des autres activités.

L'externalisation peut être définie comme le recours à un prestataire externe qui prend la responsabilité de la réalisation totale ou partielle d'une activité ou d'un processus. Cette forme d'organisation est reconnue comme permettant une réduction des coûts et une focalisation sur le cœur de métier. Toutefois, si un processus d'externalisation peut être très bénéfique pour une entreprise, il peut aussi être vulnérable à certains aléas qui peuvent influencer sur sa réussite et même conduire à son échec.

Au-delà des avantages stratégiques, financiers, organisationnels et opérationnels de l'externalisation, il existe de nombreux inconvénients et risques. En externalisant, l'organisation peut perdre son savoir-faire et ses compétences dans le domaine concerné (Lacity & Hirschheim, 1993). Cette perte d'expertise conduit dans de nombreux cas à une perte de compétitivité. En effet, ce savoir-faire interne qui était indispensable pour réaliser les innovations nécessaires disparaît. Selon Quinn et Hilmer (Quinn & Hilmer, 1994), un problème peut également se poser lorsque l'organisation décide de reprendre en interne une activité qui était auparavant « out sourced ». Suite à la disparition des connaissances, l'organisation aura du mal à réintégrer l'activité. Dans le pire des cas, le fournisseur, après s'être approprié les principaux savoirs et savoir-faire, s'implante lui-même sur le marché et devient un concurrent pour l'organisation (Bettis, Bradley, & Hamel, 1992).

(Bellaaj, 2009) identifie et indexe ceux qui sont liés aux stratégies de sous-traitance et d'externalisation des activités industrielles. Nous proposons une démarche d'adaptation aux risques liés à différentes stratégies d'externalisation. Nous décrivons des solutions pour chaque type de risques afin d'aider les sociétés « externalisatrices » à choisir les configurations les plus adaptées à leurs contextes pour s'en prémunir. L'assistance proposée à ces dernières a consisté à développer un système interactif d'aide à la décision en adaptant des méthodes multicritères d'aide à la décision et des techniques de développement des systèmes à base de connaissances. Cet outil d'aide à la décision pour la gestion des risques dans un processus d'externalisation permet d'anticiper les risques et les opportunités d'un projet d'externalisation et rendre le processus de prise de décision associé plus agile.

6.2 Classification des risques

La panoplie des typologies des risques du projet d'externalisation est large et diverse. Les classifications sont fondées sur des critères variés : la nature, l'origine ou l'impact.

(Williams, 1995) présente une typologie qui caractérise les sources de risque en fonction de l'avancement du projet. Il classe les risques selon deux catégories : les risques encourus en phase d'élaboration du projet et ceux encourus en phase de réalisation.

Tableau 15 : La classification des risques selon (Williams, 1995)

<i>Risques encourus en phase d'élaboration du projet</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Les risques d'une mauvaise expression du besoin - Les risques d'obsolescence commerciale - Les risques d'incompétence de l'entreprise face à la demande - Les risques de mauvaise estimation des coûts et délais - Les risques de conflits dans l'équipe projet - Les risques de communication entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre
<i>Risques encourus en phase d'exécution du projet</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Les risques d'instrumentation - Les risques de détection tardive de problèmes - Les risques de diagnostic erroné ou partiel - Les risques de réponses inappropriées

(Courtot, 1998) a développé une taxinomie des risques que l'on présente dans le Tableau 4. Cet auteur classe les risques à partir des éléments liés à ses caractéristiques.

Tableau 16. Typologie des risques selon (Courtot, 1998)

<i>Nature</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Technique - Financiers - Humaine - Organisationnel - Managérial - Juridique - Réglementaire - Commercial
<i>Origine</i>	Liées au(x) <ul style="list-style-type: none"> - Pays débouché - Client - Produit - Fournisseurs - Sous-traitants - Pouvoirs publics - Instances juridiques - L'entreprise
<i>Conséquences</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Les risques affectant les performances du projet

	- Les risques affectant l'existence même du projet
DéTECTABILITÉ	- Détectables - Indétectables
CONTRÔLABILITÉ	- Contrôlables - Incontrôlables
GRAVITÉ	- Risques négligeables ou acceptables - Risques catastrophiques ou inacceptables
PROBABILITÉ D'OCURRENCE	- Improbables ou rares - Probables ou fréquents

Dans le cadre élargi de l'analyse des risques d'externalisation, nous avons trouvé, dans les travaux de (Peillon, 2001), une description des risques associés à la coopération entre entreprises. Cet auteur signale que même si la coopération offre des opportunités que les partenaires doivent savoir exploiter, ils doivent aussi être conscients des risques potentiels afférents :

- Le risque de *lock-in* technologique. C'est le risque qu'un partenaire se comporte en passager clandestin, en mobilisant pour son propre compte un savoir construit grâce aux efforts de tous les partenaires.
- Le risque de hold-up. C'est le risque qu'un partenaire arrive à s'approprier des compétences d'un autre, à les internaliser, et à les vendre.
- Les risques d'opportunisme. En premier lieu, on a le risque lié à l'utilisation d'une ressource commune. Ceci est susceptible d'inciter à des comportements de surexploitation de la part d'un des partenaires. En second lieu, on a le risque que la coopération puisse engendrer un accès à des informations plus ou moins stratégiques, et comme les partenaires sont concurrents, ils peuvent être tentés par le désir d'exploiter ces informations afin d'acquérir un avantage concurrentiel au détriment des autres.

La typologie proposée par l'AFNOR (AFNOR, 2003) est une check-list de risques. Cette caractérisation identifie deux types de risques : les risques à l'extérieur du projet et les risques à l'intérieur même.

Tableau 17. La typologie de l'AFNOR (AFNOR, 2003)

<i>Situation</i>	<i>Domaine</i>
RISQUES EXTERNES (événement extérieurs du projet)	- Politique et stratégique - Juridique et réglementaire - Politique industrielle - Sécurité - Financier - Médiatique - Technique externe - Evolution technologique

RISQUES INTERNES (événement dans le processus interne du projet)	<ul style="list-style-type: none"> - Management - Social/organisationnel - Technique en conception (faisabilité, définition, réalisation) - Contractuel - Exploitation/maintenance
--	---

Le Project Management Institute [PMI, 2004] a suggéré de distinguer quatre classes de risques :

- Risques techniques : ceux qui sont liés à la technologie et les outils à utiliser et à développer.
- Risques externes : dus à l'environnement métier (au sens sectoriel) dans lequel le projet se déroule, la situation du marché, les relations avec les clients et les fournisseurs.
- Risques organisationnels : liés à l'organisation du projet tels que les ressources disponibles, la priorité assignée au projet, les interdépendances avec d'autres projets.
- Risques liés à la gestion des projets : associés aux activités de planification, au pilotage et l'évaluation.

D'après l'enquête d'Ernst&Young (ERNST & YOUNG, 2007), les risques généralement associés à l'externalisation sont : la perte de maîtrise de la fonction, perte de contrôle du service, la mauvaise qualité des prestations, les coûts trop chers et le manque de prestataires.

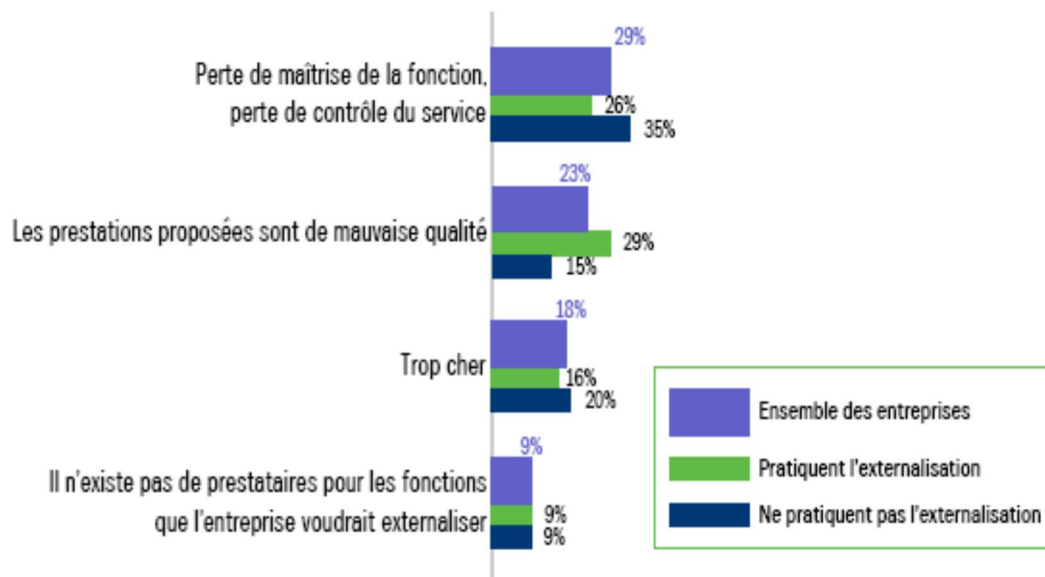


Figure 34 : Les craintes liées à l'externalisation

Les typologies de risques qui ont été étudiées présentent quelques limites. En effet, elles ne couvrent pas toutes les typologies de risques liés à l'externalisation simultanément.

Nous avons identifié 6 domaines de risques liés à l'adoption des stratégies d'externalisation dont le tableau ci-après présente la typologie.

Tableau 18. La typologie de risques proposée (Bellaaj, 2009)

<i>Domaines des risques</i>	<i>Risques</i>
-----------------------------	----------------

<i>Relationnel / Humain</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dépendance (hold up) - Opportunisme - Fuite d'information et perte de confidentialité - Mauvaise sélection des prestataires
<i>Financier</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts cachés - Risque économique global
<i>Technique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de savoir-faire (lock-in technologique) - Perte de contrôle sur l'activité - Perte d'expertise et de connaissance
<i>Social / Organisationnel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dilution des responsabilités - Incompatibilité culturelle - Risque social - Incompatibilité des compétences
<i>Juridique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pénal - Contractuel - Modification de la structure juridique de l'entreprise
<i>Stratégique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration de l'image de marque - Irréversibilité

Cette classification des risques, est à la base de notre système d'aide à la décision qui s'appuie sur une analyse de la sensibilité d'une entreprise donnée à chaque type de risques pour définir une stratégie d'externalisation à partir des expériences et des cas déjà rencontrés et modélisés dans une bases de cas. Le modèle proposé dans (Bellaaj, 2009) est issu d'une logique d'hybridation entre le RàPC et la méthode AHP. Ce modèle permet de déterminer les actions adéquates à entreprendre dans un contexte d'adaptation aux risques d'externalisation dans le contexte de l'industrie tunisienne.

6.3 Perception des risques de l'externalisation et alternatives : Etude empirique

6.3.1 Echantillon de l'étude

Nous présentons dans (Bellaaj, 2009) les résultats d'une enquête sur la perception des risques de l'externalisation auprès d'un échantillon de 50 entreprises tunisiennes de production opérant dans plusieurs régions du tissu industriel : Sfax, Tunis, Nabeul et Sousse. L'activité de ces entreprises s'inscrit essentiellement dans la fabrication des robinetteries, le textile et l'habillement, la fabrication des produits en carton, construction métallique et fabrication des aliments pour animaux de ferme.

Tableau 19. Répartition de l'échantillon (Bellaaj, 2009)

<i>Nombre des employés</i>	<i>Nombre des entreprises</i>	<i>Répartition en %</i>
-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Moins de 50 employés	10	20%
De 50 à 90 employés	20	40%
De 90 à 200 employés	11	22%
De 200 à 500 employés	6	12%
Plus de 500 employés	3	6%

6.3.2 Fonctions externalisées

Les fonctions externalisées varient : communication, transport et logistique, services généraux, production, administration et finances, ressources humaines, informatique et télécommunication.

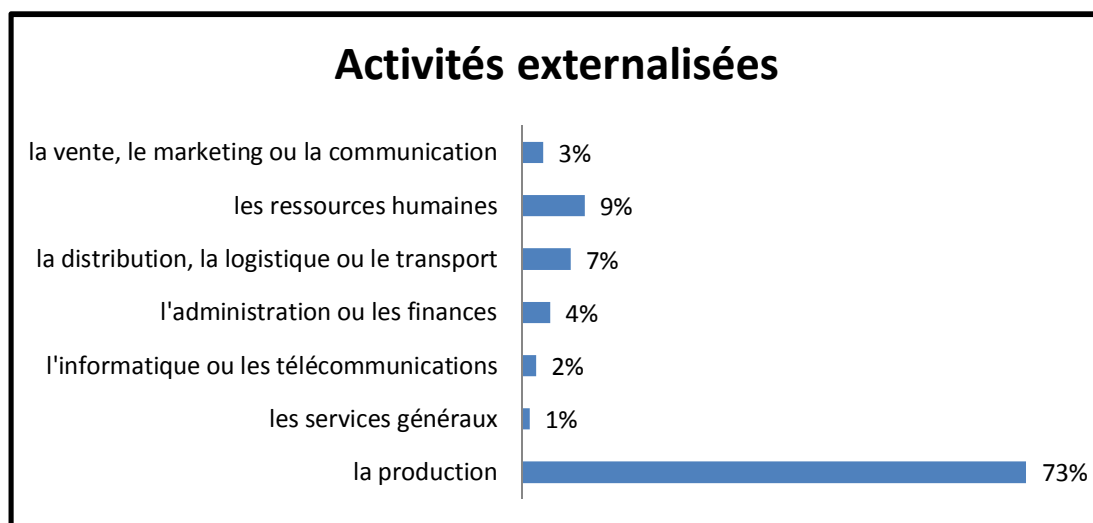


Figure 35 : Catégories des fonctions externalisées (Bellaaj, 2009)

6.3.3 Variables de l'étude

Cette étude comprend deux types de variables : les critères et les alternatives.

Les critères concernent certains risques liés aux stratégies d'externalisation issues de la typologie présentée ci-dessus (Tableau 18) :

- Critère 1 : Risque Relationnel / Humain qui engendre un certain opportunisme de la part du fournisseur, une dépendance vis-à-vis du prestataire, une perte de confidentialité dû au fournisseur ou encore une mauvaise sélection des prestataires.
- Critère 2 : Risque Financier qui se traduit par l'apparition de coûts cachés et par un risque économique globale pour l'entreprise "externalisatrice".
- Critère 3 : Risque Technique qui englobe un « lock-in » (blocage) technologique
- Critère 4 : Risque Social / Organisationnel qui comprend le risque de dilution des responsabilités, l'incompatibilité culturelle, le risque social et l'incompatibilité des compétences.
- Critère 5 : Risque Juridique qui se compose de l'ensemble des risques pénal, contractuel et la modification de la situation juridique de l'entreprise.
- Critère 6 : Risque Stratégique qui se traduit à la fois par la détérioration de l'image de marque de l'entreprise donneuse d'ordre et du risque d'irréversibilité.

Les alternatives correspondent aux modalités d'adaptation au changement de chaque entreprise face à un risque d'externalisation donné. Chaque alternative est un ensemble de moyens d'ajustement. Nous avons identifié 4 alternatives possibles :

- Alternative 1 : « continuer l'externalisation » telle quelle sans aucune modification de la stratégie adoptée. (Barthélemy, 2003)
- Alternative 2 : « changer de fournisseur » et cesser l'activité d'un prestataire afin d'opter pour un autre plus compétant. (Barthélemy J. , 2007)
- Alternative 3 : « ré-internaliser » le processus externalisé pour le réintégrer (re-insourcing) et le reprendre en interne. (Frery & Law-Kheng, 2007)
- Alternative 4 : « continuer l'externalisation autrement » en gardant le même prestataire mais en changeant certaines clauses du contrat de partenariat. (Villarreal, Dupont, Gourc, & Pingaud, 2005)

6.3.4 Méthodologie

Ces critères et alternatives ont fait l'objet d'un questionnaire destiné à des experts issus des 5 entreprises de notre échantillon choisis sur la base de leur connaissance et de leur compétence en matière d'externalisation. Ces experts ont évalué les importances relatives des critères et des alternatives sur une échelle variant de 1 (importance égale) à 9 (extrêmement plus important) (Saaty, 1984).

Nous avons choisi la méthode AHP pour intégrer les opinions et les évaluations des experts interviewés dans l'enquête. La structure hiérarchique de la méthode AHP reflète la tendance naturelle de « l'esprit humain ». Elle clarifie le problème et permet d'identifier la contribution de chaque élément de ce problème à la décision finale. L'objectif se situe au niveau le plus haut de la hiérarchie. Les critères et les sous critères, étant les éléments qui influencent cet objectif, se trouvent dans les niveaux intermédiaires de la hiérarchie. Les alternatives sont le niveau le plus bas de la hiérarchie.

Pour notre étude, nous avons construit trois niveaux hiérarchiques (Figure 36) :

- Le niveau 1 (Objectif) concerne la définition d'une stratégie d'externalisation
- Le niveau 2 (Critères) compare deux à deux les critères qui correspondent aux six « risques » retenus pour évaluer leurs poids relatifs sur l'atteinte de l'objectif de définition de la stratégie d'externalisation
- Le niveau 3 (Alternatives) compare les alternatives par rapport à chaque critère.

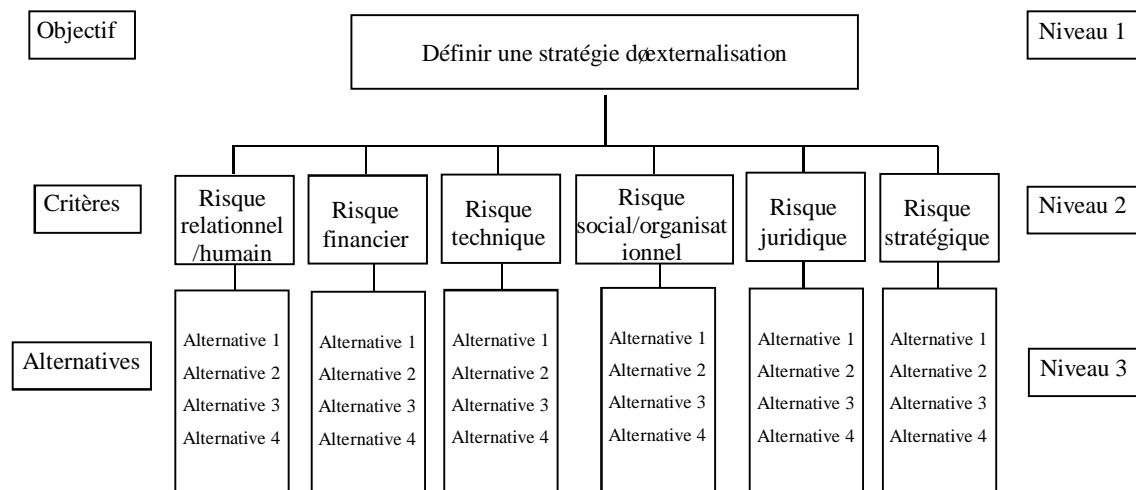


Figure 36 : Niveaux hiérarchiques du problème

6.3.5 Analyse des résultats

Le graphique de la Figure 37 présente les poids accordés par les 50 entreprises de notre échantillon aux 6 critères retenus dans notre étude.

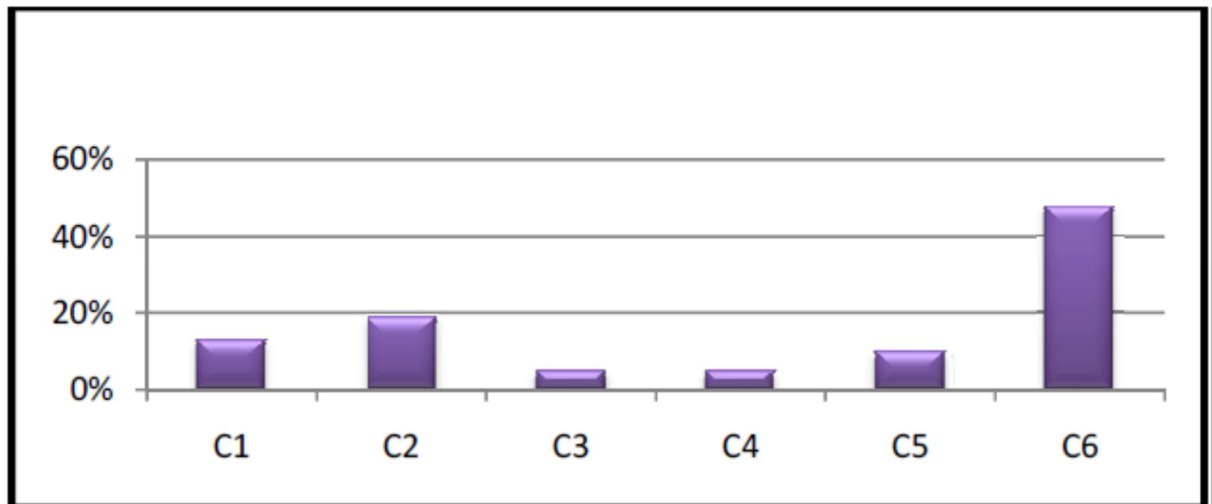


Figure 37 : Classement des critères selon les priorités des entreprises de l'échantillon (Bellaaj, 2009)

Il est clair que le critère le plus important aux yeux des 50 entreprises tunisiennes externalisatrices interrogées est le critère « Critère 6 » qui correspond au risque stratégique. Le risque financier (Critère 2) est, quant à lui, considéré comme le deuxième critère le plus important. Quant au risque relationnel et humain (Critère 1), il partage pratiquement la troisième place avec le risque juridique (Critère 5). Le risque technique (Critère 3) et le risque social et organisationnel (Critère 4) sont les risques les moins importants et les moins pris en considération de la part des entreprises externalisatrices étudiées.

