DOSSIER D'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

présenté à

L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

par

Didier GOURC

Docteur de l'Université de Tours – Maître-assistant

VERS UN MODELE GENERAL DU RISQUE POUR LE PILOTAGE ET LA CONDUITE DES ACTIVITES DE BIENS ET DE SERVICES

Propositions pour une conduite des projets et une gestion des risques intégrées

---

Soutenance prévue le 11 avril 2006 devant le jury composé de :

Bernard	BOISRAME	Directeur R&D – Laboratoire Vétoquinol	
Patrick	BURLAT	Professeur à l'EMSE – Saint Etienne	*rapporteur*
Vincent	GIARD	Professeur à Paris Dauphine	*rapporteur*
Germain	LACOSTE	Directeur de l'ENIT – Tarbes	
Pierre	LADET	Professeur à l'INPG - Grenoble	
Daniel	NOYES	Professeur à l'ENIT - Tarbes	*rapporteur*
Hervé	PINGAUD	Professeur à l'EMAC - Albi	
Claude	POURCEL	Professeur honoraire – Metz	

Ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches a été préparé au
Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux
Campus Jarlard – Route de Teillet, 81013 Albi CT Cedex 09

Remerciements

Avant de commencer l'exposé de la synthèse de mes activités scientifiques et pédagogiques de ces quelques années, je souhaite remercier ici tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de la préparation de mon habilitation à diriger des recherches.

En premier lieu, je remercierais Germain LACOSTE, aujourd'hui directeur de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, pour la confiance qu'il m'a manifestée en *"prenant le risque",* il y a neuf ans, de lancer une thématique sur le risque au Centre Génie Industriel, dont il était directeur, et de me proposer d'y prendre part dès mon arrivée.

Ensuite, je tiens à remercier tous les membres du jury :

Daniel NOYES, professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, Vincent GIARD, professeur à l'Université Paris-Dauphine et Patrick BURLAT, professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne qui ont accepté de prendre part à ce jury et de rapporter sur mon manuscrit. Je voudrais le sremercier vivement pour toutes leurs remarques et conseils avisés que j'ai reçu comme des encouragements à poirsuivre dans cette voie.

Pierre LADET, professeur à l'Institut National Polytechnique de Grenoble, pour avoir suivi constamment et depuis de nombreuses années mes travaux. Je l'en remercie vivement.

Claude POURCEL, professeur honoraire, qui outre sa participation à ce jury m'a entraîné dans l'aventure d'une thèse, il y a déjà treize ans, alors que les conditions n'étaient pas réellement favorables. Je souhaiterais le remercier pour son soutien indéfectible durant toutes ces années et pour l'amitié qui est née depuis ce moment.

Hervé PINGAUD, professeur à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, qui a accepté de se lancer dans l'aventure autour du risque et de diriger la plupart des doctorants et travaux que j'ai encadrés. Je le remercie ici pour sa disponibilité, ses remarques constructives et son soutien tout au long de ces années.

Bernard BOISRAME, directeur Recherche et Développement des laboratoires VETOQUINOL, qui, dans un premier temps, a permis la mise en place de notre collaboration puis a accepté de prendre part à ce jury et de porter un regard pragmatique sur ce travail.

Je voudrais remercier Lionel DUPONT, directeur du Centre de Génie Industriel, sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Bien évidemment, le travail présenté ici est le fruit d'un travail collectif impliquant des doctorants du Centre Génie Industriel. Je tiens à remercier l'ensemble des doctorants que j'ai eu le plaisir d'encadrer ou que j'encadre actuellement : Pierre, Sophie, Schéhérazade, Naly, Carmen, Romain. Une mention toute spéciale pour Sophie pour la richesse des échanges qui ont pu avoir lieu tout au long de sa thèse et encore aujourd'hui sur l'ensemble des projets et missions que nous partageons. Je tiens ici à lui exprimer toute ma gratitude pour ses conseils, sa disponibilité et son soutien en tous moments au cours de ce difficile parcours.

Je voudrais également remercier l'ensemble des personnes du Centre Génie Industriel (permanents, chercheurs, doctorants, stagiaires,…) et ne surtout ne pas oublier Isabelle, qui par sa disponibilité et sa rigueur a notablement contribué à l'aboutissement de ce document.

Je tiens enfin à remercier toutes les personnes que j'ai côtoyées à l'occasion de projets, de groupes de travail, de contrats, et notamment les interlocuteurs "industriels" avec qui j'ai pris grand plaisir à travailler sur les problématiques qui m'étaient adressées.

Enfin, il est toujours difficile de lancer des remerciements sans risquer d'oublier certaines personnes. Que ces dernieres se voient ici remerciées pour leur participation directe ou indirecte à ce travail.

PARTIE II

comprenant

la synthèse des

activités de recherche

SOMMAIRE GENERAL

PARTIE II

INTRODUCTION GENERALE 8

CHAPITRE I - CONDUITE DES SYSTEMES INDUSTRIELS : D'UNE APPROCHE SYSTEMIQUE A UNE APPROCHE PAR LES PROCESSUS 12

I.1 Introduction : positionnement des travaux 12
I.2 Le modèle systémique comme point de départ 13
I.3 Composants de modélisation : les concepts de tâche, d'acteur, d'activité et de processus 16
I.4 Des méthodologies de mise en œuvre de ces composants de modélisation 18
I.5 Bilan : production scientifique sur cette thématique 19

CHAPITRE II - PILOTAGE PROACTIF (ANTICIPATIF) DES PROJETS : REGARDS ET APPROCHES 20

II.1 Introduction 20
II.2 La conduite des projets : concepts et définitions 20
II.3 Ma vision du risque 28
II.4 Vers un pilotage anticipatif et proactif du risque 32
II.5 Ma grille de lecture des différentes approches de management des risques 35
II.6 Conclusion 40

CHAPITRE III - DES MODELES D'APPREHENSION SYMPTOMATIQUE DU RISQUE 44

III.1 Introduction : l'incertitude comme genèse des approches symptomatiques 44
III.2 Planification possibiliste d'un grand projet industriel [1997-2001] 45
III.3 Modèle d'aide à la décision sous incertitude pour la sélection de stratégies en projet 50
III.4 Bilan : production scientifique sur cette thématique 65

CHAPITRE IV - DES OUTILS POUR GERER LE RISQUE DANS UNE VISION ANALYTIQUE 66

IV.1 Contexte, objectifs, positionnement 66
IV.2 Méthodes pour aider à l'identification des risques 66
IV.3 Evaluation et hiérarchisation des risques : un modèle multicritère 72
IV.4 Prise en compte des risques : un modèle pour l'intégration des risques dans la planification de projet 75
IV.5 CAPT-RISK : une méthode pour capitaliser les connaissances risques - application à la construction d'une typologie des risques dans les projets de développement de nouveaux médicaments 83
IV.6 Bilan : production scientifique sur cette thématique 87

CHAPITRE V - VERS L'APPLICATION DES CONCEPTS DE RISQUE A LA MODELISATION ET AU PILOTAGE DES PROCESSUS METIERS 88

V.1 Risques et processus : origine de cette piste de recherche 88
V.2 Vers la prise en compte des risques dans la modélisation et le pilotage des processus (2003 - …) 89
V.3 Bilan 93

CHAPITRE VI - PERSPECTIVES DE RECHERCHE 94

VI.1 Introduction 94
VI.2 Perspectives à long terme : vers un système multi dimensionnel destiné au pilotage multi projets dans un contexte multi polaire 95
VI.3 Orientations à moyen terme : un modèle d'aide à la décision multi projet multi dimensionnel 97

VI.4 Orientations à court et très court termes : étude de la robustesse des organisations uni polaires et relation aux risques 99
BILAN GENERAL 104

INTRODUCTION GENERALE

Si le pilotage des activités industrielles a toujours été un objet de préoccupation de la part des dirigeants, son importance et son caractère stratégique se sont considérablement accrus ces dernières années. Autrefois souvent monocritère et monolithique, le pilotage doit être aujourd'hui considéré de manière plus globale, en conciliant de nombreux critères (coûts, délais, sécurité, fiabilité, risque, environnement, facteur social…). De plus, l'environnement multipolaire dans lequel s'inscrit le pilotage est susceptible d'influencer les décisions prises et/ou l'efficacité des actions mises en œuvre. Aujourd'hui, l'imbrication des processus décisionnels entre l'organisation et ses environnements, tout autant que l'instabilité des relations rendent nécessaire de doter le système de pilotage de certaines propriétés comme la flexibilité et de capacités anticipatives afin de répondre aux changements ou perturbations. Cette évolution des critères utilisés, stimulée par des changements organisationnels forts (délocalisations, activités multi sites et multi acteurs, coopérations…) génère une remise en question des instrumentations classiques.

Au niveau académique, ces phénomènes ont pour principal effet une évolution vers des réflexions pluridisciplinaires et interdisciplinaires. Pluridisciplinaires afin de pouvoir appréhender l'ensemble des dimensions nécessaires pour l'analyse de ces nouveaux problèmes. Interdisciplinaires pour croiser les regards et construire ensemble de nouveaux outils de pilotage et de mesure sur la base des théories et méthodologies propres à chaque discipline.

J'inscris ainsi mes travaux principalement dans le domaine du Génie Industriel, ce qui constitue un ancrage particulier. Toutefois, issu d'une formation en informatique et génie informatique, je revendique l'appropriation et la mobilisation de schémas de pensée et d'outils particuliers pour l'analyse et la résolution des problèmes rencontrés. En outre, par le biais de collaborations engagées avec d'autres entités de recherche, d'autres champs disciplinaires ont alimenté mes travaux comme par exemple les sciences de gestion (LGC, …).

Les travaux de recherche, développés et à venir, portent sur la conduite d'activités et à ce titre comprennent les préoccupations portant sur l'organisation et le pilotage des activités. Deux domaines majeurs relevant des Sciences et Techniques de la Production ont été les supports privilégiés de mes propositions : le domaine de la conception vu sous l'angle de la Gestion de Projet et le domaine de la production vu sous l'angle de la Gestion de Production. Les travaux de recherche que j'ai menés ont été initiés au sein du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Production et d'Automatique de l'Ecole d'Ingénieurs de Tours (LISPA/EIT) et poursuivis au Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (CGI/EMAC). Ces travaux, dans un premier temps consacrés à la conduite d'activités de production, se sont orientés ensuite vers la conduite d'activités projet (voir Figure 1).

Dans un premier temps (1994 – 1998), je me suis intéressé à la problématique de la modélisation d'activités en vue de réaliser le diagnostic d'un système de production industrielle, et d'identifier les dysfonctionnements dans une logique de réingénierie. J'ai porté un regard sur le système de conduite, et tout particulièrement sur les processus de conduite nécessitant l'intervention humaine. J'ai de ce fait exclu les systèmes totalement automatisés du champ de nos investigations. Les

propositions ont porté sur la définition de composants d'organisation, tels que la notion d'activité et les formalismes associés, et la proposition de méthodologie de réingénierie.

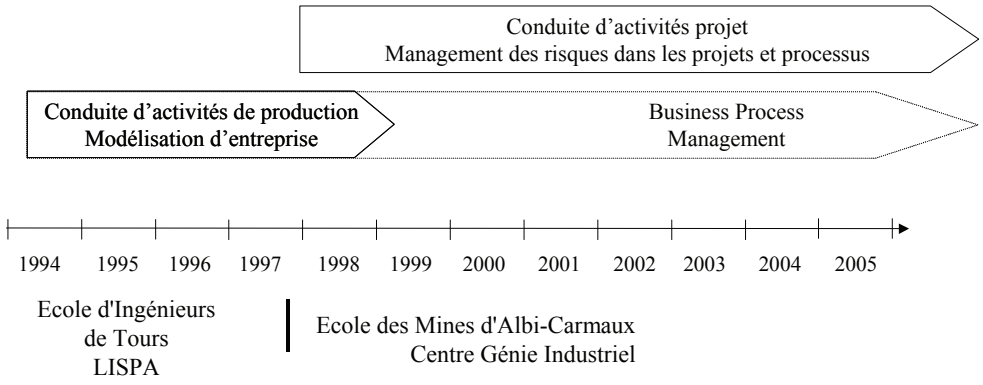


Figure 1. Positionnement de nos travaux de recherche

Dans un deuxième temps (1998- …), nous avons étendu cette problématique à la conduite d'activités comportant une plus grande part d'inconnu pour intégrer des dimensions nouvelles liées au facteur d'innovation, à l'incertitude sur le futur, aux phénomènes aléatoires et aux risques. C'est ainsi que j'ai orienté mes travaux de recherche sur les modes d'organisation par projet en m'intéressant tout particulièrement à la prise en compte des risques dans le pilotage des projets. Ainsi, depuis 1997 (date d'intégration dans l'équipe du Centre de Recherche en Génie Industriel de l'EMAC), je développe une thématique de recherche relative au **management des risques dans les projets**.

De nombreuses similitudes entre les notions de processus et de projet m'ont confortées dans cette direction, voir les travaux de DEA de Yousra BEN ZAIDA [2004] qui propose une liste de caractéristiques telles que : objectifs définis, ressources mobilisées, indicateurs pour le pilotage, processus décisionnels. En effet, que l'on s'intéresse au système de production ou au projet, les concepts d'activité, de processus, de ressource, de conduite sont omniprésents. C'est ainsi que sur la base de ce constat, j'ai souhaité ouvrir une piste de recherche sur l'application des concepts de risque au pilotage des processus métiers à forte répétitivité. Cette recherche me permettait d'ensemencer mes premiers travaux de résultats de développements ultérieurs portant sur la prise en compte des risques dans les processus de conduite.

Encore récemment monolithique et considéré sous une hypothèse de stabilité de l'environnement, je pense que le pilotage des projets ne peut plus satisfaire aux attentes des différentes parties prenantes, qu'elles soient maîtrise d'ouvrage ou maîtrise d'œuvre sur cette base.

L'article de G. Garel [2003] sur *l'histoire de la gestion de projet* nous éclaire sur les niveaux de maturité des organisations projet en distinguant celles où la conduite du projet est menée à partir du référentiel construit sur la base de ce que l'on veut obtenir, de ce que l'on veut faire (classe I), celles où ce référentiel s'appuie sur des retours d'expérience concernant les estimations (durée, charge…) (classe II) de celles qui évaluent ce qui peut arriver et prennent en compte les aléas (classe III).

Je m'inscris directement dans cette dernière perspective pour aborder la prise en compte d'évènements potentiels (risques) au cours du projet. Le développement de modèles et d'outils pour assurer le pilotage du projet dans la perspective des classes I & II montre des limites, notamment dues au manque d'anticipation. Je souhaite, par mes travaux, réduire ces limites en développant des

modèles et outils de pilotage proactif des projets intégrant l'appréhension du futur par l'identification, l'évaluation et la comparaison des alternatives possibles.

Ainsi, les problématiques de modélisation, d'analyse et de prise de décision en contexte incertain ont constamment guidé mes recherches, certes avec des regards ou objectifs différents suivant le niveau d'incertitude rencontré, mais toujours dans un souci d'apporter une aide au manager ou au décideur.

Pour ces raisons, j'ai choisi de centrer le développement des travaux sur la thématique de l'organisation et du pilotage des activités et tout particulièrement d'activités projet. Ce thème de l'organisation des activités de l'entreprise autour du concept de projet a connu un essor impressionnant depuis les années 70-80. Autant les milieux industriel qu'académique s'y sont intéressés à plusieurs titres.

Les entreprises ont trouvé, dans ce concept, un mode d'organisation séduisant pour faire écho aux besoins de pilotage de leurs activités non répétitives et inscrites dans des échelles de temps, de coût et de spécifications bornées. Le management de et par projets s'est ainsi développé dans les entreprises. Pour leur part, les institutions académiques s'y sont intéressées à deux titres : soit comme un nouveau terrain démonstratif des méthodes développées dans d'autres domaines, soit comme sujet particulier d'étude du fait des spécificités rencontrées : caractère innovant du produit et des procédés, fortes incertitudes sur les estimations, sous-ensemble organisationnel de l'entreprise, multi acteurs et multi compétences, durée de vie réduite, gestion d'équipe temporaire

Le management de projet, discipline visant à piloter les activités et ressources en vu de satisfaire aux divers objectifs de coûts, délais et spécifications préalablement fixés, est trop souvent réduit à une vision monolithique du projet où seule la projection de ce que l'on souhaite et espère est prise en compte. Or, la notion de projet est indissociable du concept de risque. L'occurrence de celui-ci a pour conséquence de venir perturber les prévisions établies et d'amener à la réalisation d'un autre scénario du projet, matérialisé notamment par l'existence d'activités alternatives. Pour ma part, je pense que la conduite des activités, et des activités projet tout particulièrement, doit être complétée par la prise en compte des aléas qui peuvent survenir durant le projet, grâce à un processus d'analyse et de gestion des risques. Cela induit un nécessaire questionnement sur ce qui peut arriver et l'analyse des scénarios possibles. La modélisation et les techniques associées, les méthodes d'analyse des projets, des activités, des risques et de leurs interrelations et influences réciproques constituent le cœur de mes travaux.