La Figure 38 représente un classement des 4 alternatives proposées dans notre étude par rapport aux 6 risques retenus.

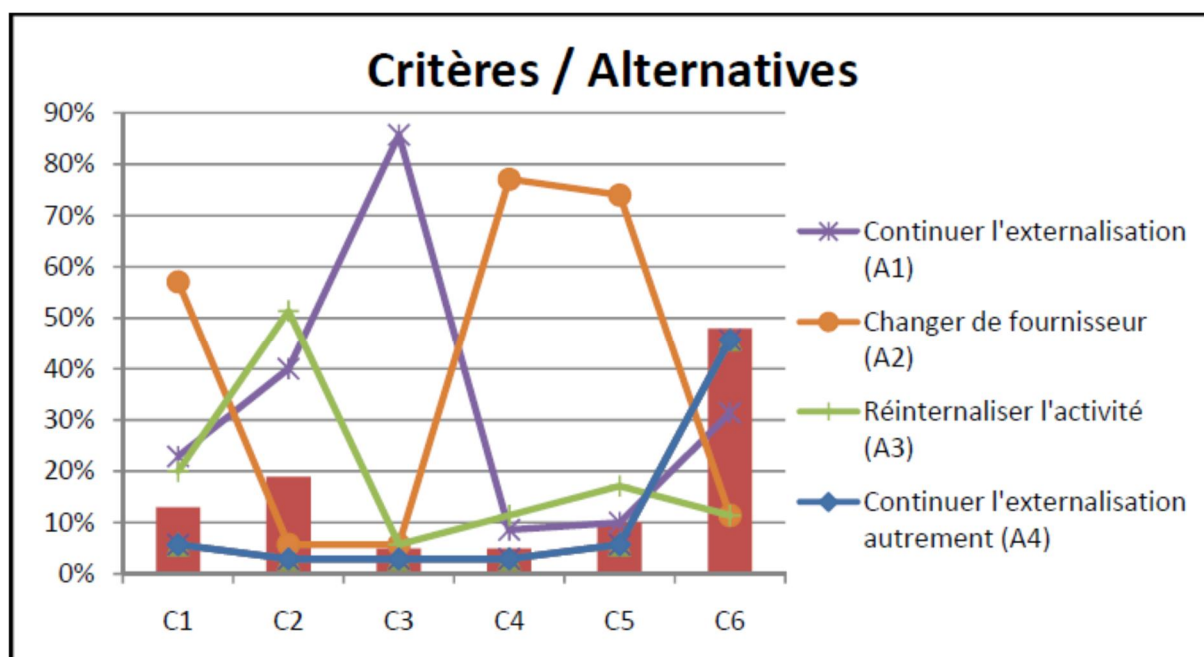


Figure 38 : Classement des alternatives par rapport aux critères (Bellaaj, 2009)

Pour le risque relationnel et humain (C1), la méthode d'aide à la décision proposée dans (Bellaaj, 2009) a permis de remarquer que les entreprises tunisiennes externalisatrices optent pour le changement de fournisseur (Alternative 2). En effet, en changeant de fournisseur l'objectif sera de mettre au point une structure suffisamment flexible pour augmenter le gain issue de la collaboration tout en décourageant l'opportunisme et la dépendance.

Face au risque financier (C2), la ré-internalisation de l'activité déjà externalisée (Alternative 3) apparaît comme la solution la plus aisée. Si l'entreprise choisit de ré-internaliser son activité pour pallier le risque financier et de rechanger sa gouvernance, c'est surtout parce qu'elle ressent un besoin d'évolution de ses frontières et recherche à recomposer sa chaîne de valeur. Le choix de la « ré-internalisation » même s'il s'avère un peu difficile, permet dans ce cas de figure de souligner l'intérêt stratégique de cette démarche d'externalisation.

Pour le risque technique (C3), les entreprises optent pour « l'Alternative 1 » (continuer d'externaliser normalement) considérant ce risque comme étant une suite logique à la délégation.

Pour pallier le risque social et organisationnel (C4), les entreprises donneuses d'ordres choisissent le plus souvent de changer de fournisseurs (Alternative 2). Ce choix de l'alternative 2, paraît assez évident car l'opération d'externalisation s'accompagne d'un changement au niveau de la composition du personnel qui peut influencer négativement sur la relation de partenariat. En changeant de fournisseur, les entreprises externalisatrices échapperaient à une incompatibilité des compétences, une incompatibilité culturelle accrue ainsi qu'à une dilution des responsabilités.

Face au risque juridique (C5), le choix des entreprises de changer de fournisseur « Alternative 2 » est unanime. Conduite à la légère, l'externalisation encourt une annulation judiciaire. Pour limiter un tel risque qui reflète une sous performance du prestataire sur le plan contractuel et juridique, les entreprises donneuses d'ordres choisissent de procéder à un changement de fournisseurs.

Face au risque stratégique (C6), la solution de continuer d'externaliser mais autrement (l'Alternative 4) apparaît la plus souvent envisagée car les fonctions externalisées à un certain

moment de la vie de l'entreprise, parce qu'elles étaient considérées comme non stratégiques, peuvent se révéler ultérieurement comme étant des processus critiques.

Cette première partie du travail présenté dans (Bellaaj, 2009) a permis de développer une démarche de capitalisation des connaissances et des cas adaptées aux besoins du domaine d'externalisation. Dans ce qui suit, nous allons montrer comment a été complétée cette démarche par l'utilisation de ces données en les considérant comme étant une base de cas sur laquelle reposera la prise de décision pour la résolution de problèmes d'adaptation et de réorientation des nouvelles entreprises externalisatrices.

6.4 Développement d'un système à base de cas

(Bellaaj, 2009) a utilisé le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) pour manipuler les connaissances capitalisées dans la base de cas précédemment présentées. Le résultat proposé est un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) qui permet de faciliter le travail d'un décideur en se basant sur ces connaissances pour choisir l'alternative la plus adéquate à son contexte d'externalisation.

Dans le cadre de l'utilisation du SIAD développé dans (Bellaaj, 2009), un cas « cible » représente une nouvelle entreprise externalisatrice. La description de ce cas « cible » émane de notes attribuées par l'expert en charge de cette externalisation (à partir de l'échelle de Saaty (Saaty, 1984)) afin de traduire sa sensibilité aux risques proposés en grandeurs mesurables (pondération relative). Cette description est menée, comme c'était le cas pour les cas sources, grâce à la méthode AHP et au traitement des données via le logiciel Expert Choice⁵.

La similarité entre ce nouveau cas et les cas de la base est mesurée avec la méthode des « plus proches voisins » (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2009). Lors de la recherche de la similarité, tous les cas sont indexés au plus haut niveau de la mémoire, et la recherche est exhaustive car tous les cas sont examinés. Cette recherche des cas d'entreprises similaires consiste à comparer le nouveau cas de l'entreprise externalisatrice avec chaque cas des entreprises de la base. Un tri par ordre croissant des degrés de similarité permet ensuite de faire ressortir les cas les plus similaires au cas de l'entreprise à traiter. À l'issue de cette phase de comparaison, le cas d'entreprise externalisatrice vient simplement s'ajouter à la suite des autres cas lorsque sa solution est jugée convenable.

La Figure 39 qui suit récapitule les étapes de la démarche proposée dans (Bellaaj, 2009) :

⁵ <http://expertchoice.com/>

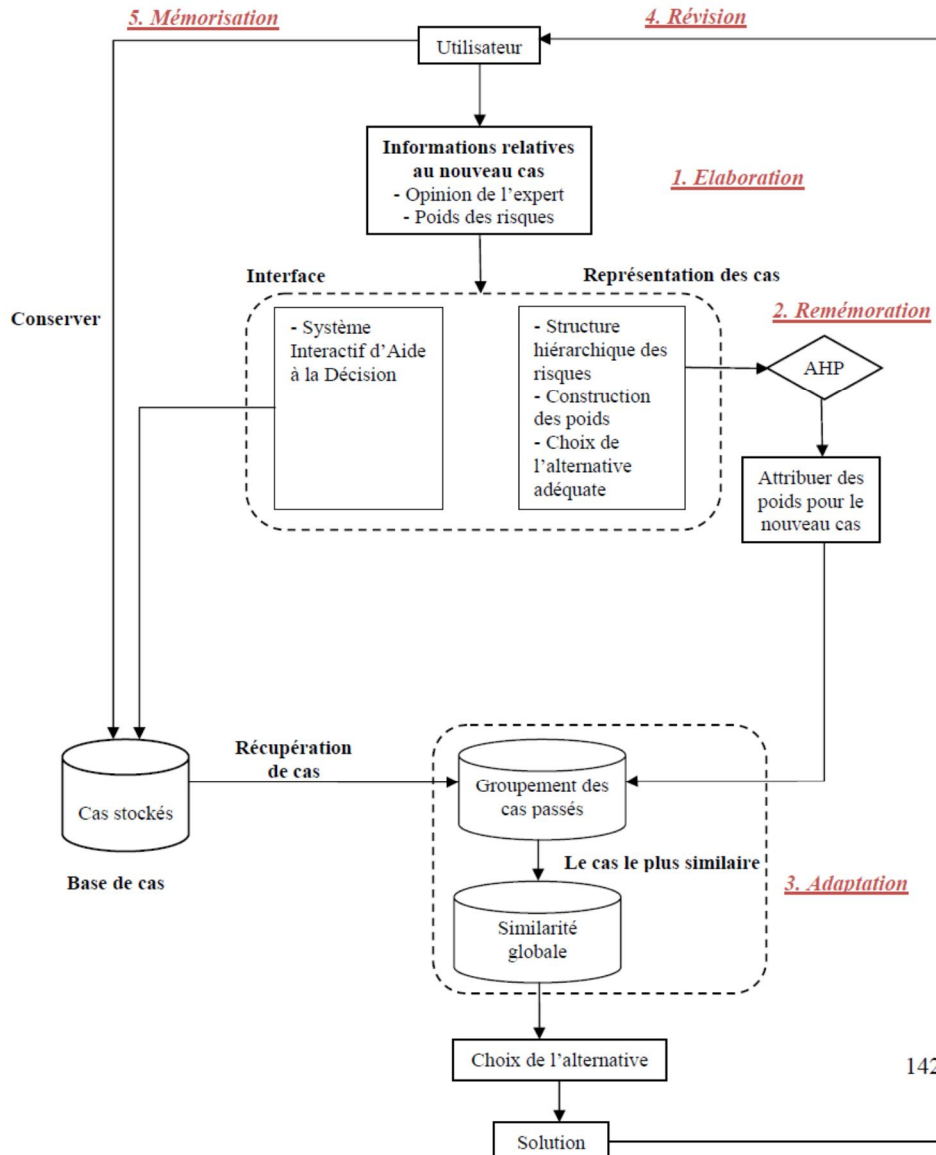


Figure 39 : Modèle proposé pour l'adaptation face aux risques liés à l'externalisation

(Bellaaj, 2009) a illustré l'utilisation de notre méthode sur le cas de la Société de Production des Articles en Laiton (SOPAL).

6.5 Application de la démarche

Créée en 1981, SOPAL est certifiée ISO 9001 depuis 2004. Elle est spécialisée dans :

- la fabrication de mitigeurs, mélangeurs et robinets pour baignoires, douches, lavabos, éviers, lave-mains, toilettes et bidets (robinetterie sanitaire).
- la fabrication de pièces de raccordement pour installations eau et gaz
- la fabrication de compteurs d'eau et branchement
- la fabrication de robinets pour bouteilles de gaz

Depuis sa création, la SOPAL s'est dotée d'un bureau d'études techniques équipé de moyens de développement et de conception assistés par ordinateur (DAO, PAO, CFAO) et d'un atelier pourvu de machines à commande numérique. SOPAL a réussi à développer un savoir-faire pour

répondre à toute demande en matière d'articles spécifiques, en plus de ses produits standard présentés sur catalogue.

SOPAL maîtrise quatre procédés de fabrication à savoir : l'estompage à chaud, la fonderie par injection et en coquilles, l'usinage à commande numérique et le polissage. Par ailleurs, elle externalise le processus de chromage et de traitement de surface. Ce choix d'outsourcing est dû à un manque de matériel adéquat pour l'exécution de cette activité. De plus, externaliser l'activité de chromage et de traitement de surface lui revenait beaucoup moins cher de la réaliser en interne (Voir Figure 40).

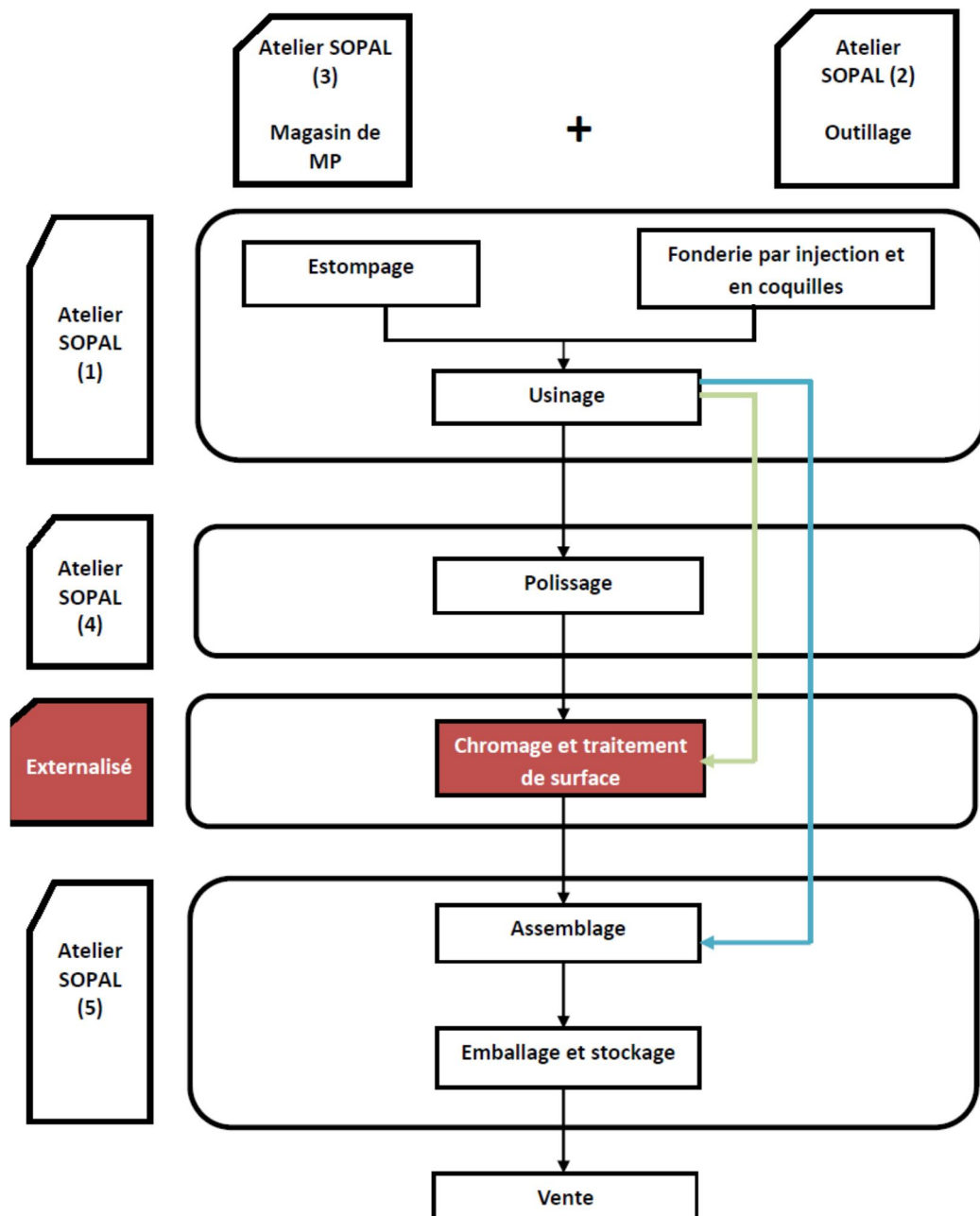


Figure 40 : Synoptique de fabrication de SOPAL (Bellaaj, 2009)

6.6 Conclusion et perspectives

Les travaux présentés dans cette section ont abouti à trois contributions :

-
- managérial, en proposant un outil d'aide à la décision qui permet à un manager de remédier aux difficultés de l'externalisation en lui proposant l'alternative la plus adaptée à la situation de son cas sur la base d'expériences passées.
 - théorique à travers l'étude de l'adaptation aux risques sous l'angle des alternatives en faisant le lien entre « stratégies d'externalisation » et « gestion des risques ».
 - méthodologique, par l'implémentation d'outils d'aide à la décision dans une problématique appartenant aux domaines des sciences de gestion.

Les travaux que j'ai menés avec Salma Bellaaj ont clairement mis en évidence que le risque associé à la coordination et aux échanges d'informations dans l'exécution du processus externalisé figure en bonne place parmi les risques majeurs liés à l'externalisation d'un processus.

La méthode proposée dans (Bellaaj, 2009) est une démarche générale, elle propose un outil d'aide à la décision mais les résultats dépendent des informations intégrées. Parmi les perspectives de recherche que je souhaiterais envisager à la suite du travail exposé dans cette section, je peux citer la mise en œuvre d'une démarche DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) combinée à la méthode ANP (Analytic Network Process) (Shih, Lin, Wang, & Hung, 2013) pour résoudre la question de la qualité des données.

7 Contribution à l'intégration des systèmes d'information dans l'entreprise étendue (Moones, 2017)

7.1 Introduction

Dans (Bellaaj, 2009) nous avons retenu 4 modèles d'organisations qui se distinguent par :

- la nature des relations entre partenaires (sous-traitants/donneurs d'ordre, concurrents),
- les types de coordination des relations entre partenaires (horizontale, verticale, diagonale).

Ces 4 modèles sont ceux le plus souvent adoptés par la littérature : l'entreprise virtuelle, l'entreprise étendue, l'entreprise réseau et le réseau d'entreprises.

a. Entreprise étendue

L'entreprise étendue présente une organisation flexible, à géométrie variable (Figure 41). Elle est conçue comme un ensemble d'entités (fournisseurs, donneurs d'ordre, sous-traitants), mêlant leurs activités, en mettant en commun des ressources et en aménageant des contraintes afin d'essayer d'atteindre un ou plusieurs objectifs en commun.

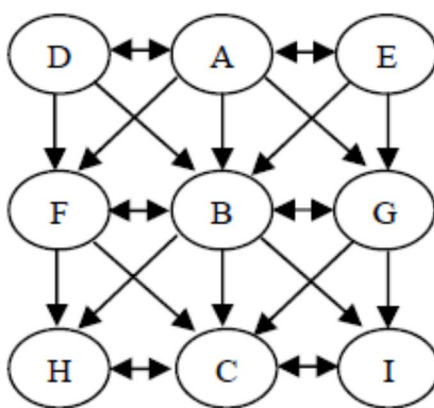


Figure 41 : Architecture de l'entreprise étendue

b. Entreprise réseau

L'entreprise réseau correspond à une coopération verticale caractérisée par la dépendance du niveau inférieur vis-à-vis du niveau supérieur. Son principe consiste à scinder la filière selon trois niveaux (Figure 42) :

- La firme pivot ou donneur d'ordre,
- Le sous-traitant de rang 1 qui détient les compétences clés en matière de recherche, développement et de logistique. Ce qui lui confère une latitude décisionnelle en ce qui concerne le choix des sous-traitants du niveau inférieur dont il devient le donneur d'ordre,
- Les sous-traitants de rang 2 en bas de la pyramide. Ils doivent se conformer aux cahiers des charges du sous-traitant de rang 1.

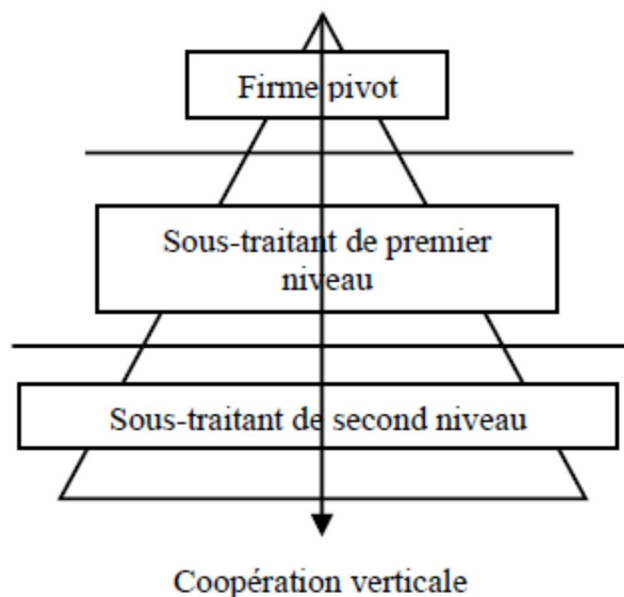


Figure 42 : Architecture de l'entreprise réseau

c. Réseau d'entreprises

Un réseau d'entreprises peut prendre diverses formes selon le type de partenaires (Burlat, Peillon, & Vincent, 1997) qui font naître des structures industrielles issues d'ententes horizontales (Figure 43) qui rompent avec les schémas classiques verticaux :

- entre grands groupes multinationaux
- entre un grand groupe multinational et des PME-PMI,
- entre PME-PMI

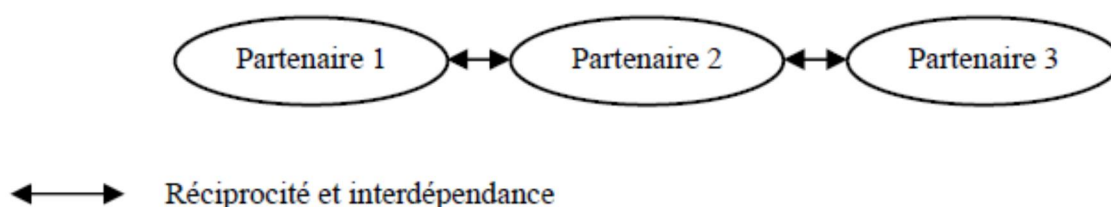


Figure 43 : Architecture du réseau d'entreprises

Selon (Musso, 2005), les liaisons entre les nœuds du réseau (les entreprises) peuvent être matérielles (flux d'informations ou de produits) et immatérielles (procédures, normes, culture, valeur). Un réseau d'entreprises ne relève pas exclusivement des principes d'internalisation/externalisation, mais d'un principe de convergence entre la rationalisation interne et la recherche de complémentarités et de compétences communes à l'extérieur auprès d'autres entreprises. Dans tous les cas, le réseau est une forme de coopération pour la conception, la production ou la commercialisation d'un produit et/ou d'un service dans laquelle les acteurs s'organisent pour améliorer leur compétitivité tout en conservant leur autonomie et leur identité (Peillon, 2001).

d. Entreprise virtuelle

L'entreprise virtuelle est fondée sur la coopération entre des entreprises indépendantes qui acceptent d'agréger leurs ressources et leurs organisations pour travailler ensemble d'une façon

réactive et en collaboration de façon temporaire pour atteindre un objectif spécifique tel qu'une opportunité d'affaires par exemple.