Dans chacun des deux laboratoires où j'ai mené mes recherches, j'ai participé au démarrage des activités de recherche. Ainsi, le début de ma thèse a coïncidé avec la naissance du LISPA (Tours) et mon arrivée au Centre Génie Industriel (Albi), qui venait d'être créé, s'inscrivait dans le lancement d'un nouveau thème de recherche lié au management des risques. L'optique de recherche adoptée dans ces deux laboratoires a été identique, à savoir définir une politique de recherche orientée vers le client industriel. Ainsi, les problématiques traitées correspondent à des besoins industriels identifiés et pour lesquelles un vide scientifique existait dans l'état de l'art. De même, les solutions proposées doivent répondre à un souci d'utilisabilité en milieu industriel.

L'objectif de ce document est de synthètiser et de mettre en perspective les principaux résultats des travaux de recherche que j'ai encadrés ou menés personnellement depuis 1994. Ils sont issus de mes activités de recherche effectuées au sein des deux laboratoires cités précédemment.

Le mémoire est composé de six chapitres. Au cours du premier chapitre, je présente les travaux engagés en 1994 sur la conduite et le diagnostic des systèmes de production. Cette thématique, bien qu'ayant été pour l'essentiel traitée lors de ma thèse, trouve des prolongements dans les travaux que je mène aujourd'hui. Je montrerai comment les résultats obtenus lors de ma thèse ont guidé les réflexions et ont orienté mon angle d'attaque sur les problématiques liées à la conduite d'activités

projet. Aujourd'hui, en retour, les propositions en matière de management des risques projet viennent alimenter les problématiques de modélisation et pilotage des processus métiers.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation d'un état des lieux en ce qui concerne les concepts de projet, leur définition et leur pilotage. Une première approche des définitions de la notion de risque au sens large, puis de manière plus spécifique, appliquée au management de projet est également présentée. Ma vision de ce sujet et des modèles et outils adaptés sera également discutée et m'amènera à proposer un découpage des approches en deux catégories : les approches symptomatiques et les approches analytiques.

Les chapitres III et IV présentent ensuite une synthèse des travaux que j'ai menés seul ou en collaboration avec d'autres chercheurs, industriels ou consultants sur le thème de la maîtrise des risques en projet. J'utilise le découpage proposé dans le chapitre II pour présenter les travaux et contributions. Ainsi, le chapitre III propose une synthèse de mes contributions sur le thème de l'appréhension symptomatique du risque en projet, alors que le chapitre IV est consacré à mes travaux sur les méthodes analytiques.

Le chapitre V me permettra de montrer comment j'ai utilisé les résultats obtenus sur les recherches en matière de management des risques projet, présentés dans les chapitres précédents, pour servir les problématiques de modélisation et pilotage des processus métiers.

Enfin, le chapitre VI sera l'occasion de présenter mes perspectives de recherche dans un découpage temporel.

CHAPITRE I -
Conduite des systèmes industriels : d'une approche systémique à une approche par les processus

I.1 Introduction : positionnement des travaux

Depuis quelques dizaines d'années, l'étude des systèmes industriels met en évidence un accroissement de leur complexité. Les technologies utilisées, le niveau de qualité attendu, le respect des délais de mise à disposition, les exigences clients sont autant de facteurs qui alimentent cette complexité. Fortes de ce constat, les entreprises se doivent de développer des nouvelles formes de management pour contribuer à maîtriser au mieux leur système. Cela implique une très bonne connaissance de l'organisation et des moyens disponibles (capacités, capabilités, etc.), mais également une parfaite maîtrise de leur conduite.

Les entreprises sont plus que jamais confrontées à un environnement incertain, variable. Cela implique que les décisions prises ne puissent uniquement répondre à un seul processus établi préalablement. L'impact du décideur humain est alors prépondérant, c'est lui qui orchestre ce processus.

La modélisation d'entreprise est une des pistes pour répondre à ces exigences. Cette discipline fournit des outils et méthodes pour collecter les informations, modéliser, analyser et aider à concevoir (dimensionner, localiser) les composants de tout système sociotechnique. C'est dans cette optique que mes premiers travaux de recherche ont porté, au cours des années 1994-98, sur l'étude d'outils pour l'aide à la réingénierie de systèmes sociotechniques intégrant notamment un regard particulier sur le système de conduite. Le démarrage de ces travaux coïncide avec le lancement de ma thèse sous la direction du Pr. Claude Pourcel au sein du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Production Automatisés (LISPA) à Tours.

Pour autant, le corps de ces travaux a été initialisé bien plus tôt, notamment au cours du projet AICOSCOP (AIde à la COnception de Système de Conduite de Production), financé par le Ministère de la Recherche et de la Technologie, qui a jeté les bases de notre approche. Ce groupe était notamment composé de C. Pourcel, P. Besson, J.-B. Cavaillé, A.-M. Charles, C. Fray, P. Lorino, F. Roubellat, T. Sibord.

Cette recherche s'est poursuivie ensuite après mon arrivée à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. Ces derniers travaux ont été réalisés lors de collaborations avec C. Pourcel et en relation avec des groupements de recherche tels que le groupe SCOP[1], le groupe Modélisation d'Entreprise du GRP[2], le groupe Entreprise Communicante et Interopérabilité (ECI) et le groupe GISEH (Gestion et Ingénierie des SystèmEs Hospitaliers) du GDR MACS Pôle STP[3].

Le besoin exprimé par un industriel du secteur agro-alimentaire (transformation de volailles) souhaitant mener la réingénierie de l'ensemble de son système industriel a été un facteur déclenchant

[1] Stratégie, Conduite et Organisation des systèmes de Production.
[2] Groupement de Recherche en Productique.
[3] Groupement de Recherche - Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques - Pôle Sciences et Techniques de la Production.

de mes travaux. Celui-ci souhaitait se conformer aux nouvelles réglementations, applicables dans les années 1995-2000, en matière d'hygiène alimentaire tout en restant sur le même site. Pour cela, la société avait choisi de mener une analyse critique de l'ensemble de ses flux physiques, informationnels et décisionnels dans l'objectifs d'intégrer les nouvelles technologies dans son atelier, seules capables de répondre aux nouvelles contraintes du marché (délais de plus en plus courts, besoin d'augmenter sa réactivité en réponse aux fluctuations de la demande, besoin d'améliorer sa productivité, etc.

On notera que les besoins constatés lors de cette étude ont pu être étendus à des industriels d'autres secteurs, tout comme les solutions proposées ici. C'est d'ailleurs ce qui a été fait par le biais de prestations directes pour différents secteurs (cuir, mécanique automobile, milieu hospitalier, etc.), ou d'encadrement de stages d'élèves dans ces industries (maintenance ferroviaire, etc.) notamment dans le cadre d'actions d'audit-diagnostic de systèmes.

L'analyse bibliographique effectuée avait permit de mettre en exergue le manque d'outils et de méthodes suffisamment puissants pour répondre à la problématique observée. Ceci nous a conforté dans notre volonté de développer l'action de recherche décrite ici.

La plupart des méthodes existantes, à l'époque, n'intégraient pas ou peu l'homme dans le processus de décision et n'étaient pas adaptées aux activités de conduite non répétables et non totalement programmables. Nous avions notamment étudié les travaux réalisés par différents laboratoires français sur la modélisation d'entreprise comme le GRAI (Bordeaux), le LGIPM de Metz et celui de l'ENSMM de Besançon.

A cette époque, l'influence des théories systémiques était importante et bon nombre de travaux menés durant cette période s'en sont inspirés. Mes travaux n'ont pas dérogé à cette règle. Je considère que le modèle systémique a été le point de départ et le fondement de mes réflexions. Aujourd'hui encore, mes travaux sur le mode projet se nourrissent de ce courant de pensée. Je débuterai donc par la description du modèle systémique issu entre autres des travaux de J.-L. Le Moigne.

I.2 Le modèle systémique comme point de départ

L'avènement des théories systémiques a conduit de nombreux auteurs à présenter fréquemment le système de production au travers de sa décomposition en trois systèmes :

- le système opérant ;
- le système d'information ;
- le système de décision.

L'apparente simplicité de cette décomposition, appelée modèle O.I.D.[1] par J.-L. Le Moigne, ne doit pas cacher l'importance des relations qui existent entre ces systèmes.

On peut considérer le *système opérant* comme un processeur qui réalise un ensemble d'opérations dont l'objectif est de transformer des matières premières et des composants en produits finis [Doumeingts, 1983]. Bien évidemment, le terme "transformation" peut être décliné en terme de fabrication de produits matériels, mais on pourra également utiliser ce concept dans le cadre d'autres domaines tels que l'assemblage, le transport, la maintenance, le magasinage, les services, etc. Le système opérant agit donc sur les objets, composant les flux qui traversent ledit système. Afin de réaliser ces modifications, le système opérant est composé de moyens (les ressources) participant aux processus de transformation dont le système est le siège. Ces ressources sont de natures diverses, nous pouvons

[1] Modèle proposé, entre autre, par J.L. Le Moigne et qui traduit la décomposition du système en sous systèmes : Opérant Informationnel Décisionnel.

citer par exemple les ressources technologiques, les ressources humaines, les ressources énergétiques, etc.

Le *système d'information* a pour rôle d'assurer la liaison entre le système décisionnel et le système opérant d'une part, le système décisionnel et l'environnement du système industriel d'autre part. Il doit refléter constamment l'état du système opérant (qui exécute les décisions) et assure que le système de décision (qui prend les décisions) est informé en temps réel des changements du système opérant [Idelmerfaa, 1994]. Il rend compte de l'apparition d'événements caractéristiques, transmet les décisions prises et fait état des facteurs externes qui conditionnent leur élaboration. Pour cela, il enregistre les représentations, sous forme symbolique, des opérations du système opérant (le comportement du système) les mémorise et les met à disposition du système de décision [Le Moigne, 1990]. Il est important de remarquer également qu'il existe une rétroaction du système de décision sur le système d'information. On distingue donc trois fonctions du système d'information : représentation, mémorisation et mise à disposition.

Le *système de décision* repose sur un ensemble de règles, de procédures et a pour but de modifier, par ses décisions, l'évolution du système afin de maintenir un niveau de performance correct. Ces règles et procédures sont mises en œuvre conjointement par des outils d'aide à la décision (logiciels, calculateurs...) et des décideurs. Les décisions prises sont liées à une multitude de paramètres qui décrivent la complexité de l'organisation du système et de ses relations avec l'environnement [Jia, 1996]. L'ensemble des événements aussi bien externes (issus de l'environnement, comme l'évolution des marchés, du coût des matières premières, la disparition d'un fournisseur, etc.) qu'internes au système étudié (indisponibilité de ressources, etc.) sont autant de facteurs qui conditionnent le déroulement du processus de décision.

Classiquement, on regroupe les différentes décisions dont l'entreprise est le siège en :

- décisions stratégiques traduisant la politique à long terme de l'entreprise. Elles indiquent les orientations choisies : stratégie de production, stratégie commerciale ;
- décisions tactiques qui concernent les décisions à moyen terme comme la planification de la production. Elles s'inscrivent dans un cadre logique dessiné par les décisions stratégiques ;
- et décisions opérationnelles qui assurent la flexibilité quotidienne nécessaire pour faire face à la demande et aux aléas de la production, dans le respect des décisions tactiques (contrôle des matières et gestion des stocks, contrôle de la main-d'œuvre et des équipements par l'ordonnancement, etc.). Les décisions à court terme de régulation de l'appareil productif sont souvent basées sur des éléments quantitatifs.

H. Simon pour sa part présentait, dans les années 60, deux types de décisions : les "programmed decisions" et les "non programmed decisions". Il décrit les premières comme étant *"répétitives et routinières et où il existe une procédure précise pour les prendre en charge sans qu'il soit nécessaire de les considérer comme un cas nouveau chaque fois qu'elles sont à prendre"*. Les secondes sont, par opposition, *"nouvelles, non structurées et importantes"*.

La complexité des systèmes industriels rend difficile les prises de décision. Les décisions non programmées, de par leur dimension globalisante, sont complexes et se basent souvent sur des variables qualitatives intégrant notamment les aspects psychologiques et sociologiques. N'oublions pas que dans chacun des systèmes décrits précédemment, l'acteur humain est omniprésent. L'environnement incertain dans lequel évolue l'entreprise et ses systèmes, la variabilité des paramètres considérés et la participation d'acteurs humains sont autant d'éléments qui confèrent au système de décision un rôle particulier et le rendent plus difficile à formaliser.

Au début de ma thèse, peu de travaux existaient sur la prise en compte de l'acteur humain dans le processus décisionnel et notamment dans le cadre de décisions non programmables. Pour ma part, c'est bien cette dimension qui m'a intéressée dans l'analyse et la modélisation des systèmes industriels et de leur système de conduite, notamment dans la perspective de leur réingénierie.

C'est ainsi que j'ai proposé de définir de nouveaux concepts de tâche, d'acteur et d'activité intégrant la dimension de l'acteur humain. A l'époque de ma thèse, ces concepts étaient précurseurs de courants qui se sont développés ensuite.

Aujourd'hui, nous reprenons cette décomposition pour développer la notion de système opératoire qui est la base de la construction des entités d'analyse et de modélisation du système industriel. Le système opératoire s'appuie sur le regroupement d'un ensemble d'activités mettant en jeu des acteurs communs pour produire les objets propres à chacune des activités [Pourcel et Gourc, 2005].

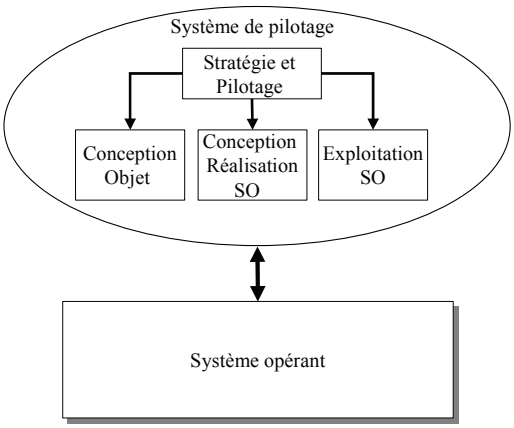


Figure 2. Système opératoire

Un **système opératoire** se compose, comme indiqué dans la Figure 2 :

- d'un système opérant
- d'un système de pilotage
- d'un système d'informations

Le **système opérant** d'un système opératoire est l'ensemble des acteurs mis à la disposition des activités pour la réalisation effective des tâches opérationnelles de transformation des objets. Il comporte également des activités de soutien nécessaires au fonctionnement des autres activités du système.

Le **système de pilotage** est celui dans lequel sont prises l'ensemble des décisions nécessaires à la production des objets issus des activités opérantes. On considère que le système de conduite est en fait composé de quatre entités :

- une entité chargée de la définition de la stratégie du système opérant : orientations et objectifs stratégiques, définition de la structure et de l'organisation, spécification du système de pilotage ;
- une entité chargée de la conduite de la conception des objets produits par chaque activité ;
- une entité chargée de la conduite de la conception et de la réalisation du système opérant considéré ;
- et une entité chargée de l'exploitation des ressources de ce système opérant, en vue de produire les objets issus des activités constituant le système opératoire.

I.3 Composants de modélisation : les concepts de tâche, d'acteur, d'activité et de processus

Si la description et la représentation de systèmes industriels trouvent un cadre structurant dans la théorie des systèmes, cela nous a semblé insuffisant pour décrire les différentes entités et relations qui existent entre elles. Nous utilisons les trois concepts de tâche, d'acteur et d'activité qui décrivent respectivement l'action prescrite, les moyens pour la réaliser et la réalisation effective de l'action.

Une *tâche* est définie par l'énoncé d'un objectif d'obtention d'un objet technique appelé "objet technique produit" par modification des caractéristiques d'un ou plusieurs objets techniques appelés "objets techniques primaires ou intermédiaires". Dans certains cas, la tâche peut être décrite par une procédure qui définie la succession des différentes actions de sa réalisation. Cette décomposition revient à préciser "comment" la tâche doit être réalisée.

Un *acteur* est l'association de plusieurs ressources dont au moins une ressource humaine pour la réalisation d'une tâche.

Le concept *d'activité* est largement utilisé dans divers domaines comme la psychologie, l'ergonomie, l'économie, la comptabilité et bien évidemment en génie industriel. Les définitions qui ressortent de ces différents domaines peuvent révéler des différences ou ambiguïtés lorsqu'elles sont comparées. Je retiendrai la définition suivante : *"Une activité est la réalisation concrète d'une tâche par un acteur conformément à la procédure établie"*

Ces trois concepts ont permis de créer le modèle TAA (Tâche – Activité – Acteur) Figure 3.

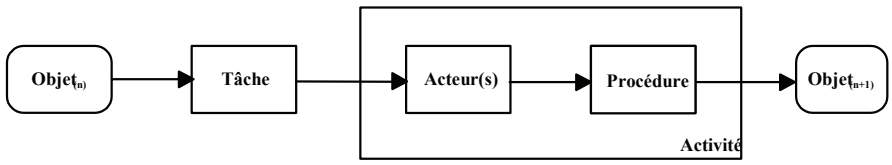


Figure 3. Le modèle conceptuel TAA [Gourc, 1997]

I.3.1 Le concept d'activité

Dans mes travaux, ce concept est au cœur de la modélisation des systèmes sociotechniques et de leur conduite. Elle a fait naître la notion d'unité organisationnelle caractérisée par la tâche qu'elle doit réaliser et par l'acteur qui lui est affecté pour cette réalisation. De l'adéquation entre les compétences de l'acteur et celles requises pour la réalisation de la tâche dépend la performance obtenue. Les compétences de l'acteur et les aptitudes requises sont précisées dans la spécification de la tâche à accomplir.

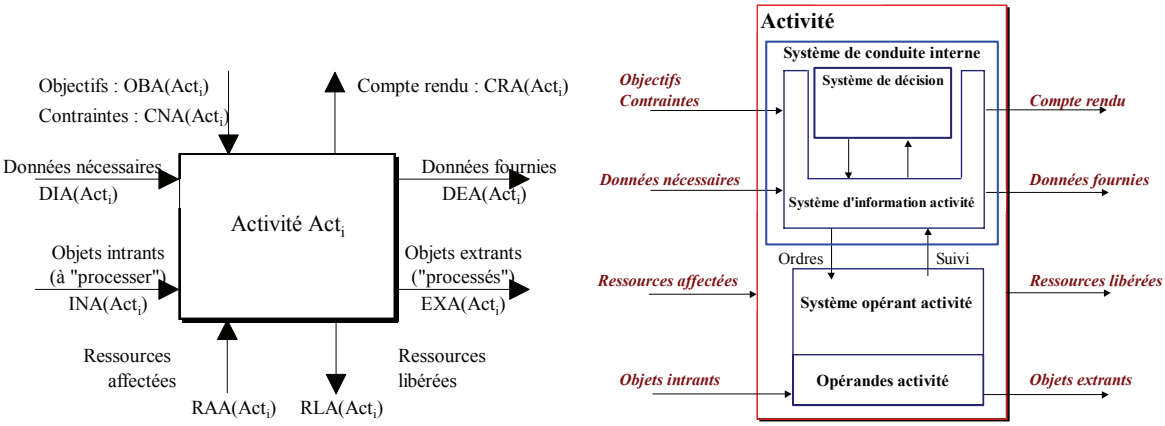
Nous distinguons quatre classes d'activités : transformation (ou réalisation), soutien, mesure, management (ou pilotage).

La représentation de l'activité se décompose en une vision externe (Figure 4-a) et une vision interne (Figure 4-b). La vision externe détaille les flux représentatifs des échanges qui existent entre l'activité et son environnement. La vision interne distingue le système physique du système de conduite interne. Le système physique est composé du système opérant et des opérandes chargés de la réalisation effective des actions conformément aux ordres reçus du système de conduite de manière à transformer les objets intrants en objets extrants. Les opérandes représentent les objets en cours de transformation au sein de l'activité.

Le système de conduite comporte deux entités relatives au système de décision et au système d'information. Le système d'information assure l'interface entre d'une part le système de décision et le système opérant pour la transmission, le stockage des ordres et comptes rendus mais également entre le système de décision de l'activité et l'environnement de celle-ci.

Le système de décision quant à lui assure la coordination des moyens et ressources mis à sa disposition dans le cadre de la réalisation effective de la mission qui lui a été confiée. Cette mission est décrite par une tâche. Le processus de prise de décision généralement non totalement formalisé est mené par un décideur humain.

Nous utilisons l'expression de conduite externe pour décrire l'environnement de l'activité avec lequel cette dernière interagit notamment dans le cadre des flux d'objectifs et de contraintes qui lui sont transmis. La conduite externe fixe le cadre de décision et les degrés de liberté associés dans lequel la conduite interne doit agir. La conduite interne d'une activité relève d'un processus décisionnel supporté par un acteur humain, celui-ci dispose d'une autonomie de décision réelle limitée au cadre fixé par la conduite externe.



(a) – Vision externe (b) – Vision interne

Figure 4. Ma vision de l'activité au moment de la thèse

I.3.2 Le concept de processus

Aujourd'hui, l'organisation d'un système sociotechnique par les processus est devenue classique. Elle permet une bonne approche pour la maîtrise de la performance (sa mesure et la recherche des inducteurs de performance). La norme ISO 9000 version 2000 donne une définition du terme processus comme *"un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie"*. Nous préférons la définition suivante qui indique que *"un processus est un ensemble d'activités totalement ou partiellement ordonnées dont la mission est de réaliser tout ou partie du programme ou du projet d'un système sociotechnique"*.

Ce concept est intéressant, car il permet de mettre en relation les unités organisationnelles sous une logique transverse, plus proche des flux de l'entreprise. Deux logiques complémentaires se superposent : une logique de coordination hiérarchisée et une logique transverse.

I.3.3 Une synthèse dans le méta-modèle fonctionnel

Le méta-modèle fonctionnel (Figure 5) synthétise les différents concepts présentés ci-dessus. Il permet de définir les entités, leurs rôles et les relations mutuelles qui existent. Pour une présentation

détaillée du méta-modèle fonctionnel, le lecteur pourra se reporter à l'ouvrage "Modélisation d'entreprise par les processus : activités, organisation & applications" [Pourcel et Gourc, 2005].

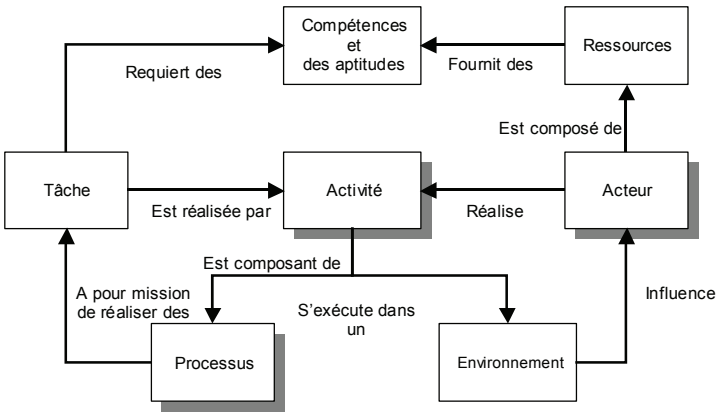


Figure 5. Méta-modèle fonctionnel

Ces travaux sont complémentaires de ceux présentés par T. Jia [Jia, 1999].

I.4 Des méthodologies de mise en œuvre de ces composants de modélisation

La modélisation des systèmes sociotechniques répond à des objectifs bien particuliers. Ainsi, nous distinguons deux situations fréquemment rencontrées répondant à deux types de besoins qui sont :

- la conception d'un système ;
- la réingénierie d'un système existant.

Ainsi, nous proposons deux démarches légèrement différentes pour prendre en compte les spécificités de ces deux situations :

- MECI : Modélisation d'Entreprise pour la Conception Intégrée ;
- AIRE : AIde à la Réorganisation d'Entreprise.

MECI[1] se positionne comme une démarche de modélisation des systèmes sociotechniques, elle comporte :

- une description du système selon trois vues : vue fonctionnelle et des ressources, vue organisationnelle, vue décisionnelle ;
- et une démarche de modélisation s'intégrant dans les différentes phases du cycle de vie d'un système.

La mise en œuvre de la méthode MECI s'appuie sur une démarche qui comporte trois phases :

[1] Certaines parties de la présentation de la méthode MECI sont reprises de notre ouvrage en collaboration avec C. Pourcel qui s'intitule "Modélisation d'entreprise par les processus : activités, organisation & applications", édité chez Cépaduès. Pour plus de détails, le lecteur pourra se reporter à cet ouvrage.

- réaliser l'avant projet (phase A) qui a pour objectif essentiel de préparer la décision de lancer l'étude de modélisation. Son aboutissement est l'obtention du cahier des charges du projet de modélisation ;
- modéliser le système (phase B) qui a pour objectif de proposer une vision du système qui permette ultérieurement, dans la phase C, de comprendre son fonctionnement, de détecter ses dysfonctionnements et de proposer, le cas échéant des axes de réflexion. Son aboutissement est un modèle du système étudié et un rapport du projet de modélisation ;
- utiliser le modèle (phase C) qui a pour objectif de procéder à l'analyse du système par l'intermédiaire du modèle élaboré. Il pourra par exemple, suivant le besoin exprimé par le commanditaire, permettre de mieux connaître le fonctionnement du système. Dans ce cas, le modèle servira de base à un projet de simulation et il sera possible d'en apprécier les performances et de mettre les dysfonctionnements en évidence.

La méthode AIRE, quant à elle, s'inscrit dans une démarche de réingénierie d'une unité existante. Elle vise à identifier les sources de dysfonctionnement éventuel et à faciliter la définition de solutions. Sa description s'inspire des travaux AICOSCOP et des propositions effectuées au cours de ma thèse.

I.5 Bilan : production scientifique sur cette thématique

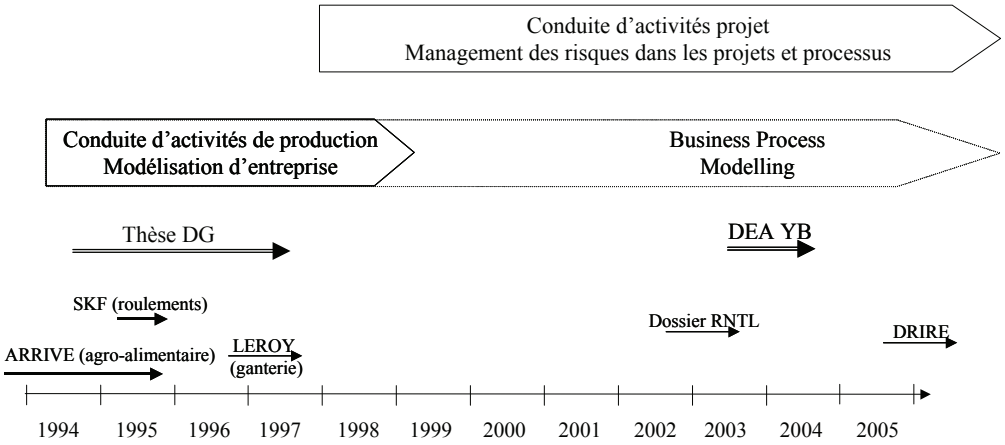


Figure 6. Travaux de chercheurs et relations industrielles sur ce thème

En conclusion, la production scientifique sur ce sujet a été finalisée dans :

1 ouvrage en 2005

1 article publié en 2005

12 communications présentées dans des congrès internationaux depuis 1994

5 conférences présentées dans des colloques de 1995 à 1999

1 DEA encadré en 2004

organisation de la première Ecole de Modélisation d'Entreprise Albi-Carmaux'2002

4 contrats et relations industrielles (DRIRE Midi Pyrénées, ARRIVE, SKF, Ganterie LEROY)

CHAPITRE II -
Pilotage proactif (anticipatif) des projets : regards et approches

Il n'y a pas de vents favorables pour le marin qui ne sait où il va.
Seneque

II.1 Introduction

La majeure partie de ce mémoire est relative à la conduite de projet, et à ce titre je propose de définir les notions faisant référence aux projets et à leur conduite (II.2.1), au risque (II.3) et au management des risques (II.4).

Après avoir défini les éléments cités ci-dessus, j'expose ma vision du modèle général du risque en projet (II.3), fondement de nos travaux. Ensuite, je présente une grille de lecture des approches et méthodes de gestion du risque en projet (II.4).

Cette grille de lecture sera utilisée, dans le chapitre III, pour définir mes contributions au thème du management des risques.

II.2 La conduite des projets : concepts et définitions

De nombreux auteurs ont proposé des écrits à caractère normatif sur ces sujets, notamment J. Le Bissonais, V. Giard, C. Midler, X. Joly, C. Navarre, Y. Declerck. Des organismes tels que l'AFNOR[1] ou des organisations professionneles telles que l'AFITEP[2] ont également contribué au développement de cette discipline par de nombreux écrits.

Cette partie n'a pas pour objectif de dresser un état de l'art complet du domaine du management de projet. Les paragraphes qui suivent sont destinés à définir les concepts et termes autour de la conduite des projets en accord avec les documents normatifs et en relation avec le positionnement de mes travaux de recherche. L'objectif est seulement de converger vers une définition des termes liés au projet en relation avec la nature de mes travaux.

II.2.1 Le concept de projet

Il faut noter que les concepts de projet sont nés spontanément en entreprise et, par conséquent, on ne sera pas surpris de constater que de nombreuses organisations professionnelles nationales et internationales (APM[3], PMI[4], AACE[5], etc.) ont proposé des définitions et corpus de connaissances directement destinés aux praticiens du management de projet [Turner, 2000]. Certains chercheurs se sont positionnés en observateur de ce domaine et ont complété ces définitions.

[1] Association Française de NORmalisation, le document cité en référence est la norme X50-105.
[2] Association francophone de management de projet, créée en 1974 sous la dénomination originelle d'Association Française des Ingénieurs et Techniciens d'Etudes et de Planification.
[3] Association for Project Management.
[4] Project Management Institute.
[5] Association for the Advancement of Cost Engineering.

Au niveau francophone, le projet est défini comme "*une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir*". Il est également précisé que "cette démarche est mise en œuvre pour élaborer une réponse au besoin d'un utilisateur, d'un client ou d'une clientèle et il implique un objectif et des actions à entreprendre avec des ressources données" (AFITEP et AFNOR).

Il ressort plusieurs points intéressants de l'analyse de cette définition :

- Le concept de projet (voir Figure 7) englobe ici l'idée d'un objectif à atteindre qui a été préalablement défini (le résultat ou ouvrage), la détermination d'un chemin et des actions à entreprendre (l'œuvre) pour l'atteindre, ainsi que la spécification des moyens nécessaires ;
- un projet ne peut être sans l'existence d'au moins un client et/ou utilisateur, ils participent à l'environnement du projet ;

Dans l'acception courante, le terme projet se voit affecté de sens très différents (intention sans réalisation " avoir le projet de" [Joly & Muller, 1994]). Il subsiste toutefois une confusion assez générale qui conduit à associer dans ce terme, le processus de réalisation et son résultat. Nous désignerons la démarche de réalisation par œuvre, et le résultat par ouvrage, conformément à la norme AFNOR X50-115. Par extension, nous associerons également le terme objet du projet à l'ouvrage.

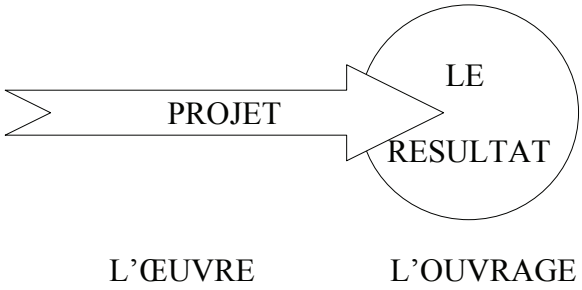


Figure 7. Distinction entre œuvre et ouvrage

Nous ajoutons d'autres caractéristiques à la définition du projet qui nous paraissent utiles pour bien appréhender les spécificités du projet :

- il est une construction progressive de l'objet attendu [Chvidchenko et al., 94] et permet une acquisition progressive des connaissances dans le cas des projets de R&D [Bougaret, 2002]. Chaque phase diffère en termes de niveau de connaissance, de niveau de ressources utilisé, de degré d'incertitude… [Ward, 1995] ;
- il est limité dans le temps : il est borné par un début et une fin ;
- il est unique. L'unicité porte sur le processus d'élaboration et de réalisation qui est singulier, même si l'ouvrage attendu peut présenter quelques similitudes avec un ouvrage précédemment réalisé;
- il comporte une innovation, même partielle, qui peut être technique ou organisationnelle. Boutinet indique que le projet est toujours associé à une notion de progrès [Boutinet, 1990] ;
- il est temporaire, l'organisation est dissoute à la fin du projet, les ressources mobilisées sont affectées sur un autre projet ;

Ces caractéristiques permettent de distinguer les concepts de projet et d'opération, pris au sens classique du terme production [Declerck et al. 80]. Cette distinction est importante, mais il n'en reste pas moins qu'à un certain niveau d'abstraction, gestion de projet et gestion d'opérations ou de production partagent des valeurs communes et des outils communs.