Cette caractérisation pourrait placer l'entreprise virtuelle dans le cas des autres structures (entreprise étendue, entreprise réseau ou réseau d'entreprises), mais la particularité la plus notoire est que les structures des entreprises virtuelles sont fondées sur un système d'information (Martinez, Fouletier, Park, & Favrel, 2001). Chaque entité impliquée dans l'entreprise virtuelle devient un nœud d'une architecture informatique permettant, pour chaque projet, que tout se passe comme si tout était réalisé en un seul site avec les mêmes avantages de retour d'information en « quasi » temps réel, grâce aux nouvelles technologies de l'information. Cette situation se présente notamment pour les entreprises concevant des produits complexes qui sont amenées à collaborer dans le cadre de réseaux ad hoc.

Ce type d'organisation nécessite l'interconnexion d'une multitude de systèmes d'information, qui sont de facto hétérogènes que ce soit par les fonctions qu'ils assurent ou par leurs conceptions (modèles, architectures, ...) et difficiles à intégrer. Ce qui amène des problèmes en ce qui concerne l'échange et le partage des modèles d'un produit et les processus associés entre les environnements numériques des différents partenaires. Ainsi, les nouvelles méthodes de collaboration en « entreprise virtuelle » et la mise en place d'approches PLM (Product Life cycle Management) de plus en plus fondées sur des « modèles », nécessitent de construire et de préparer l'interopérabilité opérationnelle de ces modèles et des méthodes et outils permettant de les produire, de les exploiter et de les gérer, dans des environnements hétérogènes.

Dans ce contexte, les données couvertes par les systèmes PLM ont été considérablement étendues, ce qui a eu pour conséquence d'augmenter la complexité liée au volume et à la diversité des informations décrivant le produit. Dédié à l'optimisation des flux d'informations associés aux produits dits virtuels, le PLM a facilement trouvé sa place au sein des SI des organisations. Il est devenu complémentaire aux progiciels de gestion qui visent à optimiser les flux physiques et financier par la gestion des informations associées aux produits physiques et aux opérations (APS, ERP, MES, SCE, SCM, CRM, etc.).

Ce chapitre présente notre contribution au développement d'une approche générique et d'un cadre de spécification et de validation de la mise en œuvre des standards du PLM pour des collaborations multi-disciplines et multi-secteurs.

7.2 L'interopérabilité PLM facilitée par les normes

Le PLM est définie, par CIMDATA⁶, comme une approche stratégique visant à la mise en place des processus associés à la production et la consommation des données d'un produit, tout au long des différentes phases de son cycle de vie et dans l'ensemble de la chaîne logistique. Si l'on considère une stratégie PLM dans un contexte d'un réseau d'entreprises dynamique, des interfaces standardisées entre les processus collaboratifs et les ressources qui leur sont affectées (ressources humaines et TIC) sont nécessaires afin d'assurer la continuité, la cohérence et l'intégrité du partage et de l'échange des données d'un produit tout au long de son cycle de vie dans différents contextes (conception, fabrication et exploitation). Ces processus sont pris en charge par différentes solution, y compris des systèmes d'information (SI) comme les SGDT (Systèmes de Gestion des Données Techniques ou PDM pour Product Data Management) pour les activités techniques de conception et gestion de la configuration, les ERP (Entreprise Resource Planning) et les MES (Manufacturing Execution Systems) pour la planification des activités et des opérations logistiques et de fabrication. Dans un tel contexte d'efficacité et d'agilité, les SI et leurs interfaces doivent pouvoir assurer la continuité, la cohérence et

⁶ <https://www.cimdata.com/en/resources/about-plm>

l'intégrité des échanges et du partage des données d'un produit incluant celles relatives à sa conception, sa fabrication et son exploitation. On parlera alors d'interopérabilité.

L'interopérabilité est donc la capacité de plusieurs systèmes, qu'ils soient identiques ou radicalement différents, à communiquer sans ambiguïté et à travailler ensemble (Bourey, Grangel, Ducq, Berre, Bertoni, & al., 2007). De nombreux « facilitateurs » ou « accélérateurs » de l'interopérabilité ont été proposés par les chercheurs, mais ils n'adressent pas le problème de manière « globale », mais plutôt « locale » et souvent « partielle » du point de vue d'une approche PLM, alors que l'évolution continue et de plus en plus rapide des méthodes et des processus métier, ainsi que des technologies de l'information et de la communication, créent des silos organisationnels et techniques qu'il faut pouvoir résoudre.

Les normes PLM ont largement été identifiées dans la littérature comme des facilitateurs ou accélérateurs de l'interopérabilité (Rachuri, Subrahmanian, Bouras, & al, 2008). (Figay N. , 2009) préconise notamment l'utilisation systématique de standards ouverts même si cela est souvent considéré à l'échelle d'un projet industriel comme un coût supplémentaire important. Il préconise également de gérer l'évolution et la cohérence de l'ensemble du système d'information d'entreprise en intégrant la préparation et la construction de l'interopérabilité opérationnelle dans un cadre SOSI (System of Systems Interoperability framework). En effet, une norme PLM est non seulement une solution technique pour l'échange de données de produits, mais aussi une réponse stratégique qui doit prendre en compte :

- Les motivations et les objectifs stratégiques des organisations impliquées dans le réseau dynamique d'entreprise ;
- Les besoins d'ingénierie métiers des processus de collaboration identifiés ;
- Les ressources humaines et applicatives supportant ces processus métier qui doivent devenir interopérables pour collaborer efficacement
- Les systèmes d'information qui doivent être conformes aux normes PLM ;
- Les solutions technologiques pour l'utilisation de formats de données standardisés ;
- Les infrastructures permettant aux organisations de connecter leurs applications pour partager ou échanger leurs données produits et processus.

Les communautés qui travaillent sur les standards eBusiness pour le PLM se retrouvent au sein de différents organismes de standardisation comme l'ISO (ISO/TC184 SC4 pour les données industrielles), l'Object Management Group (ManTIS) ou OASIS (PLCS, OSLC) par exemple. Les « frameworks » techniques utilisés pour ces standards prennent en compte la qualification de leur implémentation, mais les méthodes de qualification proposées sont rarement appliquées ou applicables. Des groupes complémentaires ont tenté de travailler au développement et à la diffusion des bonnes pratiques d'implémentation des standards dans le cadre de « forum ». Mais si la partie CAX de ces forums reste active, la précédente version du « PDM Implementor Forum » a vite cessé de fonctionner.

L'intérêt relativement récent de l'industrie européenne pour les standards PLM remet à l'ordre du jour la réactivation de ces « forums d'implémentation » mais, de nombreux freins à la mise en œuvre des standards PLM ont été identifiés et ils sont rarement traités dans des projets de recherche, « trop théoriques » qui ne visent pas une interopérabilité « pragmatique » (Figay N. , 2009). De nouvelles approches sont donc nécessaires pour répondre aux besoins de développement de l'interopérabilité requise pour des collaborations sécurisées à un coût acceptable dans le contexte de réseaux d'entreprises dynamiques.

7.3 L'approche SIP

Le projet « Standard & Interopérabilité Plm » (SIP) développé dans le cadre de l'Institut de Recherche Technologique SystemX a trois objectifs principaux :

- Le premier est le développement d'une approche générique et d'un cadre de spécification et de validation de la mise en œuvre des standards du PLM pour des collaborations multi-disciplines et multi-secteurs.
- Le deuxième objectif est la promotion d'une capacité de recherche expérimentale pour le développement, l'évaluation et la mise en œuvre d'un ensemble de normes PLM pertinentes pour couvrir l'ensemble des phases du cycle de vie d'un produit industriel complexe.
- Le troisième objectif est l'amélioration du niveau de maturité de l'industrie française face à la question de l'interopérabilité PLM. Le but est de favoriser le développement d'une communauté d'intérêt ouverte en mesure de « gouverner » un ensemble cohérent de normes et de fournir aux éditeurs d'outils PLM des spécifications validées pour le développement de solutions plus adaptées avec la capacité de les tester dans un environnement de réseau d'entreprises.

L'approche de SIP s'inspire des travaux de (Figay N. , 2009) qui propose un cadre fédéré pour l'interopérabilité des applications d'entreprise. Ce cadre qui énonce ce qu'est une application d'entreprise et définit l'interopérabilité des applications d'entreprise, décrit le système d'information « idéal » pour le développement collaboratif de produits dans des réseaux d'entreprises. Il définit également un ensemble de « freins » à l'interopérabilité qui vont à l'encontre de l'interopérabilité. Ces freins, selon (Figay N. , 2009) correspondent, le plus souvent, à des pratiques adoptées par les entreprises comme, par exemple, la gestion par projet dont la vision limitée dans le temps ne permet pas de prendre en compte la portée à long terme et stratégique globale de l'interopérabilité à l'échelle de l'entreprise.

Le cadre proposé par (Figay N. , 2009) a été complété par le projet Crescendo⁷ pour l'intégration d'un portail d'entreprise dans la plate-forme d'exécution pour gérer en particulier les accès sécurisés aux ressources des entreprises. Mais le projet IMAGINE⁸ a notamment mis en exergue l'absence de méthodologie pour la qualification des d'applications impliquées dans les processus de collaboration d'entreprise.

Le projet SIP a pour objectif de proposer une méthodologie de production de « cas d'usages », de « scénarios métier » et d'ensembles de données et de procédures de test afin d'aider les éditeurs de logiciels à réduire les délais et les coûts d'intégration des standards dans leurs solutions PLM. Le projet SIP capitalise les résultats et l'état de l'art de nombreux projets antérieurs, mais également l'état de la pratique (solutions sur étagères et meilleures pratiques industrielles) afin de proposer une infrastructure et une méthodologie pour construire des bancs d'essai opérationnels, efficaces, maintenables, extensibles et reconfigurables dans des délais et à un coût acceptables pour les industriels et les éditeurs de solutions PLM.

Pour faciliter leur intégration, toutes les normes PLM devraient être décrites dans des modèles formalisés afin de permettre aux « architectes » d'entreprises, de processus métier, de produits, de systèmes d'information et de TIC de mettre en place l'interopérabilité PLM par leur mise en œuvre simplifiée.

⁷ <http://www.crescendo-fp7.eu>

⁸ <http://www.imagine-futurefactory.eu/index.dlg>

La description d'une architecture d'entreprise (AE) est généralement très complexe, car elle comprend un grand nombre de composants et de domaines reliés les uns aux autres. L'AE est un ensemble cohérent de principes, de méthodes et de modèles utilisés dans la conception et la réalisation de la structure organisationnelle de l'entreprise, des processus métiers, des systèmes d'information et de l'infrastructure (Lankhorst, 2004). Toutefois, dans la pratique, ces composants et domaines ne sont pas abordés de manière intégrée. Chaque domaine possède un langage et des modèles propres et utilise des techniques et des outils spécifiques. Selon (Chen, Doumeingts, & Vernadat, 2008), l'architecture d'entreprise permet de gérer la complexité et les risques liés à divers facteurs tels que la technologie, la taille, les interfaces, le contexte et les intervenants. Il est donc important que l'AE soit décrite avec des informations pertinentes et au niveau de détail approprié pour chaque intervenant dans un « langage » simple partagé à l'échelle de l'entreprise. Plus généralement, l'AE doit expliciter les propriétés dont la conformité aux besoins des utilisateurs peut être vérifiée (architecture ouverte ou fermée, interopérable ou non, centralisée ou décentralisée, etc.) (Chen, Doumeingts, & Vernadat, 2008). Toujours selon (Chen, Doumeingts, & Vernadat, 2008), les modèles d'architecture d'entreprise doivent également permettre la spécification et l'implémentation des systèmes en décrivent l'AE selon les points de vue de diverses parties prenantes.

La littérature scientifique relative à la modélisation d'entreprise est riche en propositions. Certains travaux présentent uniquement des outils de modélisation (SADT, IDEFx, GRAI, IEM, etc.) mais de nombreux travaux proposent en plus des architectures de référence (CIMOSA, ARIS, PERA, GERAM, GIM, etc..) qui offrent un ensemble d'outils structurés avec une méthodologie à suivre pour construire un modèle d'entreprise. Mais, ces méthodes sont, dans la plupart des cas, difficiles à mettre en œuvre. Dans d'autres cas, elles utilisent des langages de modélisation différents selon les points de vue. L'hétérogénéité des méthodes et des techniques utilisés pour documenter les architectures rend très difficile la détermination des dépendances entre les différents domaines. Pourtant, il est clair qu'il y a des dépendances fortes entre les domaines (Lankhorst, 2004). Les modèles définis en fonction de différents points de vue sont liés et lorsque l'un de ces modèles est modifié, il faut identifier les modèles connexes pour en assurer la cohérence. Cependant, il devrait être possible de visualiser les modèles d'une manière adaptée aux besoins d'information spécifiques au point de vue de chaque partie prenantes.

De nombreuses approches et méthodes avec des cadres bien définis ont été développées pour modéliser les architectures d'entreprise (Zachman (Zachman, 2003), CIMOSA (Kosanke, Vernadat, & Zelm, 1999), TOGAF®⁹).

Le projet SIP propose une méthodologie de modélisation basée sur le cadre TOGAF et le langage de modélisation ArchiMate qui permet de modéliser les architectures spécifiques à chaque domaine d'une entreprise ainsi que leurs interdépendances et leurs relations. ArchiMate divise les architectures d'entreprise en 3 couches : la couche métier, la couche applicative et la couche technologique. Dans chaque couche, trois aspects sont considérés : les éléments actifs qui représentent des comportements (p. ex., processus et fonctions), une structure interne et, enfin, les éléments qui définissent, utilisent ou communiquent les informations.

L'utilisation d'ArchiMate dans la méthodologie SIP permet de modéliser les architectures de différents systèmes. Tout d'abord, ArchiMate est utilisé pour modéliser l'architecture des standards et leur procédure de test. Ensuite, il permet de spécifier les processus de collaboration d'entreprise et leurs chaînes applicatives et technologiques support. Enfin il est également utilisé pour décrire et spécifier les plateformes d'intégration applicatives et technologiques actuelles (as-is) et futures (to-be) ainsi que les différents « bancs d'essai » SIP.

⁹ <http://www.opengroup.org/togaf/>. Accessed 11 Feb 2015

7.3.1 Modélisation des normes : cas de la norme ISA-95

L'utilisation de modèles plutôt que des documents permet de constituer une base de connaissances des standards PLM. Ces modèles doivent inclure un ensemble de « Template » de collaboration issus des différents modules fonctionnels d'une norme PLM qui peut aussi bien spécifier des processus métier que des modèles de données liées aux produits et aux procédés à implémenter dans le SI. Nous aurons alors une vue multicouche avec la modélisation des processus (couche métier et organisationnelle), les modèles de données (couche applicative) et en spécifiant les solutions logicielles (couche technologique).

La modélisation d'une norme PLM permet de montrer le lien entre les différentes couches ainsi que le flux d'informations dans chaque couche. Cela facilite la mise en place des protocoles d'échange décrits dans la documentation de la norme et la définition des propriétés de validation pour la mise en œuvre de la norme. Il est alors possible de construire des modèles de la norme qui peuvent être exploités dans différents scénarios d'implémentation spécifique. Le test et la validation de ces scénarios permettra alors d'émettre des recommandations concernant les applications réelles qui seront à leur tour testées et validées pour générer des solutions qui mettent en œuvre les normes (Figay, Tchoffa, Ghodous, Exposito, & El Mhamedi, 2014).

7.3.1.1 ISA-95¹⁰ : une norme pour l'intégration ERP/MES

Il est important de distinguer les différents types de normes impliquées dans une démarche PLM. L'interopérabilité entre les systèmes d'information doit être abordée en distinguant le produit ou le système pris en compte. Le rôle principal des normes pour l'échange d'informations est de réduire le nombre de protocoles d'échange et de réduire la multitude ingérable des protocoles d'échange biunivoque à un nombre fini de combinaisons distinctes et significatives d'informations cohérentes à travers le temps, l'espace et des métiers multiples (Rachuri, Subrahmanian, Bouras, & al, 2008).

Nous nous sommes intéressés, dans notre travail, à la norme ISA 95 développée pour traiter les questions de l'interopérabilité entre les systèmes ERP et MES. La norme ISA-95 est définie comme la norme internationale pour l'intégration des systèmes de pilotage d'entreprise et de contrôle de ses activités de production (Harjunkski & Bauer, 2014). La norme ISA-95 a été développée pour des entreprises industrielles multinationales et s'applique dans tous les secteurs d'activité et dans toutes sortes de systèmes de production industrielle, comme les traitements par lots, les procès continus et les fabrications répétitives. Cette norme propose des modèles et une terminologie qui peuvent servir à spécifier et décrire les informations qui doivent être échangées entre les systèmes de gestion des ventes, de la finance, de la logistique, de la production, de la maintenance et de la qualité.

La norme ISA 95 définit quatre niveaux fonctionnels :

- Les niveaux 0, 1 et 2 sont les niveaux de contrôle et de pilotage du système de production. Leur objectif est le contrôle de la partie physique et matériel afin d'exécuter les opérations de production qui doivent aboutir à la réalisation d'un ou plusieurs produits.
- Le niveau 3 regroupe les activités de planification et de pilotage du processus de production contrôlé au niveau 0, 1 et 2. Ce niveau est associé au système MES (Manufacturing Execution System).

¹⁰ <https://www.isa.org/isa95/>. Accessed 11 Feb 2015

- Le niveau 4 (le plus haut niveau) concerne l'exécution des activités financières et logistiques de l'entreprise. Il inclue notamment les systèmes ERP et PDM..

La norme ISA-95 est structurée en cinq parties :

- La partie 1 décrit les modèles et la terminologie pour l'analyse et l'échange d'informations entre le niveau 4 (ERP) et le niveau 3 (MES).
- La partie 2 décrit les modèles de données et la structure des flux d'information définis dans la première partie.
- La partie 3 définit les quatre groupes de fonctions qui couvrent le pilotage des activités de fabrication : gestion de la production, de la maintenance, de la qualité et des stocks.
- La partie 4 spécifie le flux d'information entre les quatre groupes de fonctions de la partie 3
- La partie 5 propose des formats standards pour la mise en œuvre des données et des transactions d'échange de messages entre les systèmes ERP et MES.

7.3.1.2 Modèle ArchiMate de la norme ISA-95

Le travail que nous avons réalisé dans le cadre du projet SIP a permis de produire un ensemble de Template à partir des spécifications des modules fonctionnelles de la norme ISA-95. Ces Template seront réutilisés dans des scénarios de collaboration d'entreprise nécessitant une forte intégration ERP-MES.

La Figure 44 illustre le modèle fonctionnel décrit dans la ISA-95 ainsi que les flux informations qui leurs sont associés.

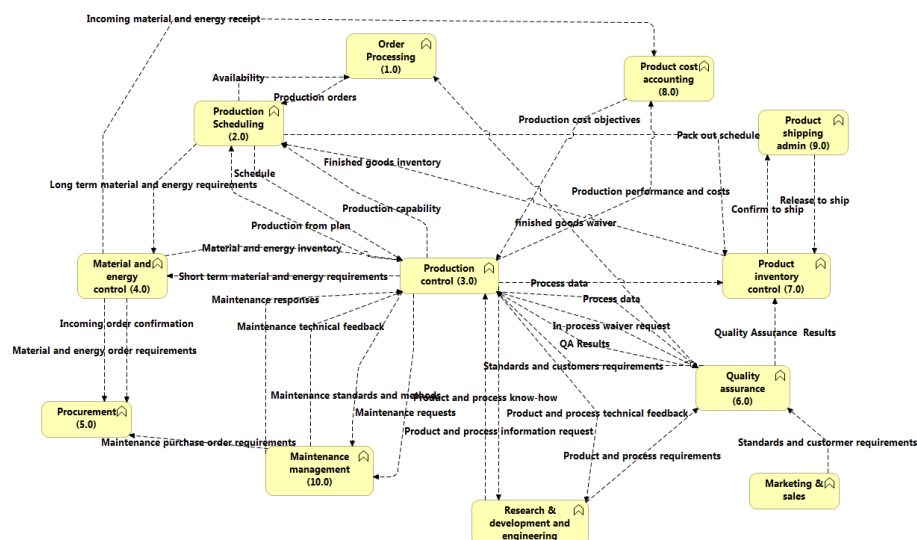


Figure 44 : modèle fonctionnel ArchiMate de la norme ISA-95

Les fonction de la figure précédente ont été classées dans la Figure 45 selon leur appartenance aux fonctions opérationnels des niveau les plus élevés : « Planification et logistique » (Business Planning & Logistics) au niveau 4 de la norme ISA-95 (pris en charge par des système ERP et PDM) et « Pilotage de la fabrication » (Manufacturing operations management) au niveau 3 (pris en charge par des système MES).