II.2.2 Le système projet : un composant d'organisation

Le projet s'inscrit dans l'existence d'une logique d'organisation. Les relations entre projet et entreprise sont nombreuses et peuvent prendre diverses formes : l'organisation abrite un ensemble de projets, le projet et l'entreprise sont confondus… [ECOSIP]. Il est ainsi un composant de l'organisation.

Par ailleurs, le projet tel que défini précédemment constitue également une organisation[1] dotée d'un but, d'une finalité. Cette organisation est temporaire, car liée à la durée du projet ; le projet terminé, celle-ci est dissoute pour éventuellement renaître sur un autre projet. Inspiré d'expériences antérieures, notamment dans le domaine de la modélisation d'entreprise, fortement nourrie par les théories de la systémique (travaux de Le Moigne, de Rosnay, Mélèse), nous considérons que le projet peut être décrit comme un système [Corriveau, 1996], sur lequel on peut appliquer une vue externe, décrivant son environnement, et une vue interne permettant d'expliciter la décomposition et l'organisation du projet.

L'application de l'approche systémique au projet permet de mieux percevoir et de mieux comprendre le système (projet) dans toute sa complexité, et par rapport à sa finalité de mieux le saisir dans sa dynamique et dans son évolution[2]. Ainsi, nous préconisons que les efforts d'analyse et de représentation doivent autant porter sur les liaisons et les interactions entre les éléments eux-mêmes que sur les éléments eux-mêmes.

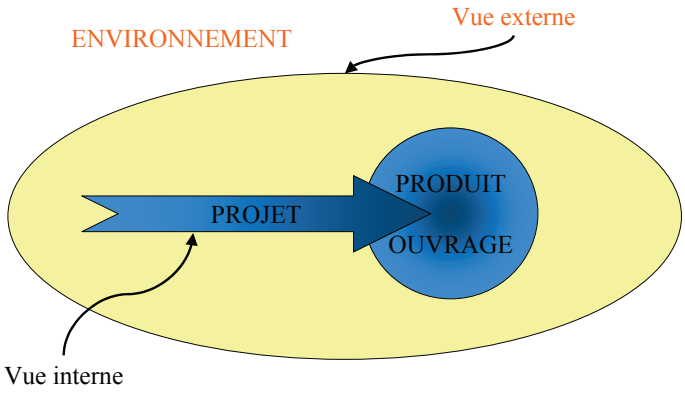


Figure 8. Vision systémique du projet

La vue externe concerne l'environnement du projet, sa description et les relations avec le projet. Elle met en évidence, pour un système donné :

- son environnement ou eco-système [Le Moigne, 1994], ce avec quoi il interagit ;
- sa finalité ou sa mission : ce pour quoi il existe (ou a été conçu), sa définition.

Dans le contexte du projet, l'éco-système est décrit par les parties prenantes[3] externes du projet, que ces parties prenantes soit "classiques", c'est-à-dire liées contractuellement comme par exemple avec

[1] Agencement de ressources, d'acteurs et de règles en vue d'atteindre, voire de dépasser, les objectifs et attendus du projet.
[2] Interprétation des propos de Mintzberg appliqués au projet.
[3] Nous pensons que ce concept de partie prenante ([Freeman, 1984], [Mercier, 1999], [Damak-ayadi, 2003], [Caroll, 1995], [Pelle-Culpin, 1998], [Lépineux, 2003]), généralement appliqué à l'entreprise, trouve ici un prolongement naturel dans le contexte du projet. Les parties prenantes (PP) sont définies comme « tout groupe ou individu qui peut affecter ou être affecté par la réalisation des objectifs de l'entreprise ». Ce sont l'ensemble des agents pour lesquels le développement et la bonne santé de l'entreprise constituent des enjeux importants.

un maître d'ouvrage ou un sous-traitant, ou à pouvoir d'influence. Citons pour mémoire : le sponsor (ou garant), les utilisateurs directs du résultat du projet, les entités autres que les utilisateurs directs, dont l'activité peut se trouver influencée durant la phase de réalisation du projet ou ultérieurement durant l'exploitation de l'ouvrage (résultat du projet), les entités qui peuvent influencer la finalité du projet et/ou son déroulement (par exemple, les autorités de régulation, pouvoirs publics par l'édiction de contraintes réglementaires).

Le projet interagit donc avec son environnement. Les interactions sont supportées par trois facteurs :

- les objectifs et compte rendus de suivi qui permettent de fixer le cadre d'action du projet et de mesurer la réalisation, le respect de la trajectoire ;
- les ressources, au travers de leur affectation des ressources au projet et de leur libération ;
- les objets manipulés/transformés caractéristiques de l'activité du projet, qui sont de nature symbolique pour les informations et connaissances manipulées, et de nature technique pour les objets physiques.

La finalité indique les raisons de l'existence du projet, qu'il faut distinguer des objectifs qui correspondent à une finalité ou une mission dont les paramètres sont déterminés sur un horizon donné. On parlera également de cible du projet, pour indiquer ses finalités, comme la spécification des caractéristiques attendues pour le projet (fonctionnalités de l'ouvrage). Dans certains cas, les finalités peuvent être plus ou moins explicites, certains projets affichant des finalités "officielles" bien différentes des finalités recherchées (de tels exemples sont décrits lors de déploiements de progiciels de gestion intégrée souvent fortement imbriqués avec des préoccupations organisationnelles).

La vue externe apporte le regard d'acteurs extérieurs au projet. Ces acteurs sont en dehors des enjeux opérationnels propres au projet.

La vue interne est une vision détaillée du projet qui permet d'en dégager les éléments constitutifs et d'identifier les leviers d'action pour assurer son pilotage. Elle permet de décrire le projet selon plusieurs vues qui représentent les aspects fonctionnels et organiques. La vue fonctionnelle privilégie *"ce que fait"* et *"doit faire"* le projet, par cela les concepts de fonction, tâche, activité, processus sont explicités dans cette vue. La vue organique explicite "*qui fait quoi* " et "*avec qui* ", ainsi elle focalise sur la description de la structure, de l'organisation et des ressources du projet.

La vue interne mobilise le regard d'acteurs impliqués opérationnellement dans le projet et dans l'action, ils sont dans le projet et définis comme les parties prenantes internes.

Pour décrire la vue interne du système projet, nous reprenons le concept de composant d'organisation ou d'unité organisationnelle, que nous avons défini lors de nos travaux sur la modélisation d'entreprise ([Pourcel et Gourc, 2005], [Gourc, 1997]), pour l'appliquer au domaine du projet.

Le système projet est alors composé d'un système de conduite interne, d'un système opérant et d'un système d'information projet (voir Figure 9).

Cette approche présente tout son intérêt pour distinguer et comprendre en phase de conduite du projet les enjeux et objectifs de chacun qui parfois peuvent être conflictuels.

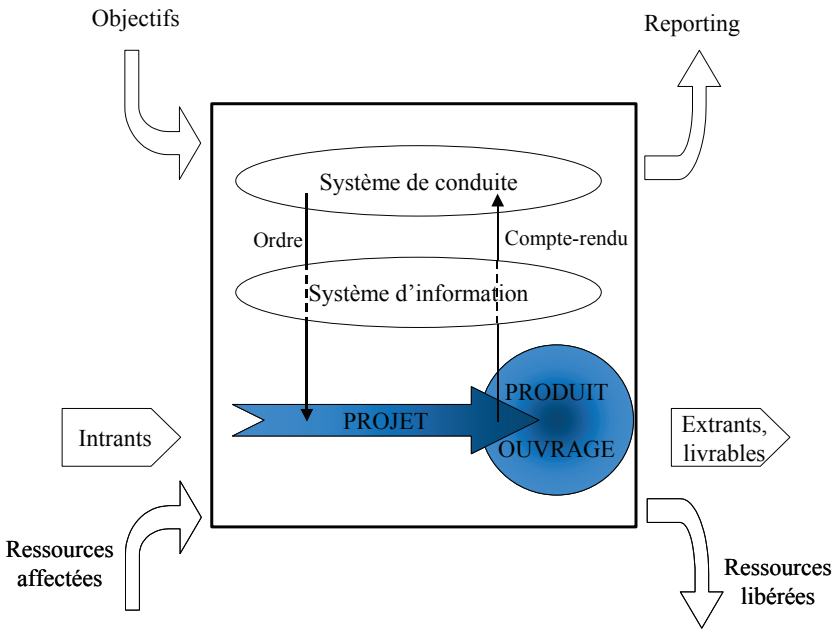


Figure 9. Vue interne du système projet

Le **système de conduite** a pour vocation de coordonner les actions et les acteurs mobilisés autour des objectifs du projet. Il reçoit les ordres et consignes émanant de l'environnement du projet (autres entités décisionnelles, parties prenantes externes, appartenant à la même entreprise ou à d'autres entreprises partenaires ou clientes). En outre, il se doit d'assurer une fonction de reporting de l'état du projet à des éléments identifiés de son environnement. Pour cela, il s'appuie sur des fonctions de planification et de suivi intégrées dans un processus de conduite. Ce processus de conduite, loin d'être totalement automatisé et supporté par des méthodes générales et abouties, est assuré par des acteurs humains qui prennent les décisions. Ceci qui le démarque profondément d'activités de production [Declerck, 1980].

Le **système d'information projet (SIP)** assure deux fonctions principales qui sont d'une part, la mémorisation et l'archivage des informations du projet et d'autre part, leur collecte et diffusion auprès des acteurs concernés. Nous distinguons deux grandes catégories d'informations suivant qu'elles relèvent du pilotage du projet (plannings, jalons, budgets projet, indicateurs d'avancement…) ou de l'objet du projet (cahier des charges, résultat d'une étude, documentation). Les projets sont soumis à un accroissement de la quantité d'informations à manipuler et dans ce contexte, l'utilisation d'applications informatiques est devenue une réelle nécessité, voire une obligation dans certains secteurs pour gérer les aspects et informations réglementaires (par exemple, la construction et l'envoi du dossier de demande d'AMM[1] d'un médicament qui est géré par un système de GED[2] spécifique). Ainsi, les fonctions de SIP sont supportées par des applicatifs qui relèvent, entre autres, des bases de données, de bases de gestion des connaissances, de logiciels de gestion de projet, d'outils collaboratifs, de zones d'échange…

Dans le domaine du projet, ce système est complexe, du fait notamment de la présence d'acteurs humains et de la manipulation d'informations faiblement structurées et difficilement modélisables. Un des enjeux des travaux sur ce sujet est de mettre en relation les informations entre elles de manière à construire des éléments de connaissance. Comment les individus agrégent-ils, mettent-ils en relation, associent-ils les informations pour faire émerger un concept et/ou une connaissance

[1] Autorisation de Mise sur le Marché.
[2] Gestion Electronique de Documents.

nouvelle ? Parmi les travaux, citons l'AS TOPIK (Transformation des Organisations, Projets, production, Ingénierie, innovation : Knowledge management") dirigée par JM Larrasquet. Le processus de construction de la connaissance projet est à ce jour mal défini.

Le **système opérant du projet** assure la transformation des intrants en extrants que ces objets soient de nature technique (ouvrages d'art, usines, objets physiques) ou symbolique (projets organisationnels, logiciels). Là aussi, l'intervention de l'acteur humain est omniprésente. L'activité est également décrite sous la forme de processus opérationnels.

II.2.3 La conduite des projets : deux composantes distinctes, mais complémentaires

la conduite de projet revêt deux composantes qu'il ne faut pas omettre. De la même manière que nous avons proposé une conduite interne et une conduite externe des activités organisationnelles ([AICOSCOP, 1990], [Gourc, 1997], [Pourcel et Gourc, 2005]), nous proposons de distinguer la conduite interne d'un projet de sa conduite externe.

Les décisions associées à ces deux conduites relèvent de préoccupations temporelles différentes. La conduite interne prend des décisions relevant d'un horizon généralement inférieur à la durée du projet, alors que la conduite externe relève de décisions stratégiques d'horizons plus longs. Plusieurs niveaux de décision sont distingués et correspondent à des périmètres différents d'intervention, les acteurs concernés sont multiples. Des formes diverses de suivi sont organisées, relevant de niveaux de visibilité et de détail variables : lot de travail, équipe projet, comité de pilotage technique.

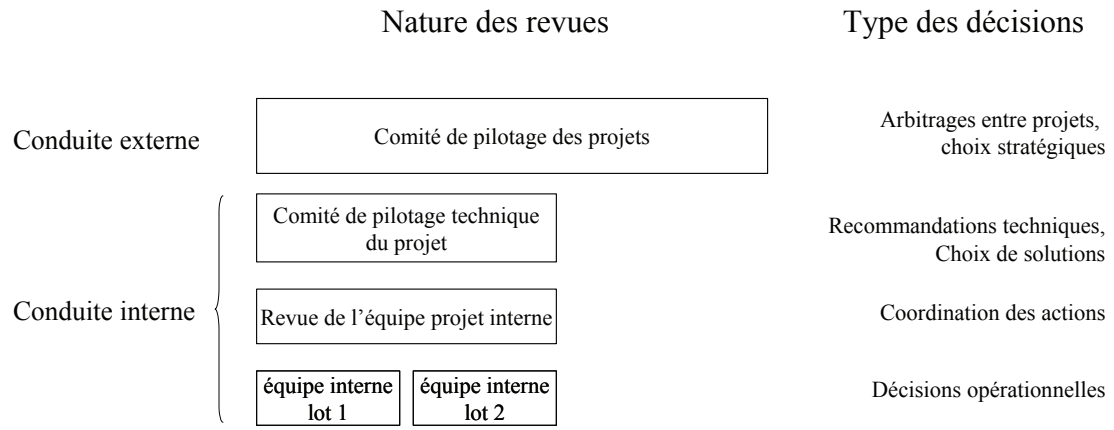


Figure 10. Deux niveaux de conduite des projets - Différentes structures de pilotage des projets[Gourc et al., 2001]

L'évolution de l'environnement socio-économique des entreprises implique une augmentation de la complexité de ces problématiques. Outre les préoccupations de pilotage interne (conduite interne mono projet) clairement documentées depuis quelques années, le développement d'organisations multi sites couplé à la mise en place de concepts d'entreprise virtuelle, de groupements de PME, de joint-venture etc. apportent des dimensions nouvelles et intéressantes.

La conduite externe a pour objectif d'assurer la coordination entre les projets sur le plan technique s'ils présentent des interactions (développement vers utilisation de technologies nouvelles, de résultats intermédiaires, etc.) ou bien sur la disponibilité de ressources humaines ou financières. On s'intéresse dans ce cas au pilotage multi projets ([Jolly *et al.*, 1994], [Garel et al., 2001]). Un autre niveau décisionnel concerne l'optimisation du portefeuille de projets.

Nombreux sont les organismes qui proposent des référentiels de connaissances autour du management de projet. R. Turner, en tant qu'éditeur de la revue International Journal of Project Management, propose un état des lieux de ces travaux [Turner, 2000] très orienté vers la communauté anglo-saxone. Il en résulte de nombreuses expressions pour décrire les fonctions de conduite de projet : management, gestion, pilotage, maîtrise pour ne citer que celles relevant de la langue française. Jolly & Muller [1994] insistent sur la nécessité de ne pas confondre le management de projet, le management par projet, le management du portefeuille des projets.

Si l'on s'intéresse plus particulièrement aux référentiels francophones, le management de projet est composé de deux fonctions qui sont la direction de projet, généralement assurée par le directeur de projet, et la gestion de projet assurée par le contrôleur de projet (travaux de l'AFITEP et de l'AFNOR). La **direction de projet** assume la vision stratégique, elle fixe les objectifs, fixe les moyens, s'assure de leur disponibilité et assure l'animation de l'équipe ([AFNOR X50-115], [AFITEP, 2000]). Quant à elle, la **gestion de projet** a pour mission de collecter les données du projet et de mettre à la disposition du chef de projet les indicateurs sous une forme synthétique directement exploitable pour prendre les décisions. La mission du management est justement d'assurer que les indicateurs restent dans des limites acceptables ("do the project right"). Un autre niveau de décision correspond au **management des projets**, assuré par le comité de pilotage, dont le rôle est d'assurer que l'on fait les bons projets ("do the right projects").

Nous retrouvons dans cette description nos vues internes et externes présentées précédemment. La direction de projet et la gestion de projet, relatives à la vue interne, sont associées à une organisation interne au périmètre du projet, alors que le management des projets et le management multi projets, entre autres, sont associées à la conduite externe des activités au sein d'un périmètre plus large.

En outre, la conduite interne ou le management du projet comporte deux volets : un volet pilotage et un volet organisationnel. Le volet de pilotage est celui qui est le plus fréquemment abordé dans les travaux et publications. Cela suppose la construction de référentiels permettant de réaliser la mesure de l'avancement, grâce à des indicateurs appropriés, pour ajuster dynamiquement les décisions. Le pilotage de projet, comme le pilotage d'un engin, revient en premier lieu à choisir un objectif par rapport auquel la meilleure trajectoire est définie ([Forrester, 1980], [Avenier, 1984]). Une fois l'engin lancé, il s'agit alors d'assurer une boucle de régulation alternant :

- planification de la trajectoire à suivre ;
- mesure du réalisé, analyse des écarts et propositions d'actions (modification de trajectoire ou changement d'objectifs lorsque des informations sur l'environnement et sur l'état du projet montrent que le plan initial ne peut être maintenu ;
- décision;

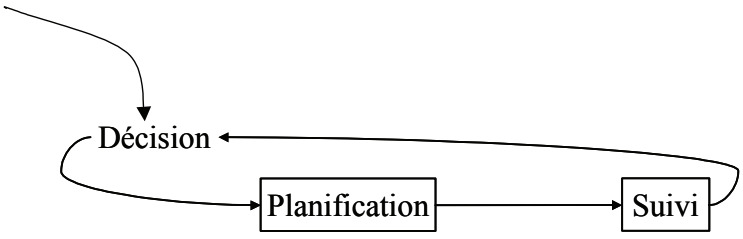


Figure 11. Boucle de pilotage de projet

Le volet pilotage englobe un ensemble de processus en interaction qui doivent être pilotés et pour lesquels des référentiels doivent être établis (PMBoK, ISO 10006[1]). Le risque, considéré comme un

[1] ISO 10006 : Systèmes de management de la qualité — Lignes directrices pour le management de la qualité des projets, 1997

facteur de déviation des référentiels établis, est piloté par un processus spécifique de management des risques, partie intégrante du management de projet.

Le volet organisationnel est quant à lui relatif à la définition des moyens nécessaires, la définition des rôles et responsabilités de chacun et leurs interactions. Il comporte également la mise en place d'un système de communication multi directionnel (reporting) [Jolly & Muller, 1994], en particulier pour ce qui est relatif à la prise en compte des risques et leur maîtrise.

Nous pensons que les modes de pilotage préconisés tout comme les modèles organisationnels doivent tenir compte du caractère fortement spécifique du projet, tel que précisé dans la définition, et qu'il est par conséquent bien difficile d'établir des préconisations standard. La proposition de typologies de projet contribue à l'identification d'invariants permettant ainsi de proposer des modes de pilotage adaptés à chaque situation ([ECOSIP, 1993], [Giard, 1991], [Peillon, 2001], [Garel et *al.*, 2004], [CGI, 2004]).

II.2.4 La problématique des perturbations

L'objectif des entreprises consiste à mettre à disposition le bon produit, au bon client, au bon moment, au bon coût avec la bonne qualité. Au niveau des projets, cet objectif se traduit par l'élaboration de prévisionnels nominaux qui satisfassent ces critères. L'utilisation des techniques d'ingénierie concourante, par exemple, entre dans cette logique pour réduire le délai de conception mais également de mise à disposition par la prise en compte le plus tôt possible des contraintes industrielles. Toutefois, le déploiement de prévisionnels ambitieux va de pair avec l'augmentation de perturbations liées à des remises en cause d'hypothèses formulées. D'autres phénomènes extérieurs viennent également altérer les prévisions initiales (retards de livraisons d'équipements, indisponiblités de certaines ressources, intempéries…).

Les perturbations ont pour conséquence majeure de faire dévier le projet de sa trajectoire de référence vers une autre trajectoire modifiée qui généralement ne permet pas d'atteindre la cible initialement définie. Soit cette dernière est plus réaliste, elle devient alors la nouvelle cible de référence (gestion d'opportunité), soit il convient d'infléchir la trajectoire pour revenir vers la trajectoire de référence afin d'atteindre tout de même la cible initialement définie.

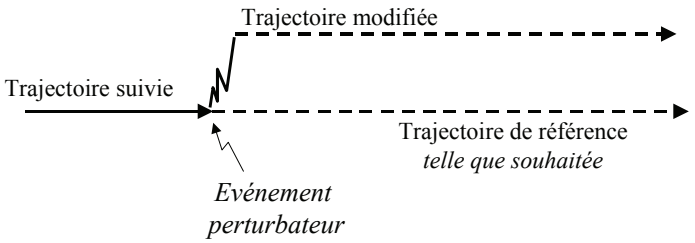


Figure 12. Articulation des trajectoires du projet en fonction d'un événement perturbateur

Maintenir la meilleure trajectoire possible est une des missions de la conduite de projet. Cette problématique nécessite de développer un processus spécifique d'analyse et de prise de décision qui s'appuie sur l'analyse des risques et de leurs conséquences sur le projet, sa trajectoire et sa cible. La plupart des travaux et méthodes développés dans le domaine du management de projet s'intéressent aux situations attendues, souhaitées. Ils comparent la trajectoire "telle que souhaitée" avec la trajectoire réellement suivie qui manifeste de la vraie vie du projet et de la réalité vécue. La prise en compte en temps réel en mode réactif de phénomènes imprévus n'est pas satisfaisante.

L'enjeu majeur pour les structures projets est de développer un nouveau mode de pilotage basé sur l'anticipation des phénomènes et perturbations : un pilotage anticipatif basé sur les risques. Ce mode

de pilotage vise à anticiper l'ensemble des phénomènes possiblement occurents au cours du projet et à définir *a priori* une ou plusieurs stratégies optimales prenant en compte ces phénomènes. Ainsi, les choix réalisés et décisions prises s'inscrivent dans une logique d'optimisation des indicateurs à long terme (à terminaison du projet) et non uniquement dans une visibilité à court terme, bien souvent incompatible avec la précédente.

Après avoir défini et posé la problématique de la conduite des projets, les paragraphes suivants sont consacrés tout particulièrement à la thématique de la maîtrise des risques, au cœur de mes travaux depuis quelques années. Je débute par la définition des concepts sous-jacents à la notion de risque et à sa caractérisation. Ensuite, je présente ma vision du risque en projet et des méthodes pour le prendre en compte. Dans ce cadre, je propose une grille de lecture des méthodes de management des risques, grille qui sera utilisée ensuite au chapitre III pour présenter mes travaux sur le sujet.

II.3 Ma vision du risque

Lemaitre[1] indiquait, en 2001, en ouverture d'une table ronde interdisciplinaire intitulée "le risque dans sa genèse" que "*diffus ou spectaculaire, le risque est devenu omniprésent* …". Qu'il soit lié aux phénomènes naturels, à l'aménagement de l'espace, de nature technologique, sociale, économique, financière ou politique, aujourd'hui le risque fait partie intégrante de notre quotidien. La médiatisation accrue de grandes catastrophes (Tsunami, AZF, Tchernobyl, Amoco Cadiz, Concorde, séismes, effondrement de sites miniers, etc.) est là pour le rappeler. A la suite de certaines de ces catastrophes, des décrets comme la directive 82/501/CEE, appelée communément directive SEVESO I, complétée ensuite par la directive SEVESO II ou la réglementation concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), ont été promulgués mettant en avant la relation entre la conduite des processus opérationnels de l'entreprise et le risque.

D'autres phénomènes, comme les affaires Enron et Worldcom aux Etats-Unis, Parmalat en Europe, scandales financiers non moins médiatiques, ont amené plusieurs pays à promulguer des lois dites de sécurité financière, afin de redonner confiance aux investisseurs et épargnants. Ces lois (**S**arbannes **O**xley **A**ct aux Etats-Unis et **L**oi de **S**écurité **F**inancière en France) imposent aux entreprises de nouvelles obligations favorisant la transparence et l'exactitude des comptes. La gouvernance d'entreprise et ses processus sont directement impactés par ces lois. La relation entre risque et processus d'entreprise, notamment les processus d'information, de décision, de communication, de contrôle interne, est ici au cœur du débat.

Toutes ces lois et documents réglementaires visent à promulguer un autre type de management d'entreprise. Celui-ci est basé sur la transparence et la communication du risque, mais également et surtout sur une approche anticipative des risques qu'ils soient processus, projet, opérationnels ou autres.

Je m'inscris complètement dans cette vision [Gourc et al., 2001b], en développant des outils permettant d'amener à une prise de conscience du risque, non pas pour susciter des peurs ou des inhibitions, mais plutôt pour crédibiliser l'action et mettre en confiance les acteurs. Les processus décisionnels, de l'analyse à la prise de décision, sont ainsi au cœur de notre vision.

La prise en compte du risque intéresse des domaines très divers comme par exemple la gouvernance d'entreprise, le domaine assuranciel, les domaines boursiers et financiers, la sécurité des systèmes et des installations, le contrôle d'accès, l'environnement, etc. Plusieurs équipes académiques ou groupes de travail s'inscrivent dans cette thématique du risque, chacun avec un regard particulier sur l'un ou plusieurs de ces domaines. Citons par exemple l'équipe cyndinique de l'Ecole des Mines de Paris, le groupe Analyse des Risques Industriels (ARI), l'Institut du Management du Risque (IMdR), Groupe

[1] A. Lemaitre est maître de conférences en histoire moderne à l'Université de Haute Alsace.

de Recherche Information et Décision (GRID), Groupe des Ecole des Mines (GEM) Risques, Risk Research Group de la School of Management de l'Université de Southampton, le Specific Interest Group "Risk management" du Project Management Institute, équipe du CIRANO Montréal, laboratoire CPI de l'ENSAM Paris, etc.

II.3.1 Le concept de risque

Le risque peut être caractérisé par un triplet <occurrence, effet, état> décrivant son existence et sa structure, ses conséquences et son évolution. L'occurrence permet de caractériser le risque dans son identité et ses origines en précisant notamment les conditions et les chances de survenue. Ensuite, la portée des manifestations associées à son occurrence, les types et la mesure des niveaux d'impacts correspondent à l'effet. Enfin, l'état permet de décrire la nature évolutive du risque.

Par delà sa représentation, le terme de risque porte en lui-même la relation au temps, en ce sens qu'il fait appel à un phénomène qui pourrait se produire dans le futur, lié au hasard et, par conséquent, sur lequel on ne peut avoir aucune certitude.

Le risque est bien un concept **multi dimensionnel**. Les dimensions "occurrence" et "effet" en sont les plus importantes et représentent des formes agrégées d'autres notions que nous détaillerons par la suite. On les retrouve dans l'AMDEC[1], respectivement sous les termes "fréquence d'apparition" et "gravité". L'utilisation du terme fréquence d'apparition rappelle qu'à l'origine, l'AMDEC a été développée sur des processus industriels répétitifs où les données historiques peuvent être traitées par des méthodes statistiques. La gravité, quant à elle, est la mesure de l'importance des effets.

Ces deux dimensions, complétées par la détectabilité, définie comme la capacité de détecter le phénomène, entrent dans la quantification d'une caractérisque globale du risque, la criticité.

Le risque est également un concept éminemment **subjectif**. Son évaluation est une activité complexe, du fait de son caractère multi dimensionnel, mais surtout de part l'implication d'acteurs humains. La mesure du risque ne peut être dissociée du regard porté sur lui par l'homme. De nombreux facteurs influencent la perception du risque : phénomènes culturels, goût/aversion au risque, nombre d'expériences antérieures similaires, analyse en groupe ou individuelle…

Dans l'esprit collectif, ce terme porte une connotation clairement négative qui l'associe à un danger, un péril mettant en exergue l'existence de conséquences associées à sa survenue. Mais il n'en a pas toujours été ainsi. En effet, ce terme, en traversant les siècles, s'est chargé de sémantiques (ou sens) différents. Deux acceptions du terme risque sont identifiées, relatives au "risque-écueil" et au "risque-action" [Sabelli, 1999], encore présentés comme risque pur et risque spéculatif par Salvator et Gonde, repris par [Marmuse, 1989]. Ce dernier, inspiré d'une culture de la création et de l'innovation s'intéresse aux opportunités créées. Le terme risque peut donc être associé à la possibilité de créer une valeur nouvelle : l'investissement engagé par l'action est susceptible de créer une opportunité. Le risque est alors vu non plus uniquement comme un phénomène fataliste que l'on ne peut contrôler, mais dans une perspective spéculative de prise de risque mesurée et raisonnée. Ainsi, le risque est **multi forme**.

II.3.2 Quelques rappels sur les fondamentaux de la définition du risque dans les projets

La nature risquée de certains types de projets a été abondamment documentée ([Chapman *et al.*, 1997], [Williams, 1993], [ECOSIP, 1993], [Cooper *et al.*, 1987]). Chapman et Ward (1997) ont établi une liste de domaines dont les projets présentent habituellement un haut niveau de risque, le groupe ECOSIP (1993) a, quant à lui, proposé de définir l'importance relative des risques entre différents secteurs d'activités.

[1] Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et Criticité.

Nous avons identifié deux catégories de définitions du terme risque qui mettent en avant :

- Soit des conséquences exclusivement dommageables (threat) : AFITEP (1996), BNAE RG. Aéro 000 39 (2000), DGA AQ 923 (1995), DGA AQ 924 (1995), ADELI-Périloscope (1997), [Marmuse, 1989]
- Soit des conséquences dommageables ou non (threat et opportunity) : PMI (PMBOK, 2000), AFNOR (X50-117, 2002), Chapman (1991), RiskDriver , AACE[1].

La définition commune de l'AFITEP et de l'AFNOR [AFITEP, 2000] repose sur une appréciation du "risque-écueil" lorsqu'elle le définit par *: "un risque est la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécification, ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables voire inacceptables"*. Cette définition s'attache essentiellement à la mesure des conséquences du risque projet sur les critères de délais, de coût ou de spécification, elle s'inscrit, comme d'autres ([Giard, 1991]), dans le courant de pensée des statisticiens qui présentent le risque comme lié au concept de variabilité ou de dispersion. D'autres intègrent l'idée de l'occurrence possible d'un événement qui entraînerait ces types de conséquences ([Marmuse, 1989], [AFNOR X50-117]). L'intérêt réside, par la suite, dans la capacité de travailler sur les sources du risque, comme des conditions qui donneraient naissance à cet événement.

En complément, le lecteur pourra se référer, entre autres, aux travaux de [Bernard et al, 2002], [Bourdeau *et al.,* 2003], [GEM, 2002] qui, sur la base d'une revue de la littérature, proposent une liste des définitions identifiées.

II.3.3 Ma vision du risque en projet : le modèle général du risque

Je définis [Gourc et al., 1999a, 1999b, 2001a, 2001b…], le risque en projet comme *"la possibilité que survienne un événement dont l'occurrence entraînerait des conséquences (positives ou négatives) sur le déroulement de l'activité du projet"*. En d'autres termes, l'événement est le fondement de notre définition du risque, sa survenue éventuelle engendrant des perturbations sur le projet qui ont une influence sensible sur les indicateurs de performance ou critères de succès du projet. L'existence d'un référentiel (planning, budget, performance attendus) permet d'identifier les perturbations occasionnées par l'occurrence de l'événement, ces perturbations pouvant être favorables ou défavorables vis-à-vis de l'atteinte des objectifs.

Je retiens, par conséquent, les deux dimensions probabilité d'occurrence et impacts pour caractériser le risque. Il est à noter que pour les gestionnaires, la mesure de la probabilité d'occurrence pose deux problèmes [Barki et al., 1993b]. Premièrement, en gestion de projet il est difficile, voire impossible, d'estimer la probabilité à partir de la fréquence antérieure de cette situation, parce qu'elle est souvent unique et les références au passé sont difficiles à faire. Deuxièmement, la mesure du risque étant relative à la perception des intervenants influencés par des facteurs environnementaux (poids médiatique, concernement plus ou moins direct, etc.) il n'existe pas de mesure absolue du risque, d'où l'utilisation d'une mesure subjective de la probabilité d'occurrence.