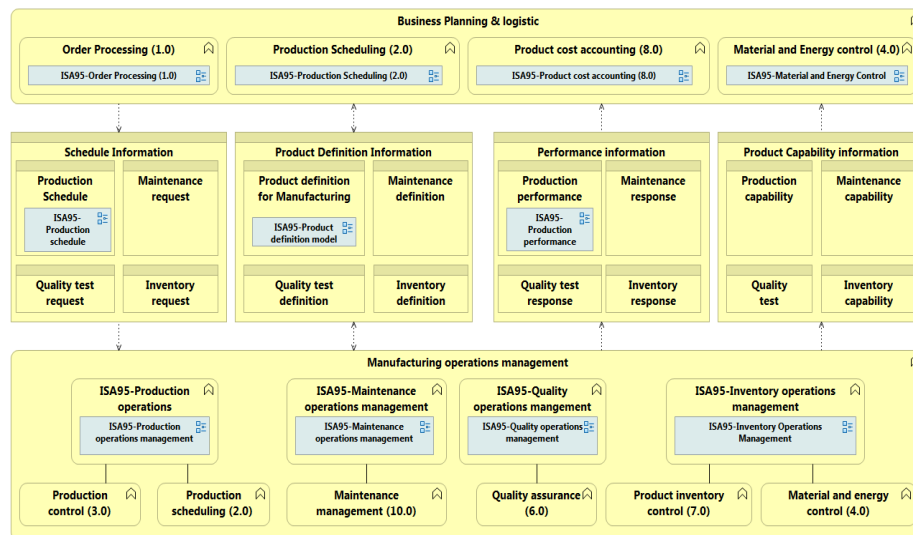


Figure 45 Fonctions génériques et flux de données métier ERP/MES de la norme ISA-95

Les fonctions associées à un système ERP sont les fonctions de gestion des commandes (Order processing), de la comptabilité analytique (Product cost accounting), des expéditions (Product shipping admin), des approvisionnement (Procurement) et de la recherche et développement (Research development) et de l'ingénierie (engineering). Celles associées à un système MES sont les fonctions de pilotage de la Production (Production control), d'assurance qualité (Quality assurance) et de gestion de la Maintenance (Maintenance management). Les fonctions de planification de la Production (Production scheduling), de pilotage des stocks produits (Product inventory control) et du pilotage des flux matières et d'énergie (Material and energy control) sont prises en charge par les systèmes ERP et les systèmes MES.

La Figure 45 ne représente pas l'intégralité du modèle fonctionnel de la norme ISA-95 que nous avons développé dans le projet SIP. Le modèle développé sur ArchiMate présente plusieurs niveaux d'abstraction. Chaque des fonctions est modélisée à un niveau de détail plus fin par une séquence d'activités définies dans la norme ISA-95.

La Figure 45 représente également les flux de données entre les fonctions d'une entreprise. Selon la norme ISA-95, quatre catégories de données sont échangées entre les couches « business » et « fabrication » : des données de planification, des données de définition des produits, des données de performance et de caractéristiques des produits. Chacune de ces catégories est subdivisée en quatre sous-catégories de flux de données correspondant aux informations consommées ou produites par les fonctions du niveau 3 de la norme.

Par exemple, la catégorie « données de planification » comprend les plannings de production, les demandes de maintenance, les demandes de contrôle qualité et les demandes d'inventaire des stocks. Chacun de ces « objets » métier est détaillées au niveau de la couche applicative pour représenter les différents modèles de données standardisées définies par la norme ISA-95.

La Figure 46 illustre le modèle de définition de produit tel que défini par la norme ISA-95 dans sa partie 2. Ce modèle permet de relier les données des gammes de fabrication, les nomenclatures produit et les nomenclatures des ressources de production.

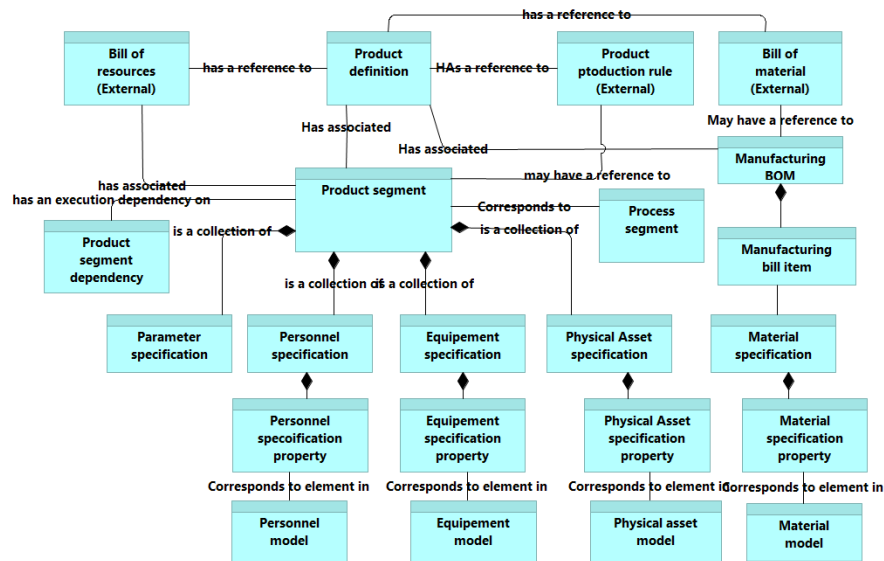


Figure 46 : Structure ArchiMate du modèle de définition de produit de la norme ISA-95

Pour échanger ces données de manière normalisée, ISA-95 définit la structure des transactions qui permettent les échanges de données entre les couches « business » et « manufacturing ». La Figure 47 représente les formats de contenu, de structure et d'implémentation des différents types de transactions d'échange de données. Une transaction ISA-95 est composée d'une zone « application identification area » qui contient des informations sur l'origine du message et sa destination, d'une zone « data area » qui comprend une partie « verb area » pour envoyer une demande (get, change, cancel, etc.) ou répondre à une demande (show, confirm, respond, etc.) et une partie « noun area » pour spécifier les types de données échangées (tel que défini dans la partie 2 de la norme ISA-95) dans un format ISA-95 conforme au format XML : : le « Business To Manufacturing Mark-up Language » (B2MML).

La norme ISA-95 propose trois modèles de transaction d'échange de données :

- un modèle « pull » où un « utilisateur de données » sollicite les données d'un « fournisseur de données »,
- un modèle « push » où un « fournisseur de données » demande à un autre utilisateur une action (« processing », « changing » ou « cancelling ») sur des données
- un modèle « publish » où le propriétaire d'une donnée la diffuse auprès d'utilisateurs « abonnés » (subscribers).

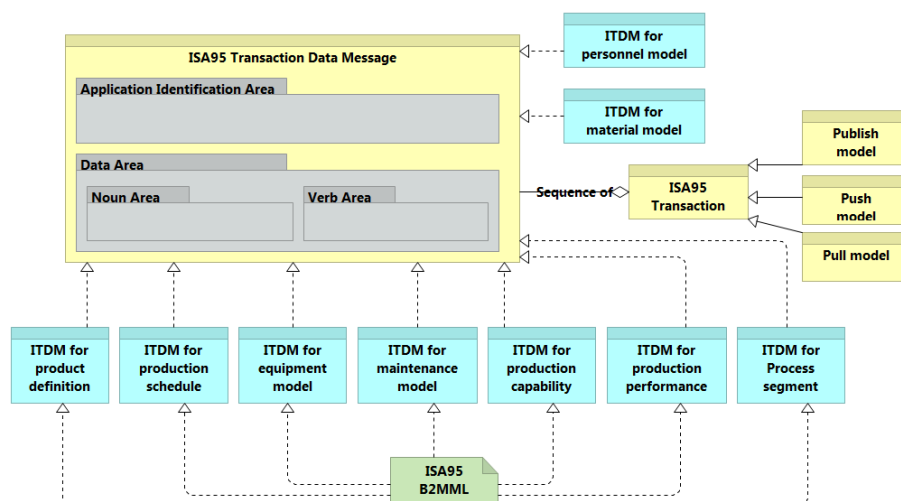


Figure 47 : Modèle ArchiMate des transactions d'échanges de données ISA-95

7.3.2 Modélisation et spécification ArchiMate de scénarios d'échange de données basés sur la norme ISA-95

DEKENZ est une « société » gérée et animée par des étudiants de l'EPF (Ecole d'ingénieurs) et de l'UT de Montreuil (Université Paris 8). La « société école » DEKENZ est spécialisée dans le développement, la fabrication et la commercialisation de stylos. Ce concept de « société école » vise à fournir aux étudiants une formation pratique opérationnelle à la gestion intégrée d'une entreprise industrielle incluant le périmètre des fonctions logistiques (Achat, Stocks, production, administration des ventes, qualité, maintenance, etc.) ainsi que ceux de la commercialisation, de la gestion financière, de la gestion des ressources humaines et de la recherche et développement (études et industrialisation).

Le produit DEKENZ (Figure 48) est un stylo fabriqué principalement à partir d'aluminium et de laiton. Il est composé d'un bouchon assemblé (lui-même composé d'un tube de bouchon, d'un embout, d'une agrafe et d'un clip en plastique moulé), un corps assemblé de (lui-même composé d'un tube de corps, d'un embout, d'un nez et d'un anneau), d'une plume et d'une cartouche.

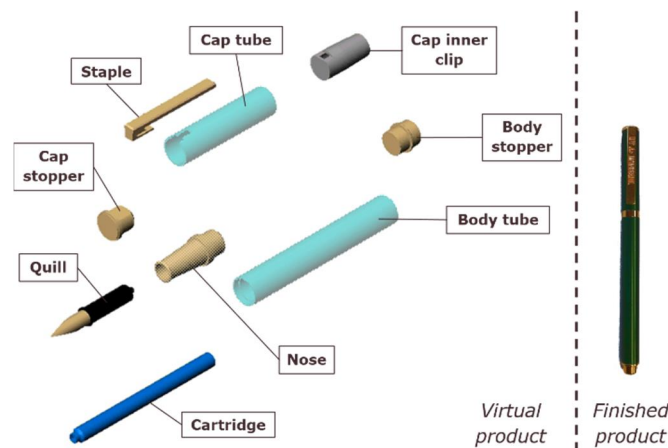


Figure 48 : Le stylo DEKENZ : Composants CAO (à gauche) et produit fini (à droite).

La fabrication et l'assemblage de certaines parties du stylo ainsi que son assemblage final sont réalisés par des étudiants de l'UT de Montreuil dans une « Halle Technologique ». C'est le cas notamment des embouts des bouchons du stylo et des corps du stylo.

La Figure 49 représente la couche métier du scénario d'intégration des données ERP-MES du cas DEKENZ. Sa partie supérieure concerne les activités de planification logistique. Sa partie médiane illustre l'utilisation du modèle ISA-95, développé dans la Figure 45, pour spécifier les flux de données normalisés entre le système ERP de l'UT et les systèmes MES de l'UT et de ses sous-traitants. Enfin, la partie inférieure de la Figure 49 représente les processus de pilotage de la production.

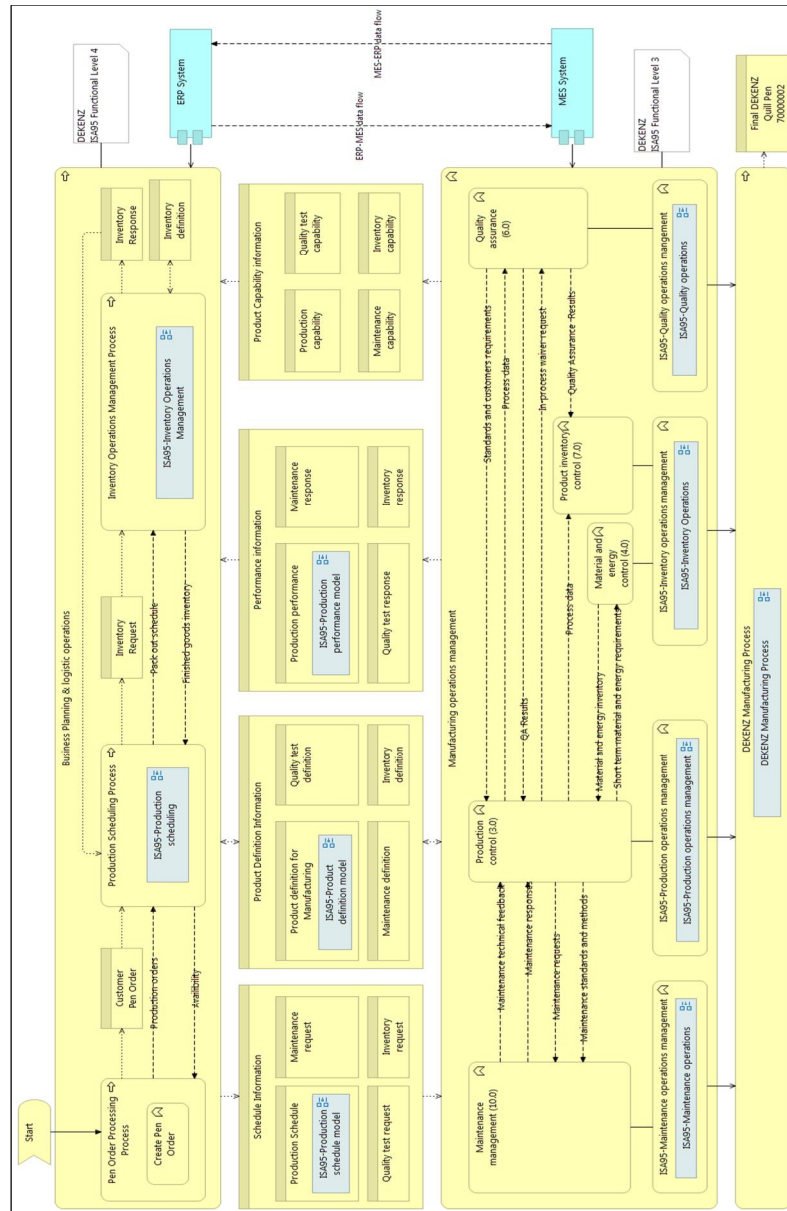


Figure 49 : Scénario d'intégration des données ERP-MES dans le cas DEKENZ

La Figure 50, ci-dessous, illustre l'architecture applicative cible capable de supporter le scénario du cas DEKENZ avec ses flux de données. Nous nous sommes concentrés ici sur les échanges des données de nomenclatures et des plans de production entre les systèmes ERP et MES mais nous illustrons également la transmission des données de capacité du système de production et des données d'exécution du plan de production (données de performance) du MES vers l'ERP.

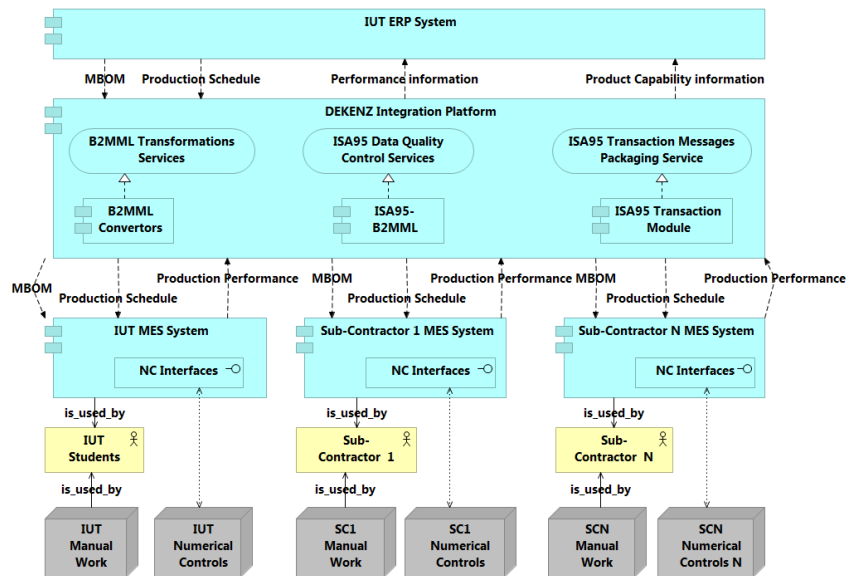


Figure 50 : Architecture applicative cible du scénario d'intégration ERP-MES DEKENZ

7.4 Le banc d'essai SIP

Le projet SIP capitalise les résultats et l'état de l'art de nombreux projets antérieurs, mais également l'état de la pratique (solutions et pratiques industrielles) afin de proposer une infrastructure et une méthodologie pour construire des bancs d'essai opérationnels, efficaces, maintenables, extensibles et reconfigurables dans des délais et à un coût acceptables pour les industriels et les éditeurs de logiciels PLM.

Le NIST (National Institute of Standards and Technology) a étudié l'utilisation des technologies du web sémantique pour l'intégration des applications d'entreprise (Anicic, Marjanovic, Ivezic, & Jones, 2007). Le Banc d'essai AIMT (Application Information Mapping Test) permet de tester la capacité d'un document d'entreprise à traduire correctement le contenu d'un document externe en données internes et vice versa (Jun, Jaewook, & Nenad, 2009). Ce test de correspondance (ou mapping) d'information comporte deux parties : un test d'entrée qui vérifie la lecture et la « traduction » d'un contenu, conforme à un standard d'échange de données, dans une représentation « locale ». La sortie de cette traduction est ensuite comparée à l'entrée pour vérifier si l'équivalence sémantique est préservée.

Le NIST a également développé un banc d'essai pour répondre aux besoins de simulation et de test des normes d'interopérabilité métier inter-entreprises (B2B)¹¹. (Jain, Riddick, Craens, & Kibira, 2007) présente une méthode de détection des incohérences sémantiques grâce à l'analyse des résultats de simulation des organisations et des chaînes logistiques. Il met en évidence les efforts continus du NIST pour mobiliser les éditeurs de logiciels, les industriels, les organismes de normalisation et d'autres parties prenantes afin d'améliorer la capacité de simulation et de validation des normes d'interopérabilité des applications métier dans un cadre de collaboration inter-entreprises (B2B).

Le KorBIT (Korean Business-to-Business Interoperability) a développé, en janvier 2003, un banc d'essai pour fournir une infrastructure de test de conformité pour le développement, le déploiement et la vérification de l'interopérabilité des implémentations d'applications métier B2B afin de faciliter les collaborations entre les entreprises d'Amérique du Nord, d'Asie et d'Europe. Ce banc d'essai est exploité par le KIEC (Korea Institute for Electronic Commerce)

¹¹ <http://www.mel.nist.gov/msid/b2btestbed>

sous l'égide du KATS (Korea Agency for Technology & Standards). Le KorBIT s'est également associé au NIST pour développer une méthodologie de validation des normes de standardisation des données gérées par des outils de visualisation des stocks dans le cadre d'un projet d'interopérabilité d'une filière automobile internationale (Ivezic, Kulvatunyou, Frechette, Jones, Cho, & Jeong, 2004).

On retrouve également dans la littérature, de nombreux cadres de référence pour le développement de bancs d'essai. Nous en avons identifié 3 principaux :

- TestBATN est un cadre qui fournit un environnement de conception et d'exécution de tests de conformité et d'interopérabilité dynamiques, configurables et automatisés pour des normes, des profils et des spécifications B2B. Il a servi au développement de plusieurs bancs d'essai dont celui qui permet de valider l'implémentation de la norme HL7 dans le domaine de la santé (Tuncay, 2011).
- ATF (Agile Test Framework) propose une méthode de conception et un modèle d'exécution de suite de tests (Jungyub, 2007). Il permet la mise en œuvre rapide de bancs d'essai pour tester la conformité par rapport à des normes de différentes applications et documents.
- Le GITB (Global eBusiness Interoperability Test Beds) propose une architecture, une méthodologie et des procédures pour la création, l'utilisation et la coordination de bancs d'essai (CEN, 2010-2012). Il a pour objectif principal le développement d'un cadre de référence, d'une architecture et de méthodologies pour un test global de l'interopérabilité de toutes les couches de spécifications des structures e-business dans un contexte international distribué.

L'étude de ces « bancs d'essai » et de ces cadres de références montre qu'aucun d'entre eux n'aborde la mise en œuvre des normes par une approche d'ingénierie préalablement à la spécification de l'implémentation des interfaces dans les solutions commerciales. L'aspect novateur du projet SIP concernant les « bancs d'essai » réside dans la prise en compte « holistique » des normes, avec l'utilisation combinée de normes métier (par exemple ISO 15288 pour les procédés techniques), de normes applicatives (protocoles d'échange de données tels que ISA 95 ou ISO STEP) et de normes TIC pour l'échange de données (p. ex. XML¹²), de services distribués (p. ex. WSDL¹³) ou des chorégraphies de processus (p. ex. XPD¹⁴).

7.4.1 Architecture et principe du banc d'essai SIP

Le banc d'essai SIP (Figure 51), comprend une plateforme d'exécution combinant un portail collaboratif standardisé, un moteur de workflow et un bus de services d'entreprise. Des services de test et des services PLM basés sur des standards sont déployés sur cette plate-forme d'exécution ainsi qu'un référentiel partagé de « cas d'utilisation », de scénarios de test et de jeux de données de test. L'infrastructure et les processus du banc d'essai SIP permet un accès limité aux services et au référentiel. Cette accès peut être public ou restreint à une communauté donnée ou à une entreprise.