L'impact est une mesure qui définit l'importance des perturbations occasionnées par l'occurrence du risque. On peut parler de niveau de gravité. Le niveau de gravité de l'impact est représentatif des effets induits, notamment sur les objectifs et critères de succès du projet. Il est exprimé de manière symbolique, qualitative ou quantitative. Nous retenons trois types d'impacts majeurs directement reliés aux objectifs du projet et critères de succès du projet, sans qu'ils soient exclusifs :

- les impacts de type délai : dérive positive ou négative des délais du projet ;
- les impacts de type coût : économie ou surcoût par rapport au budget initial ;
- les impacts de type performance ou qualité : amélioration ou dégradation par rapport à la performance prévue.

[1] AACE International Risk Management Dictionary

Un risque peut présenter selon les cas un, deux, voire plusieurs types d'impact. D'autres types d'impacts en relation avec d'autres critères de succès du projet peuvent être retenus pour caractériser le risque. Citons par exemple des impacts en relation avec l'image du projet ou de la société, l'acceptation de l'ouvrage par les utilisateurs et le degré de satisfaction, etc.

Dans le cas d'un risque potentiel, non encore avéré, les impacts liés aux perturbations éventuelles peuvent être de deux types : positif ou négatif (Figure 13). Un impact positif indique que la survenue du risque doit entraîner une amélioration d'un critère de succès du projet (par exemple amélioration de la rentabilité). A l'inverse, un impact négatif exprime une dégradation des performances du projet (par exemple dérive de la date de mise à disposition de l'ouvrage).

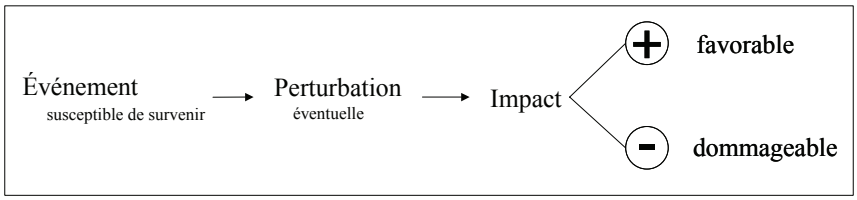


Figure 13. Modèle général du risque

Dans le même temps, je définis le risque dans une logique d'enchaînement d'événements, en le décrivant dans un schéma de nature cause-conséquence (Figure 14). Les causes permettent de préciser l'ensemble des phénomènes, certains ou non, pouvant conduire à l'apparition de l'événement sous-jacent au risque. Les conséquences expriment les phénomènes pouvant être induits par l'occurrence de l'événement. Causes et conséquences peuvent être elles-mêmes des événements, donc des risques comme l'indique J. Le Bissonnais dans son analyse des terminologies du risque [Le Bissonnais, 1996]. Nous nous inscrivons ici typiquement dans la lignée des travaux sur la sécurité industrielle, où le risque fait souvent appel à la notion de chaîne d'événements ([Bourdeau et al., 2002], [Sinclair-Desgagné et Vachon, 1999]) telle qu'utilisée dans les techniques de l'analyse par arbres de défaillances, de l'analyse par arbres d'événements ou dans le modèle MADS [Perilhon, 1999a] et la méthode MOSAR ([Perilhon, 1999], [MADS-MOSAR, 1999]) qui proposent d'élaborer des scénarios de risques.



Figure 14. Modèle général cause-conséquence

Un facteur de risque (Figure 15) est un élément identifié ou une condition de l'environnement interne ou externe du projet dont l'existence est de nature à influencer la survenue d'un événement et donc de modifier la mesure de la probabilité d'occurrence du risque ([Barki et al., 1993], [Smith et al., 2002], [Ravalison, 2004]). Ils peuvent être de plusieurs natures (des faits, des observations, des perceptions, des ressentis…), d'origine diverse (endogène, exogène), modifiables ou non. Dans le domaine de la médecine, ce concept est classiquement utilisé pour étayer le diagnostic, par exemple les facteurs du risque cardio-vasculaire sont le taux de cholestérol et l'âge [Esper, 2005]. On distingue ceux sur lequel on peut agir pour limiter le risque (le taux de cholestérol) de ceux sur lequel on ne peut agir (l'âge du patient !).

La relation entre facteur de risque et événement ne peut être considérée comme certaine. Elle est identifiée sur la base d'observations empiriques, sans que l'on puisse certifier une relation de causalité au sens strict du terme : toutes les personnes âgées n'ont pas le même risque cardio-vasculaire.

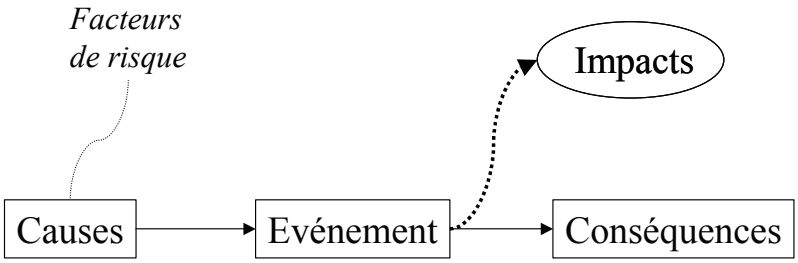


Figure 15. Le modèle général étendu (source nos propres travaux)

Le risque est un concept **multi spatial**, nous le représentons selon deux plans orthogonaux (Figure 16) :

- un plan horizontal qui développe la chaîne des causalités, il décrit l'espace des événements (**espace d'occurrence**) ;
- un plan vertical présentant l'espace des manifestations (**espace des effets**).

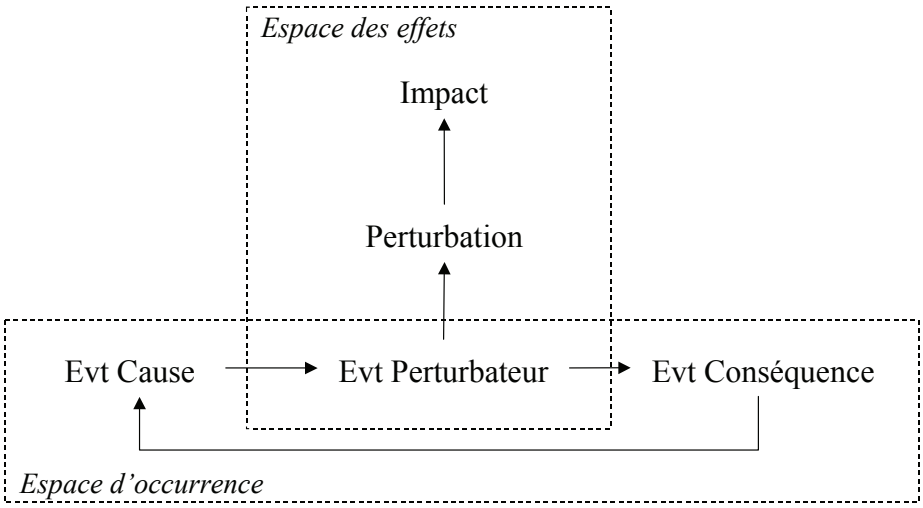


Figure 16. Les espaces du risque - le risque dans l'espace

On retrouve grâce à ce double regard sur le risque projet deux visions identifiées dans la bibliographie, à savoir celle se focalisant sur la dispersion autour des prévisions [Giard, 1991] représentée pour nous par l'espace des effets, et celle relevant de l'étude des événements potentiels [AFNOR X50-117, 2003] décrite dans notre modèle par l'espace d'occurrence.

II.4 Vers un pilotage anticipatif et proactif du risque

Devant la saturation du client, les entreprises sont amenées à innover régulièrement et proposer de nouveaux produits sur le marché de façon à se différencier de la concurrence. Ceci entraîne une accélération des cycles industriels et surtout une réduction très forte des délais d'étude-conception. Une des conséquences majeures est la généralisation d'un mode de pilotage sur ajustements du à l'apparition régulière d'imprévus, de modifications par rapport au référentiel, d'aléas nécessitant de modifier le référentiel (cible du projet et/ou trajectoire). Ce mode de pilotage a un effet néfaste sur les équipes, qui ont l'impression de réorientations régulières sans aucune stratégie forte. La survenue

intempestive d'aléas ou d'imprévus, avec leur lot de mauvaises nouvelles, est un facteur important de démotivation et de méfiance face aux prévisions établies.

La prise en compte des risques dans la conduite des projets, en ne considérant plus le projet dans une forme monolithique et déterministe, mais plutôt avec les éventualités qui peuvent en modifier le déroulement, est une forme de progrès et une réponse appropriée. Cela correspond véritablement à une nouvelle façon d'appréhender le cours du projet dans les alternatives qui ne manqueront pas de se présenter. Les équipes ont ainsi une vision claire des situations qu'elles pourraient être amenées à rencontrer.

Mes travaux visent à fournir des modèles et méthodes pour identifier, caractériser, et évaluer de manière anticipée ces scénarios dans une perspective de prise de décision. Nous affirmons que la conduite de projet doit alors s'inscrire dans une logique d'anticipation du futur permettant de situer les décisions, non seulement dans un cadre basé sur ce qui s'est déjà produit et ce que l'on souhaite, mais également dans une perspective spéculative. L'analyse des risques permet alors d'identifier les scénarios possibles et de permettre le choix, lorsque celui-ci est possible, par l'évaluation des risques potentiels de chaque scénario. **La décision est alors prise en toute connaissance de cause**.

L'anticipation doit porter autant sur les phénomènes (risques et opportunités) que sur les actions de traitement de ces situations. Ce sont à la fois les phénomènes extérieurs, ce qui peut survenir, les risques et ce que l'on veut faire advenir globalement du projet, la gestion d'opportunités [Boutinet, 1993] qui doivent être étudiés. Mes travaux s'inscrivent complètement dans cette double perspective. On retrouve ainsi deux grandes catégories d'actions qui visent soit à réduire un phénomène (occurrence ou effet) dans le cas d'une gestion des menaces, soit au contraire à le favoriser dans le cas de la gestion d'opportunités.

La prise en compte et le traitement des risques s'appuient sur quatre stratégies possibles (Figure 17) comportant :

1) des actions correctives, déclenchées après l'occurrence de l'événement permettant de réduire la gravité des impacts ;
2) des actions anticipatives en réduction ou augmentation d'occurrence, déclenchées avant l'apparition de l'événement afin d'éviter ou de favoriser son occurrence ;
3) des actions anticipatives en réduction ou amplification d'effet, déclenchées avant l'apparition de l'événement afin de réduire ou d'augementer l'importance des effets lors de l'occurrence ;
4) aucune action particulière.

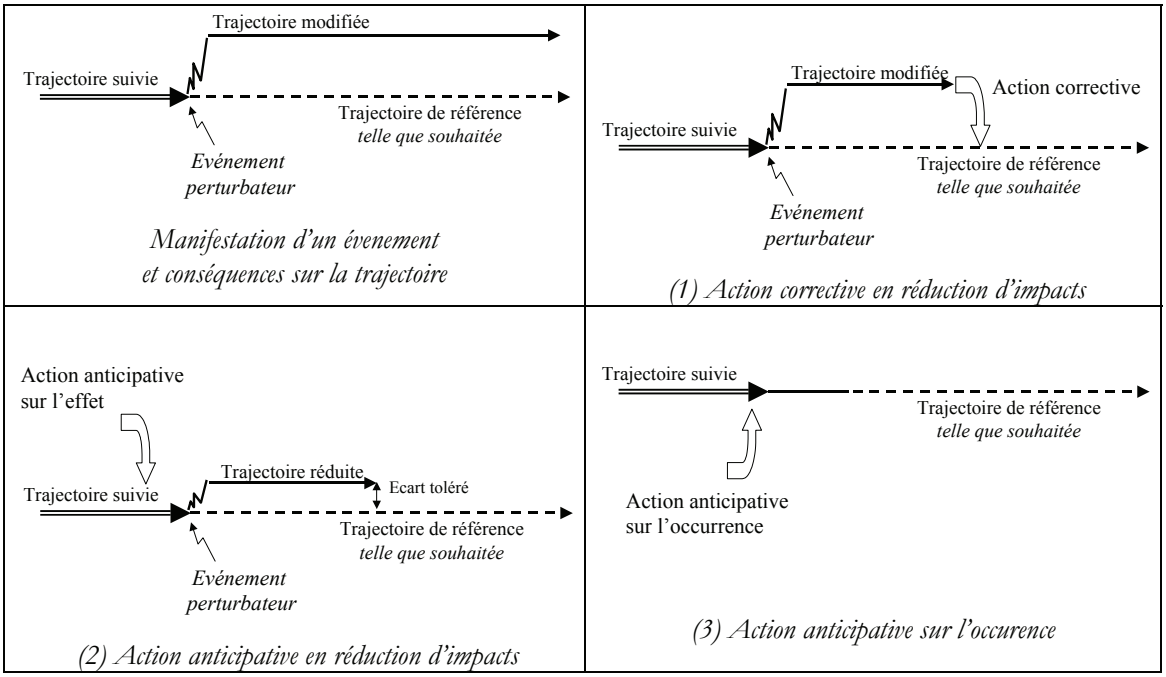


Figure 17. Traitement des risques : plusieurs stratégies possibles

Dans ces derniers cas, la survenue d'un événement peut être souhaitée voire favorisée et la gestion de l'opportunité va consister soit à favoriser ses manifestations soit à profiter de ce phénomène pour modifier la définition de la cible du projet et de ses objectifs. On souhaite dans ce dernier cas conserver la nouvelle trajectoire.

La description des actions de traitement vient compléter le modèle de caractérisation du risque (Figure 18).

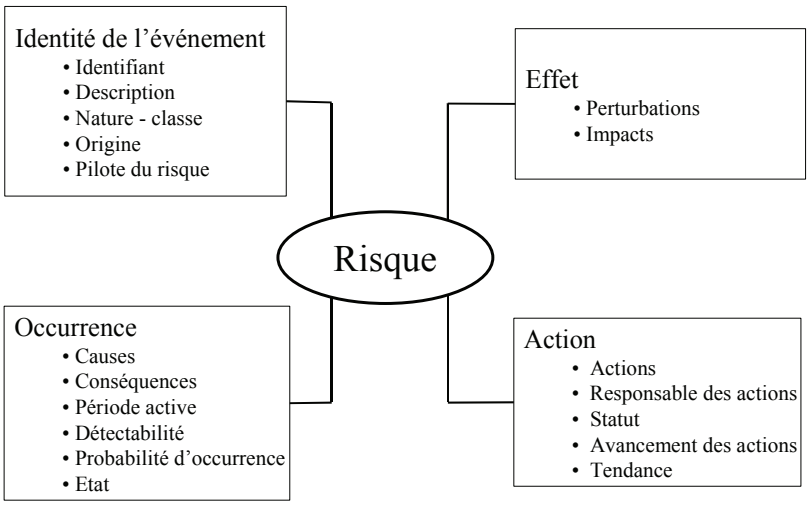


Figure 18. Caractéristiques du risque (notre modèle complet)

La connaissance détaillée du risque et, par conséquent, des informations permettant de renseigner ces paramètres est liée au stade d'analyse du projet.

En effet, le risque est un concept dynamique multi-état, il présente, au cours du projet, des périodes plus favorables pour son apparition, voire des jalons au-delà desquels il ne peut plus survenir. Je présente (Figure 19) un diagramme d'états permettant de décrire les transitions entre les états possibles. Les transitions entre états correspondent à deux classes :

- des "actions" directes et contrôlées (en italique sur la figure) : actions de traitement du risque ;
- manifestations aléatoires exogènes (en gras sur la figure) : facteurs du risque, manifestation de certaines causes, réapparition du risque.