La méthodologie SIP permet de générer des implémentations de référence de composants applicatifs à partir de modèles issues de la démarche MDA¹⁵. Ces composants applicatifs de

¹² <http://www.w3.org/TR/xml>

¹³ <http://www.w3.org/TR/wsdl>

¹⁴ <http://www.xpd.org>

¹⁵ <http://www.omg.org/mda>

référence permettent de simuler la collaboration des différents types d'applications (type A ou B sur la Figure 51) qui seront interconnectés.

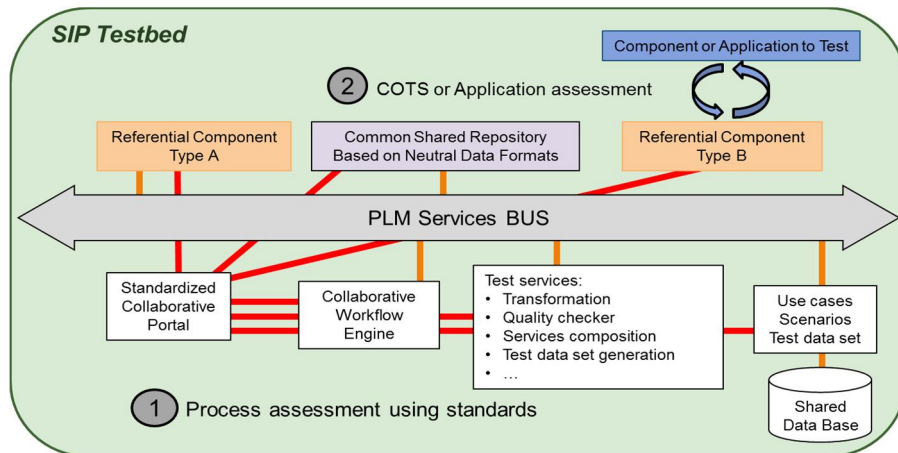


Figure 51 : Architecture et principes du banc d'essai SIP

Une fois les composants applicatifs générés, déployés et reliés entre eux, il sera alors possible de simuler leur collaboration basée sur les standards et ensuite d'évaluer aussi bien les implémentations de standards utilisés (couvrent-ils les besoins de l'entreprise ?) que les processus d'échange d'un écosystème numérique donné tels que les échanges de paquet de données techniques, changement et configuration des processus de gestion, etc.. Quand la configuration simulée est validée, les entreprises qui souhaitent collaborer seront en mesure de spécifier précisément aux éditeurs de logiciels et aux intégrateurs, ce qui est nécessaire pour pouvoir interconnecter les applications réelles et leurs interfaces.

Quand les applications réelles et leurs interfaces seront prêtes, il sera possible de les tester en réutilisant le banc d'essai : les composants de référence seront débranchés et remplacés par l'application effective. En jouant les mêmes scénarios de test avec les mêmes données, il sera possible d'évaluer et de qualifier les composants applicatifs réels en effectuant tout d'abord les premiers tests unitaires (un seul composant) et des tests d'intégration pour un processus complet impliquant simultanément différents organismes, différentes applications et, potentiellement, un ensemble de différentes normes PLM.

7.4.2 Modélisation et simulation d'un processus collaboratif : illustration du cas ISA-95

La norme ISA 95 met l'accent sur le système de production, qui est un « système support » (ISO 15288). Le produit est le « système d'intérêt » (ISO 15288). Il est le résultat des activités de production et ses données, dans ce contexte de production, sont structurées selon le format B2MML (ISA-95). Comme leurs finalités et leurs métiers ne sont pas les mêmes, le bureau d'études gère les données produits sous le format ISO STEP AP242 et le département support client les gère sous le format ISO STEP AP239. Une démarche PLM devient une nécessité pour assurer une collaboration cohérente entre les fonctions Etudes/Production/support clients.

La Figure 52 représente des applications impliquées dans les échanges entre 2 partenaires industriels. La simulation de ces différentes applications (ERP, MES et PDM) est réalisée grâce à des simulateurs (les composants de référence) hébergés sur le banc d'essai SIP et virtualisées sur le « nuage » hors du périmètre des systèmes d'entreprise. Lorsqu'une application réelle est prête à être testée, elle remplace son composant de référence qui est alors « débranché ». Cela reste totalement transparent pour la couche « métier » (ou « business ») où les solutions utilisées pour réaliser les applications sont hébergées.

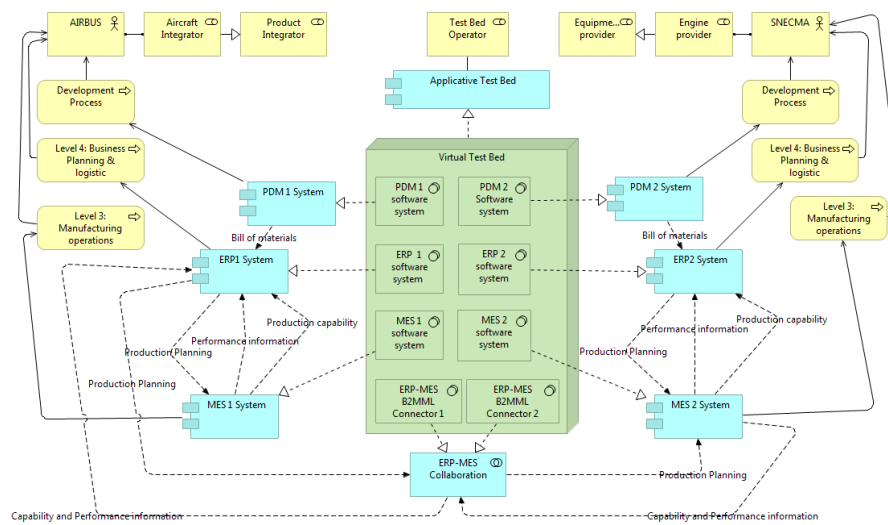


Figure 52 : Vue ArchiMate du banc d'essai SIP pour des solutions ERP/MES/PDM

La Figure 53, représente l'exemple ArchiMate d'un scénario de collaboration ERP-MES conforme à la norme ISA-95. Ce processus métier est supporté par un système d'information et une couche TIC en relation avec l'infrastructure du banc d'essai SIP.

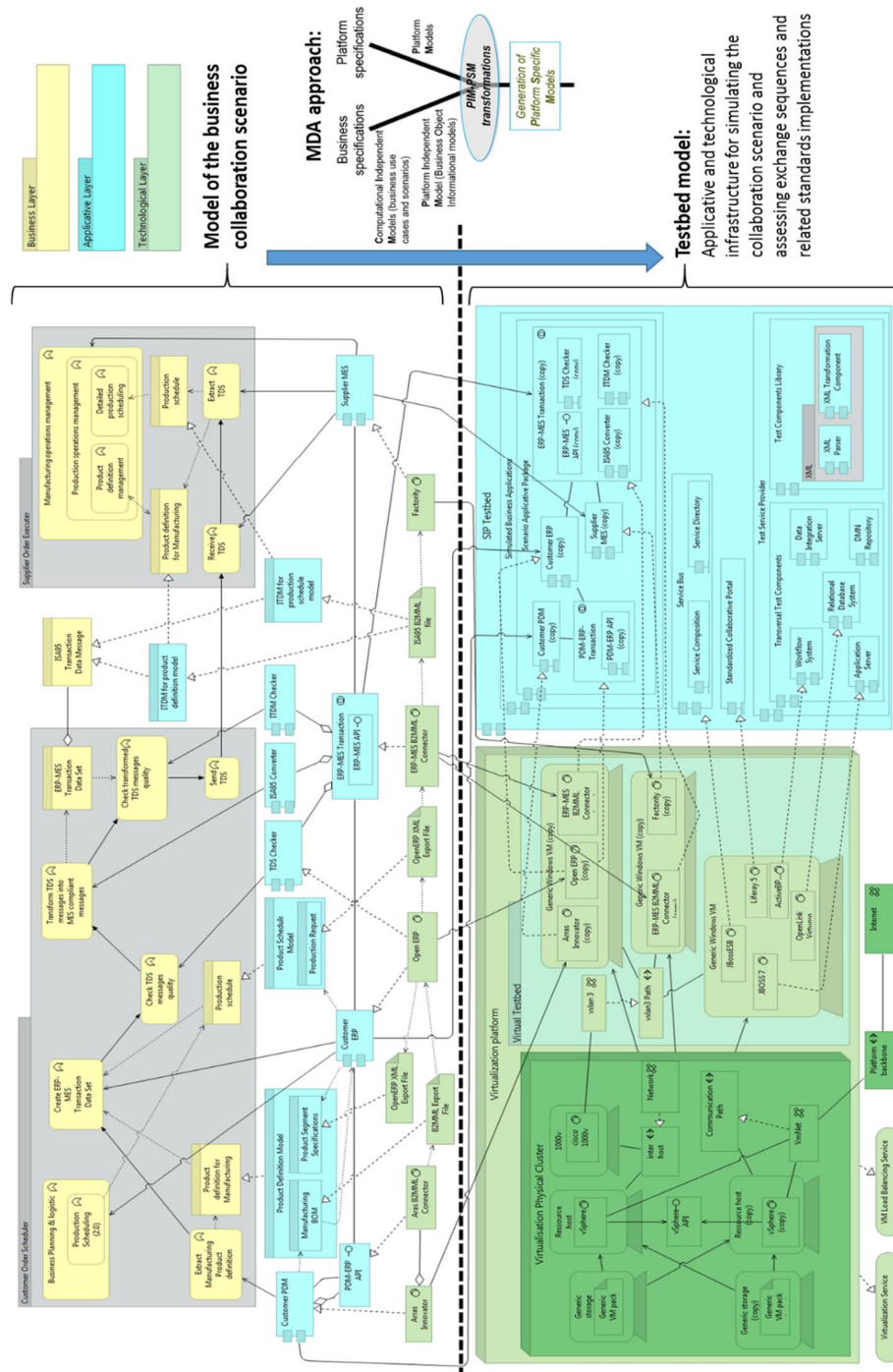


Figure 53 : Vue ArchiMate d'un exemple de scénario de collaboration ERP-MES au format ISA-95 sur le banc d'essai SIP

La partie supérieure de la Figure 53, ci-dessus, représente un exemple de scénario de collaboration. Ce scénario implique un « donneur d'ordre » (customer order scheduler) et un « fournisseur » (supplier order executor). Le « donneur d'ordre » transmet à son fournisseur un planning de production constituée d'un ensemble de requêtes de production (ou commandes) associées à une nomenclature de fabrication issue de ses systèmes ERP et PDM. Le « fournisseur » doit être capable d'intégrer toutes ces informations dans son système MES afin de réaliser la planification détaillée de sa production. Ce scénario opérationnel est décliné sur trois couches. La couche métier (cases jaunes) spécifie la séquence des activités métier et les « objets métier » associés. La couche applicative (cases bleues) spécifie les composants applicatifs supportant ces activités et les « objets donnée » nécessaires à la réalisation des

« objets métier ». La couche technologique (cases vertes) spécifie les systèmes logiciels réels et les fichiers de données nécessaires à l'exécution des composants applicatifs et des « objets donnée ».

La partie inférieure de la Figure 53 représente le banc d'essai SIP avec ses applicatifs (cases bleues sur le côté droit), son infrastructure technologique (cases vertes sur le côté gauche). Cette architecture permet de simuler le scénario de collaboration et de valider la conformité de l'implémentation des séquences d'échange par rapport aux spécifications de la norme ISA-95. Dans la couche technologique (la plate-forme de virtualisation), nous avons modélisé, en les distinguant, le cluster physique virtuel qui spécifie les nœuds de l'infrastructure physique et « réelle » et permet de fournir un ensemble de machines virtuelles, et le banc d'essai virtuel qui les intégrera par la suite. Ces machines virtuelles hébergeront les applications/implémentations simulées, et les périphériques de stockage physiques hébergeront les données de test qui seront produites ou consommées ainsi que les modèles de « workflow » permettant d'exécuter les scénarios de test.

7.5 Conclusion et perspectives

La Figure 53 ci-dessus met en évidence non seulement la complexité de la modélisation d'un scénario de collaboration relativement simple sur trois couches, mais aussi la difficulté à définir les limites du système qui peuvent être conservées entre les couches métier, applicative et TIC dans un réseau d'entreprise complexe.

Les cas décrits dans le projet SIP concernent le soutien logistique intégré et l'interopérabilité transversale liée au cycle de vie d'un produit. Ils proviennent des pratiques des industriels et des experts partenaires du projet.

Le projet SIP a permis de proposer une plate-forme qui fournit des composants et une méthodologie pour faciliter la conception, le développement, le déploiement et la maintenance d'un « banc d'essai » pour évaluer les normes PLM et leurs implémentations. Cependant, le cadre de la méthodologie n'est pas complètement défini. Mes travaux en cours ont pour objectif de le préciser.

8 Travaux de recherche en cours et perspectives

8.1 Introduction

L'interopérabilité est une capacité individuelle, propre à chaque organisation, qui n'est valorisée que dans un cadre de coopération avec des environnements, aussi appelés écosystèmes. Développer son interopérabilité, cela sous-entend naturellement un respect de standards dont la nécessité a été reconnue et établie par des consortiums depuis de nombreuses années.

Or, actuellement il n'existe pas de méthodologie disponible permettant de tester la conformité des applications aux normes et standards dans un environnement d'exploitation spécifique. Il convient également de fournir à une organisation souhaitant s'insérer dans des structures collaboratives existantes ou potentielles les moyens de tester l'applicabilité des normes et des standards à des environnements d'exploitation en réseau.

La simulation peut répondre à cette problématique en permettant de tester des normes et la conformité des applications aux normes sur une gamme de scénarios réels. Les applications peuvent être interfacées avec des systèmes de production et des entreprises simulés (ou virtuels) et testées avec des flux de transactions, de données et de messages générés lors des opérations simulées.

L'objectif des thèses que je souhaiterais démarrer est de proposer une démarche globale basée sur la simulation pour résoudre la problématique de la validation de l'interopérabilité des entités constitutives d'un réseau d'entreprises en permettant de tester des normes et la conformité des organisations, des applications et des technologies aux standards sur une gamme de scénarii réels.

A travers ce travail, nous cherchons à surmonter les limites des « testbeds » existants qui ne permettent pas de couvrir la large gamme de valeurs que peut produire l'exploitation opérationnelle d'un réseau d'entreprises. L'analyse des fichiers de données et des champs ne permet que la vérification de la conformité syntaxique sur la base de l'ensemble spécifique de données utilisées.

Il faudra construire et développer une démarche et des outils de « virtualisation » d'entreprises et formuler des recommandations sur les méthodes, langages et outils les plus efficaces pour la modélisation et la simulation des systèmes complexes que sont les réseaux d'entreprises comme un moyen de vérification et de validation de leur interopérabilité. Les applications pourront alors être interfacées avec des systèmes de production et des entreprises simulés (ou virtuels) et testées avec des transactions et des flux de données et de messages générés lors des opérations simulées. Nous souhaitons proposer une démarche qui permet de détailler les caractéristiques et les conditions d'utilisation d'un simulateur et s'intéresser à son couplage ou son intégration avec des applications d'entreprise (ERP, MES, ...). L'intérêt est d'avoir un outil d'aide à la décision centré sur le test et l'évaluation de l'interopérabilité par rapport à des événements se produisant dans des scénarii d'échange et de disposer d'un outil permettant de mesurer les conséquences de l'évolution d'un réseau d'entreprises sur sa performance en termes d'interopérabilité.

8.2 Elaboration d'un cadre d'interopérabilité pour l'évaluation des normes PLM

Mon premier objectif est d'élaborer un cadre d'interopérabilité novateur (Figure 54) afin de fournir des points de vue architectes pour spécifier des composants applicatifs et technologiques

génériques et spécifiques et une méthodologie basée sur les modèles pour le développement d'un simulateur pour l'évaluation de normes PLM et de leurs implémentations.

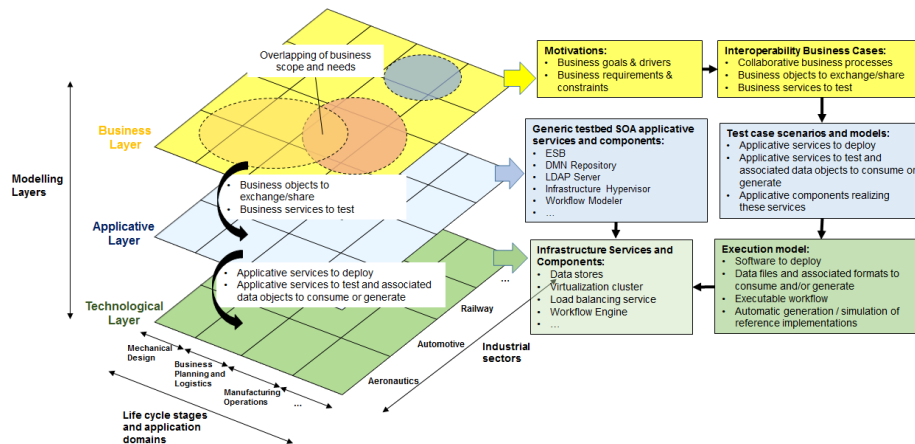


Figure 54 : Cadre de la méthodologie SIP (Moones, et al., 2015)

La première étape de la méthodologie à développer consiste à modéliser le réseau d'entreprise et les motivations stratégiques des différentes partenaires. Toujours dans le cadre de la « couche métier », la deuxième étape consiste à recueillir et modéliser des situations d'interopérabilité de processus métier ainsi que les scénarios d'échange qui leur sont associés. La troisième étape permet de spécifier, au niveau de la « couche applicative », les chaînes de services applicatifs qui prennent en charge ces scénarios métier avant de définir, dans une quatrième étape, au niveau de la « couche technologique », le modèle d'exécution qui sera simulé afin de préparer la bonne configuration de l'infrastructure du banc d'essai.

Nous nous proposons de tester une démarche basée sur l'approche QFD en étendant les travaux développés dans (Mouawad, 2010) au contexte de l'entreprise étendue.

8.2.1.1 Etape 1 : Identification des motivations stratégiques des partenaires

La finalité de cette première étape est de clarifier et de hiérarchiser les motivations des partenaires et de définir leurs objectifs en termes de performance et de contraintes.

Cette étape est le point de départ de la méthodologie, pour cela il faut arriver à expliciter une liste claire, exhaustive, hiérarchisée et unique des objectifs de performance du partenariat. C'est à partir de cette liste d'objectifs que seront élaborés tous les processus et tous les scénarios de collaboration.

Emanuela Todeva et David Knoke (Todeva & Knoke, 2005) expliquent la formation, la mise en œuvre et les conséquences d'alliances stratégiques organisationnelles entre acteurs autonomes. Ils ont analysé les processus de mise en œuvre de ces alliances et les problèmes rencontrés dans leur gestion. Ils ont étudié les conséquences des alliances stratégiques, y compris : la transformation des différents types de capital organisationnel (humain, financier, culturel, social) ; les résultats pour les organisations partenaires ; les effets sur la division du travail d'un point de vue organisationnels ; et les conséquences au niveau de la société.

Ils ont passé en revue la littérature et les recherches théoriques et empiriques sur les alliances stratégiques et la mondialisation de la concurrence et de la coopération pour examiner les buts et les motivations des organisations à conclure des alliances stratégiques. On peut identifier parmi les principales motivations stratégiques d'un partenariat d'entreprises :

- Assurer la réussite d'un objectif commercial important.

-
- Développer ou maintenir une compétence de base ou une autre source d'avantage concurrentiel.
 - Parer une menace concurrentielle.
 - Créer ou maintenir des choix stratégiques.
 - Atténuer un risque important pour l'entreprise.

Cette première étape est une étape de collecte et d'analyse des informations concernant la situation des entreprises partenaires, leurs besoins et leurs stratégies de collaboration.

L'objectif de cette étape est double ; il faut connaître les objectifs de performance de chaque entreprise dans le cadre du partenariat. Ces objectifs sont le préalable indispensable à l'identification des caractéristiques des processus qui seront partagés.

8.2.1.2 Etape 2 : Identification et modélisation des processus métier et des scénarios d'échange associés

Comme dans la démarche proposée dans (Mouawad, 2010), cette étape a pour objectif de faciliter l'analyse, le choix des compromis, la communication et la définition des processus à prendre en charge en priorité. Il s'agit ici de représenter la cartographie des processus collaboratifs à travers leurs relations afin de faciliter la prise de décision. Cette étape va permettre d'identifier les équipes de travail qui devront fortement collaborer entre elles, ce qui limite la découverte tardive de problèmes d'interopérabilité et donc des délais et des coûts supplémentaires.

Pour (Mouawad, 2010), les activités émergent comme le moyen de réaliser les transitions qui permettent de relier les états de l'objet d'un processus durant son cycle de vie et (Morley, Hugues, Leblanc, & Hugues, 2005) considère qu'une activité est un ensemble de tâches correspondant à une unité d'évolution au sein d'un processus. Le découpage d'un processus en activités n'obéit pas, selon cette dernière, à des règles précises. Cependant, il est guidé par plusieurs caractéristiques :

- l'exécution d'une activité est soumise à la réalisation d'un événement (ou d'une coordination d'événements) ;
- une activité correspond à une transformation d'éléments en entrée portés par l'événement déclencheur et part d'un état stable du processus et rend le processus dans un état stable.
- une activité est accomplie par un acteur unique ;
- une activité peut être décomposée en tâches, actions élémentaires qui ne requièrent pas d'autres éléments pour s'exécuter que la réalisation de l'événement déclenchant l'activité et ses ressources.
- une activité n'a pas d'existence propre en dehors du processus et ne fait que participer à sa réalisation.

Pour chacun des processus collaboratifs retenus dans cette étape, on identifie donc la ou les «activités» contribuant à la transformation de son objet. Ce seront les activités à tester et à simuler qui seront caractérisées en mettant en évidence pour chacune d'elles :

- son type (**Procédure** définies par des séquences de tâches et qui sont généralement spécifiques à un processus, **Service** définies par une **Description de Service**, qui peut aussi mentionner les contraintes fixes de sa réalisation et un **Contrat** précisant des contraintes variables d'une instance à une autre (délais de fourniture, prix, entrées mises à disposition, etc.) et **Interaction** définies par un **But**, impliquent une collaboration entre plusieurs acteurs qui doivent prendre en compte le contexte d'action pour construire dynamiquement une manière pertinente de procéder (Berthier & Maurice-Demourieux, 2006))

- son management en termes de définition d'objectifs à travers la définition d'indicateurs de résultats reliés directement aux objectifs de performance des processus mais aussi d'indicateurs économique, organisationnel, et technique.

8.2.1.3 Etape 3 : Spécification des chaînes de services applicatifs

Pour caractériser les entités organisationnelles responsables de mener à bien tout ou partie des travaux d'une activité, nous proposons de s'appuyer sur le concept de « Rôle » définie par (Berthier & Maurice-Demourieux, 2006) dans son méta-modèle « ActivitéRôleActeur ».

Ce concept permet de découpler l'identification des activités de leur affectation à des acteurs et de construire ainsi des processus génériques pouvant être mis en œuvre dans différents contextes organisationnels, d'autre part. Il permet également de s'affranchir de l'existant sans se confiner au point de vue ou aux intérêts d'un métier ou d'un type d'acteur ni reconduire l'essentiel des pratiques actuelles des entreprises partenaires.

Le concept de Rôle permet également de caractériser le type d'engagement attendu de l'acteur dans le déroulement du processus notamment dans le cas des activités placées sous une responsabilité collective impliquant plusieurs acteurs.

(Berthier & Maurice-Demourieux, 2006) définit trois types de rôles pour préciser les responsabilités d'exécution d'une activité, correspondant aux trois types d'activités.

- Le **Rôle d'exécutant** est défini comme la responsabilité d'accomplir un ensemble de tâches de manière conforme à leur description dans l'activité-procédure. Ce type de rôle est généralement confié à un acteur interne à l'entreprise de référence ou placé sous son contrôle (contrat de régie, par exemple). Il peut, s'il est entièrement spécifié, être confié à un acteur informatique.
- Le **Rôle de prestataire** est défini comme la responsabilité de fournir un résultat défini par une description de service, en respectant les contraintes inscrites dans un contrat. L'acteur à qui est confié un rôle de prestataire dispose d'une totale autonomie quant à la manière de s'acquitter de sa mission. Ce type de rôle peut être confié aussi bien à un acteur interne qu'à un acteur externe. Le niveau de formalisation du contrat et de la description de service sera en général plus élevé dans le second cas.
- Le **Rôle d'agent collaboratif** est défini comme la responsabilité de participer à un groupe pour atteindre un but. Une activité-interaction est donc répartie entre plusieurs rôles d'agent collaboratif, chacun des rôles étant ensuite confié à un acteur. Un rôle d'agent collaboratif peut être assuré par un acteur humain (individuel ou collectif) ou artificiel (agent intelligent, p.ex.), interne ou externe à l'entreprise considérée. Cependant, il est souvent nécessaire de définir des rôles pour préciser un sous-ensemble de responsabilités pouvant être confié à un acteur dans le cadre d'une interaction. Il peut correspondre à une responsabilité productive (produire un livrable ou apporter une contribution précise) liée au but de l'interaction ou à une responsabilité dans le management de l'interaction (coordination des travaux de production ou de communication avec le pilote du processus)

Pour chacune des activités identifiées à l'étape précédente, on identifie et on caractérise le ou les «Rôles» y contribuant en mettant en évidence pour chacun d'eux :

- sa nature (exécutant, prestataire ou agent collaboratif)
- ses interactions et articulations avec les autres Rôles

- son management en termes de définition d'objectifs à travers la définition d'indicateurs de résultats reliés directement aux objectifs de performance des activités mais aussi d'indicateurs économique, organisationnel, et technique.

L'objectif de cette étape est de hiérarchiser les rôles selon leur importance dans la réalisation des activités elles-mêmes hiérarchisées afin de se focaliser sur les rôles les plus significatifs. Cela permet de mieux cibler et planifier les efforts de modélisation et de simulation en commençant par les rôles les plus critiques.

Le choix des compromis, la communication et la définition des rôles à prendre en charge en priorité nécessitent la représentation des relations entre rôles afin de faciliter la prise de décision. Cette étape va permettre d'identifier les équipes de travail qui devront fortement collaborer entre elles, ce qui limite la découverte tardive de problèmes et donc les délais et les coûts supplémentaires.

Les rôles identifiés sont parfois indépendants les uns des autres. Mais, il peut également exister entre eux des corrélations. On considérera alors que l'existence d'une corrélation positive entre deux rôles peut signifier une redondance dans la réalisation d'une activité. Cela nous permet notamment d'éviter de doubler les efforts des équipes de travail. En effet, pour assurer la réalisation d'une activité, il suffit parfois d'optimiser un seul rôle et notamment celui qui est le plus important. D'autre part, l'existence d'une corrélation négative entre deux rôles peut signifier une incompatibilité ou une contradiction suite à laquelle il faut chercher un compromis.

8.2.1.4 Etape 4 : Définition des composants du modèle de simulation

Pour caractériser les composants du modèle de simulation, nous proposons de nous appuyer sur la « notion d'acteur ». Un Acteur est un élément (personne physique, collectif d'individus physiques, entité organisationnelle ou programme informatique) qui intervient dans l'exécution des activités d'un processus, selon les rôles qui lui sont confiés. L'acteur peut être interne ou externe à une entreprise (Berthier & Maurice-Demourieux, 2006).

Pour chacun des rôles retenus dans la phase précédente, on caractérise le ou les «acteurs» en mesure de l'assumer. Ce seront les acteurs à former, à construire, à sélectionner ou à concevoir selon leurs natures. Il s'agit ici de définir pour chaque acteur :

- son type : personne physique, collectif d'individus physiques, entité organisationnelle ou programme informatique
- ses caractéristiques en termes de capacité (mesurant le rapport entre sa performance réelle et la performance requise par le rôle qui lui sera confié)
- son management en termes de définition d'objectifs à travers la définition d'indicateurs de résultats reliés directement aux objectifs de performance des activités mais aussi d'indicateurs économique, organisationnel, et technique.

Les acteurs les plus critiques peuvent alors faire l'objet de mesures préventives en proposant des solutions d'amélioration de leur fonctionnement. Cela peut se faire également en améliorant les possibilités de détection ou en proposant des solutions ou actions correctives applicables en cas de dysfonctionnement. Ces actions préventives et/ou correctives seront conçues en fonction du caractère majeur ou mineur de la criticité et de l'importance des rôles auxquels ils sont affectés. Cela permet de mieux cibler et planifier les efforts de conduite du changement en commençant par optimiser les ressources clés.

Les acteurs identifiés sont parfois indépendants les uns des autres. Mais, il peut également exister entre eux des corrélations. On considérera alors que l'existence d'une corrélation positive entre deux acteurs peut signifier une forte interaction dans un même rôle. Cela nous permet notamment d'optimiser et de mieux coordonner les efforts des équipes de travail dans le choix et

le dimensionnement des ressources. D'autre part, l'existence d'une corrélation négative entre deux acteurs d'un même rôle peut signifier une incompatibilité ou une contradiction suite à laquelle il faut chercher un compromis.

8.3 Contribution à la modélisation et à la gestion des configurations des Systèmes de Production Reconfigurables (SPR) (Kombaya, 2020 ?)

8.3.1 Introduction

Pour demeurer compétitives, les entreprises concevant des produits complexes sont amenées à collaborer dans le cadre de réseaux ad hoc. Cette compétitivité de plus en plus accrue des entreprises dépend donc de leur capacité à réagir rapidement et au moindre coût aux fluctuations du marché. Cette capacité au changement concerne tous les niveaux de l'entreprise.

Le degré de changement pourrait ainsi être mesuré à tous les niveaux organisationnels de l'entreprise en réponse aux perturbations du marché ou bien face aux éventuels aléas de production. Cette capacité d'adaptation est désignée dans la littérature par la notion de « changement ». Ce concept a été introduit pour désigner différents types de flexibilité d'une entreprise. Cependant, la mesure du changement comme attribut n'est pas bien définie dans la littérature, même si elles sont souvent associées à des métriques similaires à celles de la qualité.

La reconfiguration d'un système de production permet de changer son taux de production et les types de produits avec un minimum de coût et de délai. Elle est obtenue en intégrant de nouvelles ressources (de transport ou de transformation) dans le système de production mais aussi de nouveaux partenaires. Ce type d'organisation nécessite l'interconnexion d'une multitude de systèmes d'information, qui sont de facto hétérogènes que ce soit par les fonctions qu'ils assurent ou par leurs conceptions (modèles, architectures, ...) et difficiles à intégrer. Ce qui amène des problèmes en ce qui concerne l'échange et le partage des modèles d'un produit et les processus associés entre les environnements numériques des différents partenaires.

La reconfiguration contribue à l'extension du cycle de vie du système de production en modifiant ses caractéristiques physiques, organisationnelles et informatiques en fonction des changements du marché. Les études menées dans ce domaine proposent généralement plusieurs stratégies de reconfiguration. Elles sont déterminées en fonction de la difficulté de leur mise en œuvre par les modules opérationnels (Pilotage,) et le temps qu'elles nécessitent. Les ressources de production sont classées en trois catégories : les ressources engagées en production, les ressources en attente et les ressources à l'arrêt. Chacun des types de reconfiguration suivants concerne l'une de ces catégories : la reconfiguration mineure, la reconfiguration significative et la reconfiguration majeure. En cas d'échec d'une reconfiguration majeure, il faudrait changer les objectifs de production en cours.

Il existe plusieurs approches permettant d'aborder, de modéliser ou de résoudre un problème de reconfiguration. En fonction de l'objectif visé par l'étude ou des spécificités du domaine d'application, différentes approches existent dans la littérature. Le Tableau ci-dessous présente une synthèse des travaux de la littérature portant sur la conception et la modélisation des systèmes de production reconfigurables.

Auteurs	Niveau de reconfiguration				Aspect de reconfiguration	Méthodologie	Outils
	Stratégique	Tactique	Opérationnel	Technique			

IRCCyN						
[Olivier Cardin, 2007]				Pilotage des systèmes de production	Simulation	ARENA
[Quintanilla, Cardin et al, 2013]				Le système	Simulation	/
[Youssef Benama, 2016]				Conception d'un système de production mobile	Aide à la décision multicritères	
[Khaled LEMECHE, 2016]				Projet STAR	Modélisation	SysML
SIGMA						
[Imad Chalfoun et al, 2013]				Système SPRA	Modélisation et conception	SysML
[Chalfoun, Kouiss et al, 2013]				Système RAMS	Modélisation et conception	SysML
[Nadège Benkamoun, 2016]				Système changeable	Modélisation	Des scénarii de reconfiguration
LAGIS						
[Eun Joo Lee, 2006]				La commande reconfigurable des SED	Conception	CASPAIM/RdP
[Yongliang Huang, 2013]				Système	Modélisation mathématique	RdP
FAYOL						
[Mohamed ESSAFI, 2010]				Les lignes de transfert	Modélisation linéaire en nombre mixte / Approches heuristique	ILOG CPLEX
[Borisovsky, Delorme, 2012]				Les lignes de transfert	Modélisation mathématique	Algorithme de programmation dynamique
[Fatma MAKSSOUD, 2014]				Les lignes de transfert ou d'assemblage	Modélisation mathématique/ Programmation linéaire en nombre mixte/ Goal Programming	C++/ ILOG CPLEX
LIMOS						
[Makssoud, Battaia et al, 2014]				Les lignes de transfert	Modélisation mathématique	/
[Battaia, Bissaud et al, 2015]				Système de production rotative	Modélisation mixte en nombre entier	/

G-SCOP						
[Eric Deschamps, 2007]				Le système	Modélisation	/
CRAN						
[Pascal Marange et al, 2011]				Projet TRANE	Modélisation	UPPAAL
Travaux internationaux						
Travaux canadiens						
[ElMaraghy et Deif, 2006]				Le système et ses composants	Conception	IDEF0
[ElMaraghy et Youssef, 2006]				Le système	Méthode de conception	/
[ElMaraghy et Youssef, 2007]				Le Système	Méta-heuristiques	Algorithme génétique/ Recherche avec tabou
Travaux du Etats Unis						
[Bruccoleri, Paesk et al, 2006]				Le système/ Machine	Simulation	UML
[Koren et Shpitlani et al, 2010]				Système	Modèle mathématique	/
[Bryan, Wang et al, 2013]				RAS	Modèle mathématique	Programmation non linéaire intégrée
[Bryan, Hu et al, 2013]				Système d'assemblage	Programmation non linéaire en nombre mixte	ASRP
Travaux du Royaume-Uni						
[Abdi et Labib, 2003]				Le système	Modélisation mathématique	AHP
[Abdi et Labib, 2004]				Le système	Modèle mathématique multicritère flou	Approche multicritère/flou
Travaux allemands						
[Tracht et Hogreve, 2012]				Du système au poste de travail	Conception	/
[Andreas Hees et al, 2017]				Planification	Modèle mathématique	Mixed integer linear programming (MILP)
Travaux de Malta						
[Francalanza, Borg et al, 2014]				Système de production changeable	Conception	/
Travaux des Pays-Bas						
[Zhang, Rodrigues et al, 2009]				Le système/ Le mécanisme	Conception	RdP coloré et temporisé

[Puik, Telgen et al, 2013]				Les processus	Conception	SADT/ AMDEC
----------------------------	--	--	--	---------------	------------	----------------

8.3.2 Objectifs de la thèse

Le sujet de thèse de M. Kombaya portera sur le développement d'une démarche de modélisation d'un système de production reconfigurable qui doit permettre de déployer différentes configurations par des scénarios et indiquer la meilleure sur la base d'indicateurs de performance. Il est suggéré de cibler prioritairement les indicateurs globaux qui seront identifiés dans la littérature scientifique du domaine. Nous allons prouver la faisabilité et la pertinence de la configuration retenue à travers des modèles formels décrivant son comportement d'une part, et par la vérification et validation de ses propriétés de bon fonctionnement d'autre part.

L'objectif de ce travail de recherche est de proposer une démarche globale basée sur la simulation pour résoudre la problématique de la reconfiguration des systèmes de production en permettant de tester des scénarii et la conformité des organisations, des applications et des technologies à des objectifs de performance prédéfinis sur une gamme de scénarii réels.

Nous souhaitons construire et développer une démarche et des outils de « virtualisation » de système de production et formuler des recommandations sur les méthodes, langages et outils les plus efficaces pour leur modélisation et leur simulation comme un moyen de vérification et de validation de leur niveau de reconfiguration. Les résultats attendus sont la :

- Proposition d'une approche de modélisation des systèmes de production reconfigurables.
- Proposition et formalisation d'indicateurs de performance ciblés.
- Proposition de scénarii organisationnels
- Développement d'un modèle théorique de représentation et de gestion des ressources. Ce modèle consiste à spécifier la plateforme technologique en tenant compte de la stratégie de reconfiguration adoptée.
- mise en œuvre de scénarii de reconfiguration et développement d'un simulateur pour la validation de la démarche.

8.4 Conclusion et perspectives

Cette section a présenté mes travaux en cours et leur possible projection dans le cadre d'une thèse. Mais chacune des thèses déjà soutenues donne lieu à des perspectives de recherche et des développements que je souhaiterais mener dans le cadre de futures thèses.

J'ai présenté dans la section 3 de ce mémoire de recherche mes travaux concernant la thématique « Méthodologie et référentiel de gestion de projet d'intégration » à la suite de notre approche basée sur la notion de prérequis. Il s'agit du travail de thèse de Pierre Mouawad (Mouawad, 2010) que j'ai co-encadré. Cette section présente la proposition d'une démarche basée sur une approche QFD (Quality Function Deployment).

Le travail présenté dans (Mouawad, 2010) a fait l'objet de plusieurs développements qui portent notamment sur la démarche proposée pour la composition des équipes projets. La section 4 présente les évolutions et les développements apportés dans le cadre du travail de thèse de Ikram Khatrouch (Khatrouch, 2014) que je pense pouvoir encore faire évoluer en proposant la construction d'un outil d'aide à la décision basée sur une démarche de raisonnement à partir de cas avec des paramètres flous.

La section 5 présente notre contribution à la gestion proactive des risques liés à la reconfiguration d'un processus métier. Le travail réalisé dans le cadre de la thèse de Mamadou Camara (Camara, 2009) propose une méthode de prédictions de l'impact opérationnel du changement sur les processus notamment sur l'acceptation du changement par les utilisateurs finaux. Nous allons montrer comment cette méthode de prédiction va permettre une gestion proactive du changement dans les projets ERP en fournissant un outil d'évaluation des actions de gestion du changement qui cibleront en priorité les processus les plus impactés par le changement en amont du projet lors de la phase de réorganisation des processus métier.

C'est dans ce cadre que se pose la question de la prise en compte de la collaboration entre plusieurs entreprises pour la mise en œuvre d'un processus externalisé. Au-delà des avantages inéluctables de l'externalisation sur le niveau stratégique, financier, organisationnel et opérationnel, bon nombres de risques significatifs existent.

La section 6 présente le travail de (Bellaaj, 2009) qui propose une réponse fondée sur l'utilisation des méthodes de gestion des risques appliquées aux processus d'externalisation. L'objectif étant l'anticipation des problèmes et des opportunités à venir pour rendre le processus de prise de décisions associé au déroulement des projets plus agile.

La méthode proposée dans (Bellaaj, 2009) est une démarche générale, elle propose un outil d'aide à la décision mais les résultats dépendent des informations intégrées. Parmi les perspectives de recherche que je souhaiterais envisager à la suite du travail exposé dans cette section, je peux citer la mise en œuvre d'une démarche DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) combinée à la méthode ANP (Analytic Network Process) (Shih, Lin, Wang, & Hung, 2013) pour résoudre la question de la qualité des données.

Enfin la section 7 présente les premiers résultats de la thèse de Emna MOONES en cours. Cette thèse est menée dans le cadre du projet « Standard et Interopérabilité Plm » (SIP) à l'Institut de Recherche Technologique (IRT) « SystemX ». Elle tente d'apporter une réponse au problème de la maîtrise de l'interopérabilité dans les entreprises en réseau.

9 Conclusion générale

Un département naissant dans un IUT en construction est une formidable opportunité pour un jeune maître de conférences de développer des compétences en « pédagogie » et en « ingénierie pédagogique », en « responsabilités pédagogiques et administratives » et en développement de la recherche.

En 20 ans d'activités à l'IUT de Montreuil, mes compétences peuvent se définir de la manière suivante :

En pédagogie et en ingénierie pédagogique, j'ai eu la chance d'enseigner dans différentes formations (DUT, Licences professionnelles, Ecoles d'ingénieurs et école de commerce) le management industriel et logistiques. J'ai également eu l'occasion de participer au développement d'outils pédagogiques tels qu'une halle technologique, un simulateur pédagogique, un ENT (Moodle) et la mise en place de formations sur des progiciels (Prodstar, SAP, WITNESS, ARIS, etc.). J'ai également participé à la mise à jour et à la mise en œuvre du PPN QLIO et à son adaptation à l'apprentissage et à une formation en semestres décalés. J'ai aussi piloté et/ou participé au développement de 3 licences professionnelles en formation initiale, en apprentissage et en formation continue.

En responsabilité pédagogique et administrative, j'ai exercé un spectre large de fonctions qui vont du pilotage et de l'organisation des projets tuteurés en DUT, à la direction de l'IUT en passant par l'animation de formations, la direction du département QLIO, la participation aux activités du conseil de l'IUT et la présidence de sa commission des moyens, etc. J'ai également représenté le CA de l'Université Paris 8 au sein du FSDIE et de la section disciplinaire et j'ai participé au groupe de travail chargé de la construction de la politique indemnitaire de l'université pour les enseignants et les enseignants-chercheurs et à celui chargé de tester un modèle de calcul des coûts de l'activité universitaire (Formation, Recherche et Pilotage).

En recherche, être le premier enseignant-chercheur arrivé dans un jeune IUT rattaché à une université à dominante SHS est un véritable défi. Mais les directions de l'IUT et de l'université ont été facilement convaincues de la nécessité de constituer un pôle de recherche en génie industriel pour soutenir le département OGP naissant. Le renfort d'un collègue maître de conférences en 1999 a permis de construire les bases d'un projet de recherche sur lequel a été recruté un professeur d'université en 2000. Nous avons travaillé tous les trois à monter une équipe et à essayer de trouver des collaborations. Mon implication active dans la vie de l'IUT a permis d'obtenir des moyens matériels et même humain. Nous avons renforcé notre équipe avec un poste d'ATER en 2002 puis un troisième poste de Maître de conférences en 2004 et un 4^{ème} en 2008.

Mes axes de recherche concernent la conduite du changement et l'évaluation des risques associés. J'ai choisi d'analyser le changement induit par les projets d'implémentation des systèmes d'information utilisant la stratégie BPR « déclenché par la technologie » car elle est plus réaliste et moins complexe, plus fréquemment utilisée et moins coûteuse qu'une stratégie de réingénierie de type « tableau vierge ».