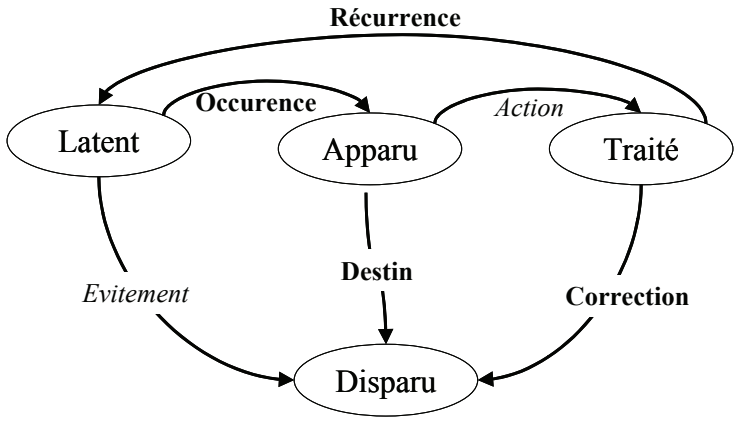


Figure 19. Etats du risque (nos propres travaux)

II.5 Ma grille de lecture des différentes approches de management des risques

Nous l'avons vu plus haut, le risque concerne différents types d'activités de l'entreprise et des méthodes spécifiques sont utilisées pour l'analyser, le modéliser, l'évaluer. Courtot [1998] propose de distinguer trois grandes catégories de méthodes "théoriques" les plus largement utilisées qui permettent de gérer les risques potentiels d'un système : les méthodes d'analyse "descendantes", les méthodes d'analyse "ascendantes", les méthodes basées sur les processus stochastiques.

Cette décomposition a le mérite de distinguer les méthodes suivant leur mode opératoire, mais ne permet pas de relier ces pratiques avec les parties prenantes du projet. Pour ma part, je privilégie un découpage suivant le regard porté sur le risque. Je distingue ainsi deux types de regards (Figure 20) suivant :

- qu'ils portent sur les événements et les enchaînements logiques, nous le désignons par regard "interne" ;
- qu'ils s'intéressent aux manifestations et effets du risque, c'est la partie symptomatique du risque, nous le désignons par regard "externe".

Je distingue ainsi les approches qui s'intéressent au risque projet de celles qui traitent les risques en (ou des) projets. Les premieres s'intéressent exclusivement à la mesure du niveau de risque du projet pris dans sa globalité, alors que les secondes ont pour objectif une analyse détaillée des risques possiblement occurrents et de leurs conséquences.

Le regard "interne" est relatif au point de vue adopté par les acteurs directement concernés par le projet (par exemple le chef de projet et ses équipiers), il correspond à l'espace des événements illustré dans la Figure 16. Le regard "externe" fait référence aux parties prenantes externes, par conséquent non directement impliquées (par exemple investisseur, dirigeant d'entreprise, banquier, client)

essentiellement intéressées par les manifestations observées (par exemple la dérive du budget). Il correspond à l'espace des effets illustré dans la Figure 16.

Par conséquent, deux interprétations du risque sont à considérer, suivant que l'on s'intéresse au regard "interne" c'est le **risque en projet,** ou au regard "externe" et là nous parlerons de **risque projet**. Dans le premier cas, le **risque en projet** est défini par les événements et leurs conséquences, nous proposons de parler d'ailleurs des risques en projet. Nous définissons **d'analytique** les approches qui traitent le risque selon ce regard.

Dans le deuxième cas, le **risque projet** est la possibilité que le projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions, la mesure des écarts entre les prévisions ou entre le prévisionnel et le réel est caractéristique du risque. Nous proposons de caractériser ces approches de **symptomatiques**.

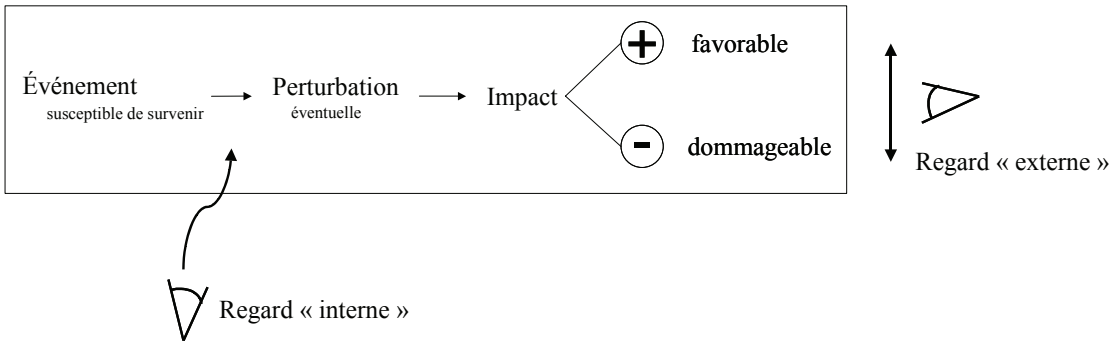


Figure 20. Les deux regards sur le risque

Nous identifions ainsi deux grandes catégories d'approches :

- Les **approches analytiques** qui regroupent les méthodes d'analyse descendante et ascendante. Elles portent sur une analyse détaillée de chacun des risques pris isolèment et sont adaptées au regard "interne" et, par conséquent, destinées aux acteurs chargés de la conduite interne opérationnelle et tactique du projet (chef de projet, équipiers métiers, risk manager, …);
- Les **approches symptomatiques** de nature systémique sont en relation avec le regard "externe". Elles s'appuient sur une analyse globale du risque en appréhendant les symptômes, manifestations visibles du risque sur les indicateurs du projet. Ces approches sont particulièrement destinées aux décideurs chargés la conduite externe du projet (directeurs financiers, directeur du portefeuille de projets, investisseurs, …).

II.5.1 Les approches analytiques : une vision interne du risque en projet

Les méthodes analytiques s'intéressent à l'identification des événements et à la caractérisation de leurs effets possibles sur le projet. Elles effectuent l'analyse en isolant et se concentrant sur chacun des risques pris de manière élémentaire. Chaque risque est ainsi caractérisé de manière détaillée en renseignant les paramètres descriptifs présentés Figure 18.

De nombreux auteurs ont travaillé sur les approches analytiques décrites majoritairement comme un processus de management des risques du projet ([Courtot, 1998], [Chapman et Ward, 1997], [Carter et al., 1994], [Gautier, 1997], [Simon 1997], [Blaison, 1992], [Cooper *et al.*, 1987], [Louyot, 97], [Mira, 1993], [Lopez Monsalvo, 1998]…). Ces auteurs présentent de manière détaillée les phases du processus de management des risques (project risk management), leurs objectifs et quelques outils supports.

La plupart des démarches identifiées dans des articles académiques proposent un processus composé de quatre ou cinq phases :

- l'**identification des événements redoutés** conduisant à la constitution d'une liste aussi exhaustive que possible. L'objectif de cette phase est de renseigner pour chacun des risques identifiés les caractéristiques regroupées sous l'intitulé "*identité de l'événement*" présenté Figure 18 ;
- l'**évaluation et la hiérarchisation des risques** consiste à quantifier les paramètres des caractéristiques "*occurrence*" et "*effets*" de chaque risque, puis à effectuer des comparaisons de manière à pouvoir établir une liste hiérarchisée des risques. Cette évaluation doit être menée régulièrement afin de tenir compte de l'évolution du projet (des connaissances sur le projet), mais également du cycle de vie intrinsèque des risques ;
- la **prise en compte de ces risques** conduisant à décider des actions à mener pour les risques considérés comme inacceptables à l'issue de la phase précédente. La description des actions de traitement s'effectue dans la caractéristique "*action*" de la Figure 18 ;
- le **suivi des actions**, permettant de surveiller la mise en œuvre des actions décidées et d'identifier leurs effets ;
- la **capitalisation et le retour d'expérience**. Cette dernière phase doit comprendre un travail sur le retour d'expérience et la réalisation d'un dossier de suivi.

On constate également l'introduction de ces approches ou de préconisations dans les publications d'organismes professionnels ou normalisateurs autour du management de projet. Citons le chapitre 11 du PMBoK (Project Management Book of Knowledge) [PMBOK, 2000], la Direction Générale à l'Armement, qui a proposé dès 1995 un manuel du management des risques dans un programme d'armement [DGA/AQ 924]. Le British Standards Institution présente un guide pour le management des risques business dans les projets (BS 6079-3 - Project management: guide to the management of business related project risk).

Par ailleurs, de plus en plus de groupes industriels développent et mettent en place des méthodologies de ce type (France Telecom, RATP, Airbus, Air France). Les travaux du groupe X 624, auquel j'ai participé en tant qu'expert, ont abouti à la rédaction d'un fascicule documentaire [AFNOR, X50-117] rédigé en ce sens afin de faciliter l'accès et le déploiement de telles approches par les industriels non-spécialistes du sujet. Les éditeurs de logiciels sont également nombreux à proposer des applicatifs. Certains viennent en support de méthodes existantes, comme Riskman [Carter et al., 1994], ou restent génériques et utilisables suivant des approches "maison" (développées "in house"), citons RiskProject, Risk+. La plupart de ces outils restent dédiés au chef de projet voire à l'équipe. D'autres outils plus récents, comme ARM (Active Risk Manager), s'intéressent au risque au niveau entreprise. Cet outil, installé sur le réseau d'une entreprise en mode client-serveur, permet à tous les services de l'entreprise de prendre en compte leurs risques spécifiques et de les partager dans une vision du risque entreprise.

II.5.2 Les approches symptomatiques : une vision externe du risque projet

Les approches symptomatiques de prise en compte du risque s'intéressent au regard "externe" sur le risque, c'est-à-dire qu'elles se focalisent sur les manifestations observables. Elles établissent une mesure de la variabilité possible des critères de succès du projet au regard des phénomènes qui pourraient en être à l'origine, les événements potentiels, sans en faire une analyse détaillée et/ou exhaustive.

Dans l'approche symptomatique du risque, on va s'intéresser à ces manifestations indépendamment d'une analyse détaillée des configurations qui peuvent être rencontrées (un risque occurrent parmi m, n parmi m avec toutes les combinaisons possibles, etc.). Cela se justifie par le fait que l'on souhaite utiliser cette approche très tôt dans le projet. Ensuite, une analyse plus détaillée, de type analytique, pourra être menée soit lorsque le projet sera plus avancé et que l'on disposera de plus d'informations,

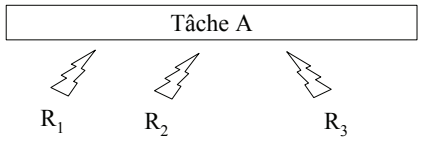
soit après avoir mené une étude de sensibilité pour déterminer le sous-ensemble du projet qui doit être analysé plus finement.

Quel que soit le point de vue étudié, cette modélisation reste une vision projective de son déroulement, ce qui sous-entend que les incertitudes sont nombreuses :

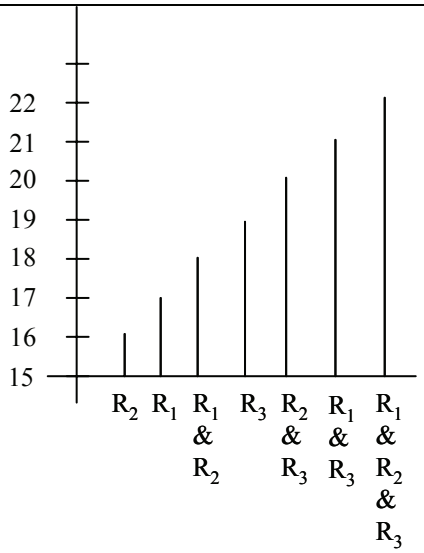
- difficulté d'estimation des durées de chaque lot de travaux, des coûts, des ressources nécessaires ou disponibles au moment où elles vont être sollicitées ;
- nécessité de réaliser ou non un ensemble d'activités ;
- ordre dans lequel les activités doivent être programmées.

Parmi les raisons que l'on peut évoquer pour expliquer l'existence de ces incertitudes, citons la faible connaissance en début du projet et le caractère unique du projet qui interdit toute capitalisation. Nous pensons que, dans bien des cas, cette incertitude est liée également à la difficulté de couvrir l'ensemble des événements potentiels ou phénomènes qui sont de nature à modifier l'estimation. On se trouve, en quelque sorte, dans un environnement où l'on ne sait pas ce qui peut arriver. Par exemple, l'estimation de la durée d'une activité peut varier suivant que l'on considère la survenue d'un ou de plusieurs risques, et une autre configuration où aucun risque ne survient ; les impacts de leur survenue deviennent visibles sur les délais (Figure 21).

Formulons l'hypothèse qu'il soit possible de faire une analyse détaillée des risques portés par la tâche A d'une durée estimée initialement à 15 semaines.



Impact délai sur la tâche A
Si R1 survient : 2s
Si R2 survient : 1s
Si R3 survient : 4s



Combinaisons possibles d'occurrence des risques et impacts sur la durée du projet

Quelles conséquences ? :

Il existe une volatilité sur la durée : 15 semaines si aucun risque ne survient, jusqu'à 22 semaines si les trois risques surviennent.

Mais est-ce que les impacts délais se cumulent tous ou uniquement certains et quels sont les impacts masqués par d'autres risques ? Que penser d'une analyse sur plusieurs tâches où les impacts d'un risque avéré au cours de la tâche A génère des effets sur les tâches B et C ?

On le voit sur un tout petit exemple, les questions sont nombreuses et l'on avait fait l'hypothèse de pour voir mener une analyse détaillée. Or, dans bien des situations, cette analyse est impossible par manque de temps ou d'informations suffisamment précises, notamment lors des phases précoces : avant-projet, définition.

Par conséquent, lors de l'estimation des grandeurs associées au projet (durée, coût, besoin en ressources), l'estimateur est confronté, de manière implicite, à toutes ces variabilités. La difficulté qu'il rencontre pour effectuer la démarche est restituée sous la forme d'une incertitude globale. Il adopte alors une approche symptomatique du risque et de son évaluation.

Figure 21. Justification des approches symptomatiques du risque

Dans ces approches on décrit alors le projet sous la forme d'un modèle calculant une fonction f qui est représentative d'un critère unique d'analyse $c = f(v_1, v_2, ..., v_n)$. Il peut exister plusieurs modèles différents du même projet qui produisent des critères différents. Citons les critères suivants : durée totale du projet, coût total du projet, indice de rentabilité économique, etc. Les paramètres d'entrée $v_1, v_2, ..., v_n$ sont alors bien évidemment différents pour s'adapter au besoin de chaque modèle (durée des lots de travaux, coût).

Les paramètres d'entrée, décrits par les variables v_i, peuvent être de type :

a. déterminé, figé et unique ;
b. pré-identifiés dans un ensemble connu, par exemple deux valeurs représentant deux situations possibles (arrivée ou non d'un concurrent). On pourra utiliser une loi discrète ;
c. continu dans une plage de valeurs, par exemple borné par une valeur minimum et une valeur maximum (durées possibles d'une activité). L'incertitude est alors décrite selon une loi de probabilité continue.

Dans le cas où toutes les variables sont de type (a), le modèle est déterministe et sa résolution ne présente aucune difficulté, on parlera alors d'approche déterministe classique. L'utilisation d'une variable de type (b) doit être traitée sous une forme scénarisée, c'est-à-dire que chaque modalité devra être traitée séparément. Dès que le modèle comporte plusieurs variables de type (b), sa résolution devient plus complexe car il faut tenir compte de toutes les combinaisons possibles.

Lorsque le modèle comporte des variables de type (c) deux modes de résolution peuvent être utilisés :

- soit on tente de se ramener à la situation précédente en dégageant des scénarios extrêmes (meilleure situation, pire situation) ;
- soit on utilise une approche simulatoire pour prendre en compte toutes les situations possibles ;

Cette dernière approche est bien sûr la plus complète. Les méthodes simulatoires telles que la méthode Monte Carlo doivent alors être utilisées.

Il peut arriver, et c'est d'ailleurs la configuration la plus fréquente, que la formulation du problème nécessite le recours à deux, voire les trois types de variables de manière simultanée. Dans ce cas, il est possible d'utiliser, par exemple, un arbre de décision stochastique combinant les deux approches citées précédemment pour traiter simultanément les variables de type (b) et (c).

Les méthodes symptomatiques d'évaluation du risque s'intéressent à la mesure de l'incertitude. De nombreux travaux ont portés sur les problématiques d'évaluation et de sélection des investissements en général (Hertz, 1964) ou plus précisément dans des situations d'incertitude élevée, comme par exemple dans les projets de R&D (Jacob *et al.*, 2003 ; Doctor *et al.*, 2001 ; Ghasemzadeh *et al.*, 2000 ; Holzinger, 2003 ; Danila, 1989 ; Costello, 1983 ; Davy, 1983 ; Schwartz *et al.*, 1977 ; Baker *et al.*, 1975 ; Hespos *et al.*, 1965). Ces types de méthodes sont souvent utilisés dans les modèles économiques ou financiers. Elles visent par exemple, sur la base de la consolidation du compte d'exploitation, à déterminer la volatilité d'indicateurs de rentabilité tels que la valeur actuelle nette (VAN), le temps de retour sur investissement et à mesurer le niveau d'incertitude (ou de risque) constaté sur ces derniers.