Au cours de ces années d'activité, j'ai pu collaborer avec des partenaires académiques et industriels tant au niveau régional que national voire international.

Les partenaires académiques avec lesquels j'ai pu collaborer sont : l'ISC Paris, l'ESCE pour l'encadrement de mémoires de fin d'étude, l'ART System X pour la thèse de Emna Moones et l'université de Sfax pour le co-encadrement de 2 thèses en cotutelle : celle de Salma Bellaïj et de Ikram Khatrouch.

Les partenaires industriels, quant à eux, sont : SAGEM, GIMA, SPRING TECHNOLOGIES, BOOST AEROSPACE et AIRBUS. Dans ce cadre, j'ai participé activement au montage et au

suivi scientifique de 3 projets de recherche qui sont : « Modélisation Atelier LMJ » (avec SAGEM en 2006), « Sys-Mco » (avec GIMA et SPRING TECHNOLOGIES de 2009 à 2011) et « SIP » (avec AIRBUS et BOOST-AERO-SPACE de 2013 à 2016).

L'ensemble de ces activités ont donné lieu à de nombreux résultats scientifiques : 2 chapitres dans des ouvrages collectifs, 10 articles dans des revues à comité de lecture, 30 communications dans des conférences internationales avec comités de lecture et actes, 10 communications dans des conférences nationales avec comités de lecture et actes, 5 communications dans des colloques sans actes, 3 rapports d'études de contrats R&D.

Les perspectives de mes activités de recherche sont nombreuses et se situent à deux niveaux :

Sur le plan académique de la recherche scientifique, l'objectif est de maintenir et poursuivre les axes de recherche (notamment dans le cadre de projets de recherche soutenus par l'ANR ou les pôles de compétitivité). Les pistes d'investigation, telles qu'elles sont clairement montrées dans ce document, peuvent être définies par :

- Évaluation des risques et de la performance des projets d'intégration PLM et de leurs impacts sur les organisations
- Méthodologie et référentiel de gestion de projets d'intégration PLM
- Gestion des équipes autour des projets PLM

Sur le plan du transfert technologique, il s'agit de continuer à travailler avec les industriels déjà identifiés mais aussi de mettre à profit mes encadrements de mémoire de fin d'étude des étudiants de l'ESCE pour enrichir mes axes de recherche ou envisager de nouvelles pistes. Parmi celles à envisager, les principales sont :

- Comment le « Cloud Computing » peut-il être un levier d'amélioration de la SCM ? (Groupe IBM)
- La supply chain digitale (Société HEINEKEN)
- Optimisation du circuit de livraison chez Leroy Merlin : facteur de la réussite et impacts sur l'entreprise. (Groupe Leroy Merlin)
- Méthodologie de conduite du changement dans un processus de réorganisation de la « supply chain » d'une multinationale. (Groupe L'Oréal)
- SELECTING A TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM (TMS) - Overall Framework of a TMS Benchmark Analysis Applied on an European Airline Company (Groupe Air France)
- L'amélioration du processus de prévision de consommations de câbles de fibre optique dans le domaine des télécommunications (Orange)
- Quels sont les impacts d'un changement d'ERP au niveau de la performance des processus de gestion et comment les minimiser ? (Société Thales Communications & Security S.A.S)
- La qualité des données à paramétrer lors des migrations vers un nouvel ERP type SAP. (Société ARKEMA)
- Optimisation des processus administrations des ventes par la mise en place d'un CRM. (Société Interval)

10 Références bibliographiques

- Adderley, R., Townsley, M., & Bond, J. (2006). Use of data mining techniques to model crime scene investigator performance. *The Twenty-Sixth SGAI International Conference on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence*. Springer.
- Adil, G. K., Rajamani, D., & Strong, D. (1997). Assignment allocation and simulated annealing algorithms for cell formation. *IIE Transactions*, 53-67.
- AFNOR. (2003). *Management de projet - Gestion du risque - Management des risques d'un projet*. Projet Afnor X50-117, avril 2003.
- Aguilar, E. A., Ruiz, F., Garcia, F., & Piattini, M. (2006). Applying Software Metrics to evaluate Business Process Models. *CLEI electronic journal*, Vol. 9.
- Aladwani, A. M. (2001). Change management strategies for successful ERP implementation. *Business Process management journal*, 266-275.
- Al-Mashari, M. (2001). Process orientation through Enterprise Resource Planning (ERP): A review of critical issues. *Knowledge and Process Management*, 175-185.
- Al-Mashari, M., & Zairi, M. (1999). BPR implementation process: an analysis of key success and failure factors. *Business Process Management Journal*, 5(1), 87-112.
- Al-Mashari, M., & Zairi, M. (2000). Information and business process equality: the case of SAP R/3 implementation. *Electronic journal on information systems in developing countries*.
- Al-Mashari, M., Al-Mudimigh, A., & Zairi, M. (2003). Enterprise resource planning: a taxonomy of critical factors. *European journal of operational research*, 352-364.
- Al-Mashari, m., Zairi, M., & Okazawa, K. (2006). Enterprise Resource Planning (ERP) implementation: a useful road map. *Int. J. Management and Enterprise Development*, 3(1).
- Altekar, R. (2005). *Enterprise wide Resource Planning. Theory and Practice*. Eastern Economy Edition.
- Anderson, R. D., & Lenz, R. T. (2001). Modeling the Impact of Organizational Change: A Bayesian Network Approach. *Organizationnal Research Methods*, Vol. 4(1).
- Anicic, N., Marjanovic, Z., Ivezic, N., & Jones, A. (2007). Semantic Enterprise Application Integration Standards. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, , 10(2/3), 205 ó 226.
- Ansoff, I. (1965). *Corporate Strategy*.
- Arshinder, K., Kanda, A., & Deshmukh, S. (2008). Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *Int J Prod Econ*, 115(2), 316ó335.
- Ash, C., & Burn, J. M. (2003). A strategic framework for the management of ERP enabled e-business change. *European journal of operational research*, 146, 374-387.
- Assante, S. (2012). *Les 16 grands types de personnalité*. Editions Dangles.
- Autissier, D., & Moutot, J. M. (2003). *Pratiques de la conduite du changement : Comment passer du discours à l'action*. Dunod.
- Autissier, D., & Wacheux, F. (2000). *Structuration et management des organisations*. L'Harmattan.
- Autissier, D., Vandangeon, I., & Vas, A. (2010). *Conduite du changement: Concepts-clés: 50 ans de pratiques issues des travaux de 25 grands auteurs*. Dunod.
- Auzelle, J.-P. (2009). *Proposition d'un cadre de modélisation multi-échelles d'un système d'information en entreprise centré sur le produit. Modélisation et simulation*. Université Henri Poincaré, Nancy I.
- Avison, D., Jones, J., Powell, P., & Wilson, D. (2004). Using and validating the strategic alignment model. *Journal of Strategic Information Systems*, 13, 223ó246.
- Avison, D., Wilson, D., & Hunt, S. (2003). An IT failure and a company failure: A case study in telecommunications. *In 8th Congress of Association for Information Management (2003, May)*.
- Bancroft, N., Seip, H., & Sprengel, A. (1998). *Implementing SAP R/3: How to introduce a large system into a large organization*. Greenwich, CT.: Manning publications CO: .

-
- Barki, H., & Pinsonneault, A. (2002). *Explaining ERP implementation effort and benefits with organizational integration*. Cahier du Gresi.
- Barki, H., & Pinsonneault, A. (2003). The Construct of Organizational Integration: A Research Framework and Its Application to Enterprise Systems Research. *Cahier du GReSI*(03).
- Barki, H., Rivard, S., & Talbot, J. (2001). An integrative contingency model of software project risk management. *Journal of Management of information Systems*, Vol.17(4), p.37-70.
- Barnes, M. (1999, février 22). Customization of ERP requires development skills. *Information week*.
- Barthélemy, J. (2003). The seven deadly sins of outsourcing. *Academy of Management Executive*, Vol. 17(2), pp. 87-100.
- Barthélemy, J. (2007). *Stratégies d'externalisation: Préparer, décider et mettre en oeuvre l'externalisation d'activités stratégiques*. Dunod.
- Basili, V. R., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (1994). The goal question metric paradigm. (e. John, Éd.) *Encyclopedia of Software Engineering*, Vol. 2, pp. 528-532.
- Bekkar, A. (. (2011, juillet-août). *Journal de la Production*.
- Bellaaj, S. (2009). *L'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation : cas des entreprises industrielles tunisiennes*. Thèse de doctorat en productique et génie industriel, Université Paris8.
- Bernard, J., Rivard, S., & Aubert, B. (2002). *Évaluation du risques d'implémentation de progiciel*. Rapport du projet réalisé dans le cadre de l'entente entre Hydro-Québec, VRQ (Valorisation Recherche Québec) et CIRANO en gestion intégré des risques, Septembre 2002.
- Berthier, D. M., & Maurice-Demourieux, M. (2006). Un modèle de processus métier pour les nouvelles formes d'organisation des activités. *11th conference of the AIM (Association Information & Management) "Systèmes d'Information et Collaboration : Etat de l'Art et Perspective*. Luxembourg.
- Berthier, D., Morley, C., & Maurice-Demourieux, M. (2005). Enrichissement de la modélisation des processus métiers par le paradigme des systèmes multi agents. *Systèmes d'information et management*, Vol. 10(3), p. 25.
- Besson, P. (1999). Les ERP à l'épreuve de l'organisation. *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 4(4), p. 21-51.
- Besson, P., & Rowe, F. (2001). ERP Project Dynamics and Enacted Dialogue: Perceived Understanding, Perceived Leeway, and the Nature of Task-Related Conflicts. *Database for Advances in Information Systems*, 32(4), 47-66.
- Bettis, R., Bradley, S., & Hamel, G. (1992). Outsourcing and industrial decline,. *Academy of Management Executive*, Vol. 6(1), pp. 7-22.
- Bingi, P., Sharma, M., & Godla, J. (1999). Critical Issues affecting an ERP implementation. *Information systems management*, 16(3), 7-14.
- Blain, J. (1999). *SAP R/3: Le Macmillan*. (CampusPress, Éd.)
- Boar, B. H. (1993). Implementing Client/Server Computing. *McGraw-Hill*.
- Bootcher, S. G., & Dethlefsen, C. (2003). DEAL: A Package for Learning Bayesian networks. *Journal of Statistical Software*, pp. 1-40.
- Botta-Genoulaz, V., & Millet, P.-A. (2005). An investigation into the use of ERP systems in the service sector. *International Journal of Production Economics*, 1-20.
- Botta-Genoulaz, V., Millet, P., & Neubert, G. (2001). The role of Enterprise Modeling in ERP Implementation. *International Conference on Industrial Engineering and Production Management (IEPM'01)*, (pp. 220-231). Quebec (Canada), Auguste 20-23.
- Boucher, X., & Crestani, D. (2006). Decision Support Systems Issues in Enterprise Change Management. *Journal of Decision Systems (JDS)*, Vol. 15(4).
- Bourey, J.-P., Grangel, R., Ducq, Y., Berre, A., Bertoni, M., & al. (2007). *Report on Model Driven Interoperability*. Deliverable TG2.3. <hal-00356088>.
- Boutin, P. (2001). *Définition d'une méthodologie de mise en œuvre et de prototypage d'un progiciel de gestion d'entreprise (ERP)*. Thèse, Ecole Nationale des Mines, St-Etienne.
-

-
- Bradley, J. (2003). Management Theory based critical success factors for Enterprise Resource Planning Systems. *Proceedings of the IRMA 2003 conference*. Philadelphia, USA.
- Brown, J. (2001). ERP doomed by Poor planning. *Computing Canada*.
- Bruges, P. (2002). *ERP Implementation Methodologies*. University of Missouri, St-Louis.
- Buchanan, D., & Huczynski, A. (1997). *Organizational behaviour: An introductory text* (éd. 3rd ed). London: Prentice Hall.
- Burlat, Peillon, & Vincent. (1997). Quels modèles pour une firme sans frontières ? *Actes du 2e Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel : le génie industriel dans un monde sans frontières*. Albi (septembre 1997).
- Camara, M. (2009). *Gestion proactive du changement dans les projets de réingénierie des processus métiers*. Thèse, Université Paris 8, Saint-Denis, France.
- Carolyn, A. (1998). Building a care and research team. *Journal of the Neurological sciences*, 160(Suppl. 1), pp 137-140.
- CEN. (2010-2012). *CEN WORKSHOP AGREEMENT 16093 in February 2010 and 16408 in February 2012*. European Committee for Standardization (CEN).
- Chaabouni, A. (2006). Implantation d'un ERP (Enterprise Resource Planning): Antécédents et Conséquences. *XVème Conférence Internationale de Management Stratégique*. Annecy/Genève.
- Chang, S., & Gable, G. (2002). A Comparative Analysis of Major ERP Life Cycle Implementation, Management and Support Issues in Queensland Government. *Journal of Global Information Management*, Vol. 10(N°3), pp. 36-54.
- Chapron, J. (2006). *L'urbanisme organisationnel : méthode et aide à la décision pour piloter l'évolution du système d'information d'entreprise*. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de St Etienne & Université Jean Monnet.
- Cheatham, M., & Cleereman, K. (2006). Application of social network analysis to collaborative team formation. *Proceedings of the International Symposium on Collaborative Technologies and Systems (CTS'06) : IEEE Computer Society*, (pp. 306-311). Washington DC, USA.
- Chen, D., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. 59, pp 6476659.
- Chen, S. J., & Lin, I. (2004). Modeling team member characteristics for the formation of a multifunctional team in concurrent engineering. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 51(2), 111-124.
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2003). *CMMI: guidelines for process integration and product improvement*. Addison-Wesley.
- Chvidchenko, C. (1994). *Conduite & gestion de projets*. Toulouse: Cépadues Editions.
- Clarysse, B., & Moray, N. (2004). A process study of entrepreneurial team formation: the case of a research-based spin-off. *Journal of Business Venturing*, 19(2004), 55-79.
- Cooke, D., & Peterson, W. (1998). *SAP implementation: strategies and results*. The Conference Board, New York.
- Cooke-Davies, T. (2002). The real success factors on projects. *International journal of project management*, 20, 185-190.
- Cooper, R., & Zmud, R. (1990). Information technology implementation research: a technological diffusion approach. *Management Science*, 36, pp 123-139.
- Courtot, H. (1998). *La Gestion des Risques dans les Projets*. Economica.
- Darras, F. (2004). *Proposition d'un cadre de référence pour la conception et l'exploitation d'un progiciel de gestion intégré*. Thèse, Institut National Polytechnique, Toulouse.
- Davenport, T. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, 76(4), pp 121-132.
- Deixonne, J. (2001). *Piloter un projet ERP*. DUNOD.
- Deloitte. (1999). *ERPs second wave*. Deloitte Consulting.
- Deloitte&Touche. (1993). *Deloitte and Touche survey of 400 U.S and Canadian CIOs*. Deloitte & Touche.
-

-
- Deloitte&Touche. (1998). *Danish experience with implementation of integrated information systems*. Deloitte & Touche Consulting Group.
- Derrouiche, R., Neubert, G., & Bouras, A. (2006). Impact des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) sur les acteurs de la Supply Chain. *Revue Internationale des Technologies Avancées*, pp 28-40.
- Donovan, M. (1999). Successful ERP implementation the first time. *Performance Improvement August 1999*.
- Dumitru, V. (2007). *Impactul tehnologiilor informationale asupra sistemului financiar-contabil*. Mémoire de recherche, Académie d'Études Economique de Bucarest.
- Ehie, I., & Madsen, M. (2005). Identifying Critical Issues in Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation. *Computers in Industry*, 56(6), pp. 545-557.
- El Amrani, R., & Geffroy Morannat, B. (2004). ERP implementation cross functionality and critical change factors. Dans C. O. L., *Enterprise information systems*.
- ERNST & YOUNG. (2007). *Baromètre Outsourcing 2007 : Pratique et tendances de l'externalisation en Tunisie*. ERNST & YOUNG.
- Esteves, J., & Pastor, J. (2001a). Enterprise Resource Planning Systems Research: An Annotated Bibliography. *Communication of the Association for Information Systems (CAIS)*.
- Esteves, J., & Pastor, J. (2001b). Establishing the Importance of ERP Implementation Critical Success Factor along ASAP Methodology Processes. *ICEIS*, (pp. pp. 182-187).
- Esteves, J., & Pastor, J. (2002). A Framework to Analyse Most Critical Work Packages in ERP Implementation Projects. *ICEIS*, (pp. pp. 89-98).
- Esteves, J., Pastor, J., & Josep, C. (2002). Monitoring Business Process Redesign in ERP Implementation Projects. *Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*.
- Esteves, s. J., & Pastor, c. J. (2000). Towards the unification of critical success factors for ERP implementations. *10 th Annual Business Information Technology (BIT 2000 Conference)*.
- Figay, N. (2009). *Interoperability of Technical Enterprise Application*. Thèse, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Figay, N. (2009). *Interoperability of Technical Enterprise Application*. Thèse, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Figay, N., Tchoffa, D., Ghodous, P., Exposito, E., & El Mhamedi, A. (2014). Dynamic Manufacturing Network, PLM Hub and Business Standards Testbed. In: *Proceedings of the I-ESA Conferences (Enterprise Interoperability VI)* (pp. 453-463). Springer International Publishing.
- Fortune, J., & Whyte, D. (2011). Looking again at current practice in project management. *International Journal of Managing, Projects in Business*, Vol. 4(4), pp. 553-572.
- Frery, F., & Law-Kheng, F. (2007). La réinternalisation, chaînon manquant des théories de la firme. *Revue Française de Gestion*(n°177, 2007/2008), pp. 163-179.
- Fui-Hoon Nah, F., & Lau, J. (2003). ERP implementation: chief information officers' perceptions of critical success factors. *International Journal of Human-Computer Interaction*, pp. 5-22.
- Gattiker, T., & Goodhue, D. (2000). Understanding the plant level cost and benefits of ERP: will the ugly duckling always turn into a swan? *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii.
- Gendron, M. (1996). Learning to live with the electronic embodiment of reengineering. *haward management update*.
- Ghannouchi, S. A., & Ghannouchi, S. (2005). Application du BPR pour améliorer les activités d'un service des urgences. *3rd International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications (SETIT 2005)*. March 27-31, 2005 à TUNISIA.
- Griffith, T., Zammuto, L., & Aiman-Smith, L. (1999). Why new technologies fail? *Industrial management*, pp. 29-34.
- Gronau, N., Froming, J., Schmid, S., & Russbuldt, U. (2006). Approach for requirement oriented team building in industrial processes. *Computers in Industry*, 58(2), pp. 179-187.
- GT ERP. (2005). *Théorie et applications des systèmes intégrés de gestion (ERP)*. Rapport, GDR MACS , GT ERP.
-

-
- Guzzo, R., & Dickson, M. (1996). Teams in organizations: recent research on performance and effectiveness. *Annual Review Psychology*, 47, pp. 307-338.
- Hall, R. (2002). Enterprise Resource Planning systems and organizational change: transforming work or organization? *Strategic Change*, 11, pp. 263-270.
- Halle, M., Renaud, J., & Ruiz, A. (2005). Progiciels de gestion intégrée: Expériences d'implantation dans cinq entreprises Québécoises. *Logistique & Management*.
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.
- Hammer, M., & Stanton, S. (1999). How process enterprises really work. *Harvard Business Review*, pp. 108-118.
- Han, J., & Kamber, M. (2001). *Data Mining : Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems.
- Harell, H., Higgins, L., & Ludwig, S. (2001, Jul/Aug). Expanding ERP application software: Buy, Lease, Outsource or write your own? *The Journal of Corporate Accounting and Finance*, pp 37-43.
- Harjunkoski, I., & Bauer, R. (2014, October 21). Sharing data for production scheduling using the ISA-95 standard. *Front. Energy Res.*, 2(44), pp. 1615.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning*. Springer Series in Statistics. Springer, New York, second edition, 2009.
- Heili, J. (2004). *Communautés et activités : Deux leviers pour améliorer l'insertion d'un E.R.P. dans une organisation*. Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Université Louis Pasteur, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion de Strasbourg, septembre 2000.
- Hermosillo Worley, J. (2003). *Vers une meilleure prise en compte des ressources humaines dans les processus d'entreprise (connaissances, rôles et compétences)*. Thèse, INPT, Toulouse.
- Hillam, C. E., & Edwards, H. M. (2001). A Case study approach to evaluation of Information Technology/Information systems (IT/IS) investment evaluation processes within SMEs. *Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, Vol.1(1).
- Hlaioittinun, O., Bonjour, E., & Dulmet, M. (2007). A team building approach for competency development. *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, city of Singapore*.
- Holland, C., & Light, B. .. (1999, May/June). A critical success factors model for ERP implementation. *IEEE Software* , pp. 30-35.
- Hong, K., & Kim, Y.-G. (2002). The Critical Success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective. *Information & Management*, 40, pp. 25-40.
- Humphrey, W. S. (1989). *Managing the software process*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Intermec. (1999). *Aligning Your Data Collection and ERP Implementation Decisions*. Intermec news report, Intermec Technologies Corporation.
- Ivezic, N., Kulvatunyou, B., Frechette, S., Jones, A., Cho, H., & Jeong, B. (2004). An interoperability testing study: Automotive inventory visibility and interoperability. In *Proceedings of e-Challenges, October 27-29*. Vienna, Austria.
- Jain, S., Riddick, F., Craens, A., & Kibira, D. (2007). Distributed simulation for interoperability testing along the supply chain. *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*.
- Jaulent, P., Qures, M.-A., & Mularski, P. (2010). *Objectif Performance : Balanced Scorecard : la méthodologie à partir d'un exemple simple*. Editions PJRiscus.
- Jiang, J., Muhanna, W., & Klein, G. (2000). User resistance and strategies for promoting acceptance across system types. *Information and Management*, 37, pp. 25-36.
- Jun, H. S., Jaewook, K., & Nenad, I. (2009, October 30). Application Information Mapping Test: An Efficient Content-Level Semantic Equivalence Test Procedure for B2B Integration. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.
- Jungyub, W. (2007). *Agile Test Methodology for B2C/B2B Interoperability*. Pohang University of Science & Technology, Department of Industrial and Management Engineering.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The balanced Scorecard*. Harvard business School Press.
-

-
- Karsak, E. (2000). A fuzzy multiple objective programming approach for personnel selection. *proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Systems, vol.3, Man, and cybernetics*, pp. 2007-2012. Nashville, TN, USA.
- Kefi, H. (2002). *Interactions entre acteurs et conduite d'un projet d'implantation d'un S.I.* (Vol. e-GRH : révolution ou évolution, chapitre 10). Éditions Liaisons.
- Keller, G., & Teufel, T. (1998). *SAP R/3 process oriented implementation*. Addison-Wesley: Wokingham.
- Kermad, L., Roucou, P., & El mhamedi, A. (2003). Les conditions de succès d'un projet ERP. *5ème Congrès International de Génie Industriel*. Québec.
- Kerzner, H. (1987). In search of excellence in project management. *Journal of systems management*, pp. 30-39.
- Khatrouch, I. (2014). *Contribution à un modèle d'aide à la constitution et aux choix des équipes multidisciplinaires dans les systèmes hospitaliers*. Thèse de doctorat , Université Paris 8.
- King, J. (1980). Machine-component group formation in production flow analysis : an approach using a rank order clustering algorithm. *International Journal of Production Research*, 18(2), pp. 213-232.
- Koch, C., Slater, D., & Baatz, E. (1999). *The ABCs of ERP*. London: CIO.
- Kosanke, K., Vernadat, F., & Zelm, M. (1999). CIMOSA: Enterprise engineering and integration. *Comput Ind (Doi: 10.1016/S0166-3615(99)00016-0)*, Vol. 40, pp. 83687.
- Krumbholz, M., & Maiden, N. (2001). The implementation of enterprise resource planning packages in different organizational and national cultures. *Information systems*, Vol. 26, pp. 185-204.
- Kusiak, A., & Chow, W. (1987). Efficient solving of the group technology problem. *Journal of Manufacturing System*, 6(2), pp. 117-124.
- Küster, J., & al, e. (2005). *Methodology and Tooling to combine an existing legacy business process model with best-practice industry reference models for Business Transformation*. IBM Zurich Research Laboratory.
- Kwon, T., & Zmud, R. (1987). *Unifying The Fragmented Models Of Information Systems Implementation* (éd. Boland, Hirschheim, Vol. Critical Issues in Information Systems Research). Wiley, New York.
- Lacity, M., & Hirschheim, R. (1993). *Information systems outsourcing: myths, metaphors and realities*. New York: John Wiley & Sons.
- Lagha, M. (2006). *Impact des ERP sur le contrôle de gestion: exemple de déploiement d'un module ERP*. Mémoire de Mastère Audit, contrôle de gestion et Systèmes d'Information, Ecole Supérieure de Commerce de Lille.
- Langenwalter, G. (2000). *Enterprise Resource Planning and Beyond: Integrating your entire organization*. (S. L. Press, Éd.) Boca Raton, FL.
- Lankhorst, M. (2004). Enterprise architecture modelling - The issue of integration. *Adv Eng Informatics* 18:2056 216. Doi: 10.1016/j.aei.2005.01.005.
- Laughlin, S. (1999). An ERP game plan. *Journal of Business Strategy*, pp. 32-37.
- Leray, P. (2006). *Réseaux bayésiens : apprentissage et modélisation de systèmes complexes*. Thèse de Doctorat, Université de Rouen.
- Leuqueux, J. L. (1999). *Manager avec les ERP. Progiciels de gestion intégrés et Internet*. Editions d'Organisation.
- Liang, F., & Lawrence, S. (2007). *A Goal Programming Approach to the Team Fomation Problem*. Working Paper, University of Colorado, Leeds School of Business.
- Lyytinen, K., & Hirschheim, R. (1987). Information systems failures: a survey and classification of the empirical literature. *Oxford Surveys in Information Technology*, Vol. 4 , pp. 2576309.
- Maaloul, I., & Mezghani, L. (2003). L'implantation des ERP et ingénierie du changement: les déterminants de la satisfaction des utilisateurs d'un ERP dans les entreprises tunisiennes. *XII ème Conférence de l'Association International de Management Stratégique*. Tunis.
- Mabert, V. A., Soni, A., & Venkataramanan, M. A. (2001, May-June). Enterprise Resource Planning: Common myths versus evolving reality. *Business Horizon*.
- Magnusson, J., Nilsson, A., & Carlsson, F. (2004). Forecasting ERP Implementation Success - Towards a Grounded Framework. *ECIS 2004 Proceedings. Paper 75*.
-

-
- Mahesh, V. J., Eui-Hong, S. H., George, K., & Vipin, K. (2002). *Efficient parallel algorithms for mining associations*. In: Zaki MJ, Ho CT, editors. Large-scale parallel data mining 2002. New York : Springer Press.
- Malhotra, Y. (1998). Business Process Redesign: An Overview. *IEEE Engineering Management Review*, Vol. 26.
- Mandal, P., & Gunasekaran, A. (2003). Issues in implementing ERP: A case study. *European Journal of Operational Research*, Vol. 146, pp. 274-283.
- Marcus, M., & Tanis, C. (2000). *The Enterprise System Experience ó From adoption to success*. In FRAMING THE DOMAINS OF IT MANAGEMENT: Projecting the Future Through the Past Edited By Robert W. Zmud and Michael F. Price Pinnaflex Educational Resources, Inc. 2000.
- Marius, J., & Ashok, S. (1999). Package software: selection and implementation policies. *INFOR*, pp. 133-151.
- Markus, M. L., & Robey, D. (1983). The organizational validity of management information systems. *Human relations*, 36(3), pp. 203-226.
- Markus, M. L., & Robey, D. (1988). Information technology and organizational change: causal structure in theory and research. *Management Science*, 34(5), pp. 583-598.
- Markus, M. L., & Tanis, C. (2000). The Enterprise System Experience : From Adoption to Success. Dans Z. R. W., *Framing the Domains of IT Management : Projecting the Future....Through the Past*. Pinnaflex Education Resource,.
- Martinez, Fouletier, Park, & Favrel. (2001). Virtual enterprise ó organization: evolution and control. *International Journal of Production Economics*, Vol. 74, pp. 225-238.
- Mc Cormick, W., Schweitzer, P. J., & white, T. W. (1972). Problem decomposition and data reorganization by cluster technique. *Operations Research*, 20(5), pp. 993-1009.
- McAuley, J. (1972). Machine grouping for efficient production. *Production Engineering*, Vol. 51, pp. 53-57.
- McDonough, E. (2000). Investigation of factors contribution to the success of cross-functional teams. *Journal of product innovation management*, Vol. 17, 221-235.
- Millet, P. (2008). *Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP*. Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- Millet, P. A., & al. (2010). *ERP : THEORIE ET APPLICATIONS DES SYSTEMES INTEGRES DE GESTION*. Bilan des axes et groupes de travail du GdR pour la période 2006-2009, GDR MACS.
- Milutinovic, V., & Patricell, F. (2002). E-business and e-challenges. IOS Press.
- Mintzberg, H. (1979). *The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research - traduit en français sous le titre Structure et dynamique des organisations*. Éditions d'Organisation.
- Miranda, R. (1999). The rise of ERP technology in the public sector. *Government Finance Review*, Vol 9(17).
- Moon, Y. (2007). Enterprise Resource Planning (ERP): a review of the literature. *Mechanical and Aerospace Engineering*(Paper 4 (<http://surface.syr.edu/mae/4>)).
- Moones, E., Figay, N., Vosgien, T., Kermad, L., Stephan, F., El Mhamedi, A., et al. (2015). Towards an Extended Interoperability Systemic Approach for Dynamic Manufacturing Networks: Role and Assessment of PLMStandards . *Complex Systems Design & Management*. Springer.
- Morley, C., Hugues, J., Leblanc, B., & Hugues, O. (2005). *Processus métiers et systèmes d'information*. Dunod.
- Motwani, J., Ram, S., & Pradeep, G. (2005). Critical Factors for Successful ERP Implementation: Exploratory Findings from Four Case Studies. *Computers in Industry*, Vol 56(6), pp. 529-544.
- Mouawad, P. (2010). *Contribution à l'intégration des méthodes de gestion de la qualité dans les projets d'implantation des ERP*. Thèse de doctorat en Productique et génie industriel, Université Paris 8.
- Musso, P. (2005). Utopie et idéologie du réseau. *Conférence introductive aux 5ème Rencontres de Mâcon Réseaux en question : utopies, pratiques et prospective, organisées par l'Institut de recherche du Val de Saône mâconnais Mâcon, 2005*.
- Nah, F. F.-H., Zuckweiler, K. M., & Lau, J. L.-S. (2003). ERP Implementation: Chief Information Officers' Perceptions of Critical Success Factors. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 16, pp. 5-22.
-

-
- Nah, F., & Delgado, S. (2006). Critical success factors for enterprise resource planning implementation and upgrade. *The Journal of Computer Information Systems*, Vol. 46(55), pp. 99-113.
- Nah, F.-H., Lau, J.-S., & Kuang, J. (2001). Critical factors for successful implementation of enterprise systems. *Business Process Management Journal*, Vol. 7, p. 285.
- Neubert, G. (2009). *Intégration et collaboration dans l'entreprise en réseau*. HDR , Université Lumière Lyon II , Ecole Doctorale : Informatique et Mathématiques Lyon (InfoMaths).
- O'Leary, D. E. (2000). *Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Live Cycle, Electronic Commerce, and Risk*. Cambridge university press.
- OMG. (2007A). *OMG Business Process Modeling Notation Specification*.
- Osborne, J. W. (2000). Prediction in Multiple Regression. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, Vol. 7(2).
- Palaniswamy, R., & Frank, T. (2000). Enhancing manufacturing performance with ERP systems. *Information systems management*, Vol 17(3), pp. 43-55.
- Parr, A., & Shanks, G. (2000). A model for ERP project implementation. *Journal of Information Technology*, Vol. 15, pp. 289-303.
- Paulk, M. C., & al. (1995). *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Peaucelle, J.-L. (1999). *Systèmes d'information. Le point de vue des gestionnaires*. Economica.
- Peillon. (2001). *Le pilotage des coopérations interentreprises ; le cas des groupements de PME*, . Thèse de doctorat en Sciences Économiques, Université Jean Monnet.
- Perotin, P. (2004). *Les Progiciels de Gestion Intégrés, instruments de l'intégration organisationnelle ? Etude d'un Cas*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, France.
- Perrin-Bruneau, F. (2005). *Proposition d'une démarche d'intégration de nouvelles méthodes de conception : éléments pour la définition du rôle de l'intégrateur méthodes*. Thèse de Doctorat, Arts et Métiers ParisTech, Sciences des métiers de l'ingénieur (SMI) - ED 432.
- Pichot, L. (2006). *Stratégie de déploiement d'outils de pilotage de chaines logistiques : Apport de la classification*. Thèse de doctorat en Sciences de l'ingénieur, INSA de Lyon.
- Pinto, J. K., & Slevin, D. P. (1987). Balancing strategy and tactics in project implementation. *Sloan Management review*, pp. 33-41.
- PMI. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. ANSI, 4ème version Springer Berlin / Heidelberg, Vol 3812, Project Management Institute, Inc.
- Porter, M. (1986). *L'avantage concurrentiel*. Inter Editions, Paris.
- Prim, R. (1957). Shortest connection networks and some generalizations. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 36 (1er novembre), p. 1389-1401.
- Procaccino, J., Verner, J., Overmeyer, S., & Darter, M. (2002). Case study: factors for early prediction of software development success. *Information and software technology*, Vol. 44, p. 53-62.
- Quinn, J., & Hilmer, F. (1994). Strategic outsourcing. *Sloan Management Review*, pp. 43-55.
- Rachuri, S., Subrahmanian, E., Bouras, A., & al. (2008). Information sharing and exchange in the context of product lifecycle management: Role of standards. *CAD Comput Aided Design*, Vol. 40 (Doi: 10.1016/j.cad.2007.06.012), p. 789-800.
- Rajagopal, P. (2002). An Innovation & Diffusion View of Implementation of Enterprise Resource Planning (ERP) Systems and Development of a Research Model. *Information & Management*, Vol. 40, p. 87-114.
- Rakotomalala, R. (2000). *Introduction au Data Mining*. Laboratoire ERIC.
- Raphaëli, O., Zahavi, J., & Kenett, R. (2004). Applying Case Based Reasoning Approach in Analyzing Organizational Change Management Data. *ICDM*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ratcheva, V., & Vyakarnam, S. (2001). Exploring team formation process in virtual relationships. *Integrated Manufacturing Systems*, 12(2001), p. 512-523.
- Reix, R. (2000). *Systèmes d'information et management des organisations*. Collection Gestion, Editions Vuibert, 3ème édition.
-

-
- Rivera Gonzalez, I. A. (2005). *La selection d'un ERP : dynamiques collectives et processus d'apprentissage d'acteurs*. Thèse de doctorat en Génie industriel, INPG, Grenoble.
- Saaty, T.-L. (1984). *Décider face à la complexité : Une approche analytique (Vol. 7)*. ESF Editeur.
- Sahin, Y. G. (2011). A team building model for software engineering courses term projects. *Journal of Computers & Education*, Vol. 56 (2011), p. 912-922.
- Saint Léger, G., G., N., & Pichot, L. (2002). Projet ERP: Incidence des spécificités des entreprises sur les facteurs clés de succès. *7ème colloque de l'AIM 2002, Hammamet, Tunisie*.
- Saint-Léger, G. (2005). *Quel processus de changement peut permettre une mise en œuvre et une utilisation efficace et efficiente d'un système d'information de type ERP dans les moyennes structures de production de bien et de service ?* Université Jean Moulin Lyon III.
- Sarker, S., & Lee, A. (2003). *Using a case study to test the role of three key social enablers in ERP implementation, Information and management*. In press.
- Schneider, P. (1999). *Wanted: ERPeople Skills*. CIO March.
- Scott, J., & Vessey, I. (2000). Implementing Enterprise Resource Planning systems: the role of learning from failure. *Information systems frontiers*, Vol. 2(2), p. 213-232.
- Senechal, O. (1996). *Proposition d'une méthodologie pour l'aide à l'estimation des performances physico-économiques des systèmes de production dans une approche concourante*. Thèse, Université de Valenciennes.
- Shields, M. G. (2001). *Business and ERP Rapid Implementation and Project*. John Wiley & Sons.
- Shih, K. H., Lin, W. R., Wang, Y. H., & Hung, T. E. (2013). Applying DEMATEL-ANP for assessing organizational information system development decisions. *Active Citizenship by Management, Knowledge Management & Innovation Knowledge & Learning*, (pp. 349-365). 19-21 June 2013-Zadar, Croatia.
- Siebenborn, T. (2005). *Une approche de formalisation du processus de changement dans l'entreprise*. Thèse de Doctorat, Université de Savoie, France.
- Sienou, A., Karduck, A., & Pingaud, H. (2006). Towards a framework for integrating risk and business process management. *INCOM* (pp. 615-621). Oxford, UK : Elsevier Science.
- Simon, K. A. (1994). *Towards a theoretical framework for Business Process Reengineering*. Volume 6 de Studies in the use of information technology, ISSN 1400-0091.
- Skog, W., & Legge, M. (2002). Evaluating Enterprise Resource Planning (ERP) Systems using an interpretive approach. *Knowledge and Process Management*, Vol. 9(2), p. 72-82.
- Society. (2000). *The British Computer IT Projects: sink or swim?* Consulté le 30/05/2017, sur Computer Bulletin : <http://archive.bcs.org/bulletin/jan00/article1.htm>
- Soffer, P., Golany, B., & Dori, D. (2003). ERP Modeling: a comprehensive approach. *Information systems*, Vol. 28, p. 673-690.
- Soh, C., Kien, S., & Tay-Yap, J. (2000). Cultural fits and misfits: is ERP a universal solution? *Communications of the ACM*, Vol. 43, pp. 47-51.
- Somers, T. M., & Nelson, K. (2004). A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management*.
- Stefanou. (2001). A framework for the ex-ante evaluation of ERP software. *European Journal of Information Systems*.
- Stefanou, C. (1999). Supply chain management (SCM) and organisational key factors for successful implementation of enterprise resource planning (ERP) systems. *Fifth Americas Conference on Information Systems*. Milwaukee.
- Stephens, M., & Ramos, H. (2003). Who moved my ERP solution? *Journal of Industrial Technology*, Vol 19 (1).
- Strnade, D., & Guid, N. (2010). A fuzzy-genetic decision support system for project team formation. *Journal of Applied soft computing*, Vol. 10(2010), pp. 1178-1187.
- Sumner, M. (1999). Critical Success factors in enterprise wide information management systems projects. *Proceedings of the ACM-SIGCPR Conference*, (pp. pp. 297-303).
-

-
- Swan, J., Newell, S., & Robertson, M. (1999). The illusion of best practice in information systems for operations management. *European Journal of Information Systems*, Vol. 8, pp. 284-293.
- Thietart, R. A., & Xuereb, J. M. (2009). *Stratégie d'entreprise*. Edition Dunod Scolaire / Universitaire (broché) Paru en 02/2009.
- Tjaden, G. S. (2001). *Business Process Structural Analysis*. Georgia Tech Center for Enterprise Systems.
- Todeva, E., & Knoke, D. (2005). STRATEGIC ALLIANCES & MODELS OF COLLABORATION. *Management Decision*, Vol 43(1).
- Tomas, J. (2000). *ERP et progiciels intégrés : La mutation des systèmes d'information*. Inter Editions 2000.
- Tomas, J. L. (1999). *ERP et progiciels intégrés : La mutation des systèmes d'information*. Inter Editions 1999.
- Tomas, J. L. (2002). *ERP et progiciels intégrés : Sélection, déploiement et utilisation opérationnelle. Les bases du SCM et du CRM*. DUNOD 2002.
- Tuckman, B. (1965). Developmental sequence in small groups. *Psychological Bulletin*, Vol. 63, pp. 384-399.
- Tuncay, N. (2011). *TestBATN ó a scenario based test platform for conformance and interoperability testing* ». A thesis submitted to the graduate School of Natural and applied sciences in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in computer engineering, Middle East Technical University, June 2011.
- Tysebaert, J. (2001). *Les logiciels de gestion hautement intégrés : Préparation pour l'ingénierie de métier*. Editions Technip, Paris 2001.
- Umble, E. J., & Umble, M. M. (2002). Avoiding ERP implementation failure. *INDUSTRIAL MANAGEMENT*, pp. 25-33.
- Umble, E., Haft, R., & Umble, M. (2003). Enterprise Resource Planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational research*, pp. 241-257.
- Valentin, D., & Vasile, F. (2008). L'implantation de l'ERP: Facteurs Clés du succès et impacte sur la performance. *Journal of the Faculty of economics-Economic*.
- Verville, J., & Halington, A. (2003). Six-Stage Model of the Buying Process for ERP Software. *Industrial Marketing Management*, Vol. 32(7), pp. 585-594.
- Villarreal, C., Dupont, L., Gourc, D., & Pingaud, H. (2005). Contributing to management of shared projects in SMEs clusters. *Proceedings of the 18th International Conference on Production Research*. Salerno, Italy, 2005.
- Vincent, B., & Gharbi, S. (2004). Impact du déploiement de SAP R/3 sur la performance globale d'une entreprise et facteurs clés de succès: proposition d'un tableau de bord et application dans le secteur de l'industrie pharmaceutique. *Journée de recherche à l'IAE de Montpellier*, (pp. 1-27).
- Weill, P., & Olson, M. H. (1989). An assessment of the contingency theory of management information systems. *Journal of Management Information Systems*, 6(1), pp. 59-85.
- Whyte, D., & Fortune, J. (2002). Current practice in project management ó an empirical study. *International journal of project management*, Vol. 20, pp. 1-11.
- Williams, T. (1995). Theory and Methodology: A classified bibliography of recent research relating to project risk management. *European Journal of Operational Research*, pp. 847-857.
- Wischnevsky, J. D., & Damanpour, F. (2001). *Organizational transformation and firm performance: A conceptual and empirical examination of three perspectives*. Decision Sciences Institute.
- Xu, H., Nord, J., Brown, N., & Nord, G. (2002). Data Quality issues in implementig an ERP. *Industrial management and data systems*, Vol. 102(1), pp. 47-58.
- Yang, C., Lin, W., Lin, M., & Huang, J. (2006). A Study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan. *International Journal of Quality & reliability Management*, Vol 23, pp. 298-322.
- Yen, D. C., Chou, D. C., & Chang, J. (2002). A synergic analysis for web-based enterprise resource planning systems. *Computer standards & Interfaces*, Vol 24, pp. 337-346.
- Zachman, J. A. (2003). The Zachman Framework For Enterprise Architecture, Primer for Enterprise Engineering and Manufacturing., 128 (15). Doi: 10.1109/CSIE.2009.478.
-

-
- Zairi, M., & Sinclair, D. (1995). Business process re-engineering and process management: a survey of current practice and future trends in integrated management. *Management Decision*, Vol. 33(3), pp. 3-16.
- Zakarian, A., & Kusiak, A. (1999). Forming teams: an analytical approach. *IIE Transactions*, Vol 31(1999), pp. 85-97.