Plusieurs logiciels de gestion des risques supportant ces fonctionnalités existent, citons @Risk® ou Crystall Ball®.

II.6 Conclusion

Ma thématique de recherche concernant essentiellement le management des risques dans le cadre de la conduite des activités projet, j'ai donc choisi d'orienter ce chapitre dans le domaine du projet et des risques associés. En cela, au cours d'une première partie j'ai proposé quelques définitions préliminaires permettant de situer le domaine du projet et du management de projet. Ainsi, j'ai proposé d'appliquer au projet les concepts de conduite interne et de conduite externe, développés précédemment pour la conduite d'activités de production. Ces deux concepts font respectivement référence au management du projet et au management des projets ou management multi-projets.

Après avoir présenté les caractéristiques essentielles de la notion de risque, j'ai ensuite proposé ma propre vision du risque supportée par le modèle général du risque reposant sur deux espaces : l'espace d'occurrence et l'espace des effets. Je définis le risque sur la base d'un événement futur comme un concept multi dimensionnel (occurrence, effet, état), multi forme (du risque subi au risque pris), multi spatial (espace d'occurrence, espace des effets), multi états.

L'application de la notion de système à l'analyse de l'objet projet m'a permis de dégager deux visions du risque selon le regard porté : regard "interne" et regard "externe". Sur la base de ce constat, j'ai enfin proposé une typologie des méthodes de prise en compte du risque en projet comprenant deux catégories, suivant qu'elles utilisent un regard "interne" (approches analytiques) et un regard "externe" (approches symptomatiques).

En conclusion, la production scientifique sur ce sujet a été finalisée dans :

2 articles publiés en 2004, 1999

9 communications dans des congrès internationaux depuis 1999

7 conférences dans des colloques depuis 1999

Contexte général des travaux

Les travaux et résultats présentés dans les chapitres III et IV sont le fruit d'un travail collectif à l'intérieur de l'équipe "Organisation, instrumentation et pilotage des projets" du Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.

Depuis 1997, j'ai focalisé mes travaux de recherche sur le sujet de l'analyse et la maîtrise des risques en projet. Après m'être intéressé à la conduite des activités de production, le choix du domaine projet comme terrain d'application m'a semblé particulièrement adapté pour traiter de la prise en compte des risques. En effet, le projet est :

- un lieu multi acteurs, multi échelle, multi temporel qui rend plus difficile l'analyse, du fait notamment de la multitude des référentiels mis en jeu, liés entre autres à la culture, à l'expérience, aux compétences, à la position hiérarchique de chacun. Les modes de restitution des analyses sont également influencés par ces diverses perceptions du projet et des risques tant au niveau individuel que collectif ;
- caractérisé par l'unicité, la non récurrence des actions ou des situations, le caractère innovant qu'il porte tant sur le plan de l'objet attendu que de l'organisation mise en place. Il est par conséquent soumis à de nombreuses incertitudes, tant endogènes qu'exogènes ;
- le lieu de multiples décisions prises avec des informations imparfaites et incomplètes.

L'intérêt pour la prise en compte du risque n'est pas récent, contrairement au développement de la discipline de maîtrise du risque comme activité à part entière du management de projet. Les premiers travaux sur le sujet sont apparus dans les années 1985-90 notamment en Angleterre, sous l'impulsion de Ward et Chapman, mais de manière plus intensive dans les années 1995-2000. C'est à partir de ce moment là que les grandes entreprises se sont intéressées à ce sujet.

On constate depuis cette période une évolution importante de cette préoccupation qui peut être attestée par le nombre de publications traitant de cette problématique qui a pratiquement triplé en dix ans [Themistocleous & Wearne, 2000].

La plupart des travaux sont ainsi issus :

- de grandes entreprises, d'organisations professionnelles, d'instances de normalisation nationales ou internationales (DGA[1], CNES, PMI[2], APM[3], IPMA[4], IEC[5], AFITEP[6], AFNOR[7], ISO, ECSS[8], BNAE[9]…) ;
- de laboratoires académiques (IAE-GREGOR, laboratoire CPI de l'ENSAM Paris, Center for Risk Reseach, CIRANO…).

faire un tour de la biblio (fin du mansucrit) pour extraire les incontournables

[1] Direction Générale de l'Armement
[2] Project Management Association
[3] Association for Project Management
[4] International Project Management Association
[5] Commission Electrotechnique Internationale
[6] Association francophone de management de projet
[7] Agence Française de NORmalisation
[8] European Cooperation for Space Standardization
[9] Bureau de Normalisation de l'Aéronautique et de l'Espace

Plus de 10 ans se sont écoulés, c'est le temps nécessaire pour que de tels travaux atteignent leur maturité. Les travaux menés, durant cette période, ont permis de "débroussailler" ce terrain d'investigation et de dégager des pistes intéressantes et prometteuses. Ce sujet tant sous l'impulsion des besoins des industriels, de plus en plus sensibilisés à ce sujet, que de l'intérêt scientifique m'a conduit à diriger des travaux de recherche trouvant des applicaions dans différents secteurs industriels.

Je propose de présenter nos travaux dans une double perspective, faisant référence à ma vision du risque en projet au travers du modèle général du risque et à ma vision des approches de prise en compte présentées précédemment :

- approches symptomatiques du risque : chapitre III
- approches analytiques du risque : chapitre IV.

CHAPITRE III -
Des modèles d'appréhension symptomatique du risque

III.1 Introduction : l'incertitude comme genèse des approches symptomatiques

Aborder le management de projet sous l'angle du pilotage nécessite de définir des indicateurs permettant de fixer les objectifs, de vérifier la cohérence de la réalisation par rapport à ces objectifs et de définir des actions visant à rectifier une éventuelle dérive. Trois types d'objectifs sont classiquement utilisés, ils sont représentés sous la forme du triptyque du projet (voir Figure 22) comprenant les objectifs de délai, les objectifs de coût, les objectifs de qualité.

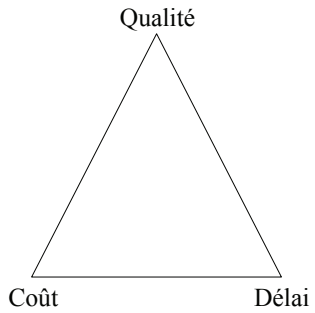


Figure 22. Triptyque des objectifs d'un projet

Je me suis intéressé, dans un premier temps, plus spécifiquement aux critères de type délai et de type coût. Je positionne plus particulièrement ces travaux lors des phases amont de tout projet, lorsque les spécifications ne sont pas stabilisées. Plus généralement, je considère que les propositions effectuées trouvent leur place lorsque le niveau de connaissance sur le projet est encore faible, et que les degrés de liberté de décision sont encore élevés (voir Figure 23).

Lors de ces phases amont, les réalisations sont rarement connues dans le détail, les technologies qui devront être utilisées non identifiées ou non encore maîtrisées. Procéder à une analyse précise des points durs et sources de risques est utopique, d'autant plus que le temps presse et la charge de travail pour assurer cette action serait bien trop importante à cette phase. Le cas typique est celui des réponses à appel d'offres qui se jouent sur la bonne estimation des indicateurs globaux de type délais de réalisation, de coûts…

Les phases du projet où les décideurs doivent établir un choix stratégique, prendre une décision dans un contexte incertain où les données sont manquantes, peu fiables, sont nombreuses. Ainsi, bien que particulièrement adaptées à une utilisation lors des phases amont, je souhaite appliquer ces approches à toutes ces phases du projet.

Concernant ce thème, je présente des travaux relatifs à l'évaluation des projets en situation d'incertitude. Ils ont pour objectif de proposer des modèles d'évaluation de projet prenant en compte les niveaux d'incertitude quant aux données manipulées, afin de fournir aux décideurs une lisibilité

sur le niveau de risque global du projet. Ces modèles sont destinés à aider à la décision, et permettent de mesurer la prise de risque associée à chaque stratégie possible.

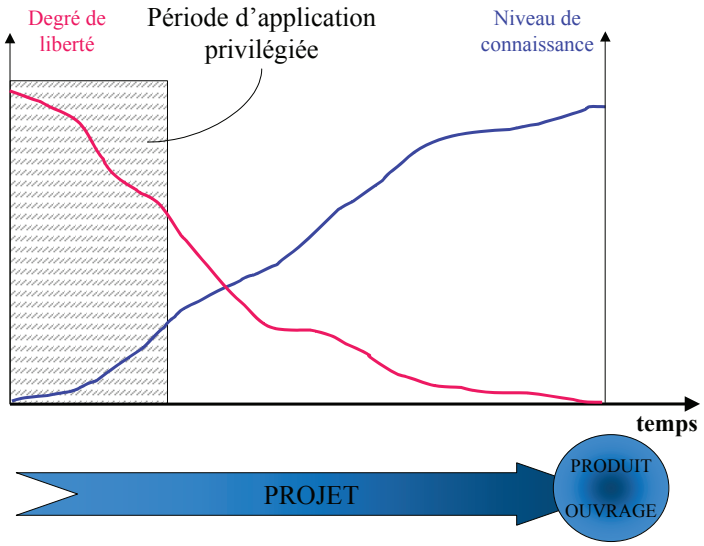


Figure 23. Positionnement de nos travaux (schéma inspiré de Midler, 1993)

Les terrains d'application (construction d'une portion d'accélérateur de particules, développement de nouveaux médicaments) qui ont supporté ces travaux sont caractérisés par des niveaux d'incertitude, de risque, d'innovation élevés rendant impossible le recours à des bases de données historiques pour réaliser et fiabiliser les estimations.

Je présente ces contributions selon que les modèles proposés s'intéressent :

- à un critère unique de durée/délai ;
- à un critère unique de rentabilité économique ;

Le premier critère est traité par l'utilisation de techniques de planification possibiliste sur un grand projet industriel (voir III.2). Quant au deuxième, il est traité dans le cadre de projets de développement pharmaceutique en relation avec plusieurs laboratoires.

III.2 Planification possibiliste d'un grand projet industriel [1997-2001]

III.2.1 Le besoin ou problématique

La thèse de P. Bonnal, portée par un grand projet industriel du CERN (Centre d'Etude et de Recherche Nucléaire) traite de la planification en environnement flou. Ce travail a été réalisé sous la direction de G. Lacoste par P. Bonnal dans le cadre de sa mission industrielle auprès du CERN en tant qu' ingénieur projet en charge du projet CNGS.

Le projet CNGS (acronyme de CERN Neutrino beam to Gran Sasso), à vocation scientifique, a pour objet le développement d'une installation de production de faisceaux de neutrinos au CERN près de Genève. Le faisceau de neutrinos sera dirigé vers le laboratoire de Gran Sasso (Italie) distant de 732 km, à une vitesse proche de celle de la lumière.

L'originalité du problème réside en partie dans la complexité des mécanismes mis en œuvre, la complexité des technologies déployées, le caractère hautement innovant du sujet et l'absence d'expériences antérieures similaires. Ainsi, il est impossible d'établir une planification prévisionnelle et

des estimations en s'appuyant sur des mécanismes d'analogie. Il est de ce fait absolument inenvisageable de travailler sur des durées déterministes d'activité. De plus, dans le contexte de tels projets, il est quasiment inévitable qu'à la suite de l'établissement d'une situation d'avancement, la date de fin d'un lot de travaux (résultant d'un recalcul du réseau d'activités élémentaires qui constituent le lot de travaux) s'écarte de la date de fin prévisionnelle. Il peut s'agir tout autant d'une avance que d'un retard, bien que cette alternative soit celle qui soit la plus souvent observée. La conséquence de cela est qu'à l'issue de chacune des situations d'avancement, les dates de début et de fin des lots de travaux subséquents vont présenter une fluctuation identique. Pour peu qu'ils relèvent de responsabilités différentes, ces responsables peuvent éprouver des difficultés à connaître avec précision les dates auxquelles ils devront réellement mobiliser leurs ressources. Un autre effet induit est la décrédibilisation de l'intérêt de construire un planning, puisque celui-ci est marqué par une instabilité continue et que, de plus, le réel constaté sera éloigné du planning [Bonnal, 2002].

L'objectif est donc de fournir une approche de planification capable :

- de prendre en compte le caractère incertain et flou des estimations ;
- de ne pas répercuter systématiquement et régulièrement les variations d'estimation inhérentes à la vie du projet et constatées à chaque point d'avancement.

III.2.2 Propositions – modèle

Le critère retenu pour ce travail est la durée du projet (délai de réalisation). Ce critère est calculé par une fonction $c = f(v_1, v_{2,}..., v_n)$, définissant le modèle étudié tel que défini au paragraphe II.5.2, ici représentée par la résolution du réseau PERT des activités du projet. Les paramètres d'entrée sont la liste des activités, leur durée et les liens logiques entre activités (potentiels et logistiques). Ici, seule l'incertitude sur les estimations de durée des activités est modélisée.

Dans ce travail, on ne tiendra pas compte des incertitudes portant sur l'enchaînement des activités ; une autre étude que nous avons encadrée s'est intéressée tout particulièrement à ce sujet (voir CHAPITRE IV - IV.4).

Les propositions concernent la prise en compte des risques inhérents à ce type de projet et consistent à traiter l'imprécision par le biais de la théorie des possibilités. D'autres travaux ont été réalisés dans le domaine de la planification floue de projet. Galvagnon [2000], repris dans [Bonnal, 2002] et [Bonnal & al., 2004], distingue trois axes autour desquels des approches floues ont été utilisées :

- le caractère imprécis de l'appartenance d'un arc à un graphe, autrement dit le degré d'existence d'une contrainte potentielle ou d'une tâche ;
- la détermination du degré de satisfaction d'un réseau d'activités vu comme un problème de satisfaction de contraintes ;
- le caractère imprécis des informations qualitatives associées aux activités du réseau.

Les propositions de P. Bonnal se développent suivant deux axes :

- premier axe : définition et mise en place de descripteurs linguistiques pour faciliter la collecte des informations imprécises relatives au projet ;
- deuxième axe : utilisation de la théorie de la chaîne critique (Critical Chain Project Management ou CCPM) ([Goldratt, 1997], [Leach, 1999], [Newbold, 1998], Bonnal et al., 2000]) pour éviter les fluctuations de date de réalisation des activités entre chaque situation d'avancement. La théorie de la chaîne critique étant basée sur des durées déterministes d'activités, il a été nécessaire de réaliser des adaptations pour intégrer les durées floues dans la résolution des dates du planning.

Concernant le premier axe, nous avons proposé une réponse à l'incertitude d'estimation des durées de lots de travaux ou des dates jalons par la proposition de descripteurs linguistiques flous plus à même de prendre en compte la difficulté d'estimation que rencontrent les équipiers de tels types de projet. Pour définir les descripteurs linguistiques de dates et de durée (voir Figure 24 et Figure 25),

nous avons proposé d'utiliser une représentation dite paramétrée polygonale où la fonction d'appartenance μ_x de la quantité x est décrite à partir de segments joints deux à deux, par un tuple. Nous restreignons la dimension à une cardinalité 4 qui représente une quantité floue trapézoïdale. Ci-dessous les expressions des quantités floues date t et durée d.

date $\tilde{t} = \langle t_{L0}, t_{L1}, t_{R1}, t_{R0} \rangle$, durée $\tilde{d} = \langle d_{L0}, d_{L1}, d_{R1}, d_{R0} \rangle$

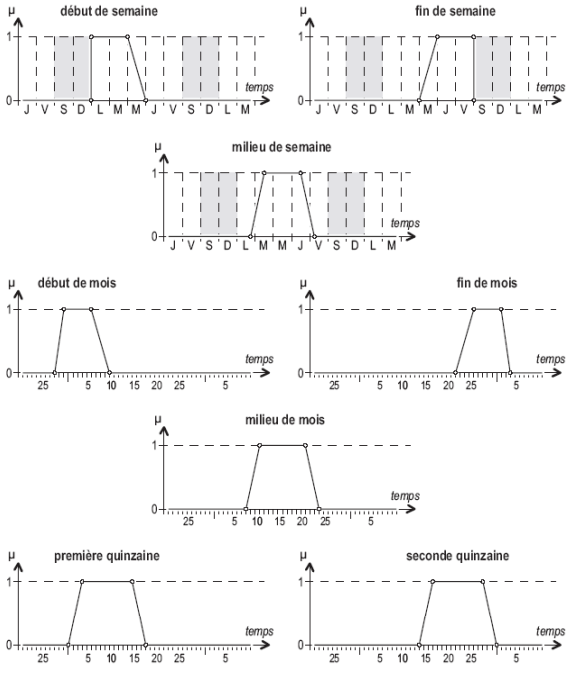


Figure 24. Description linguistique des dates

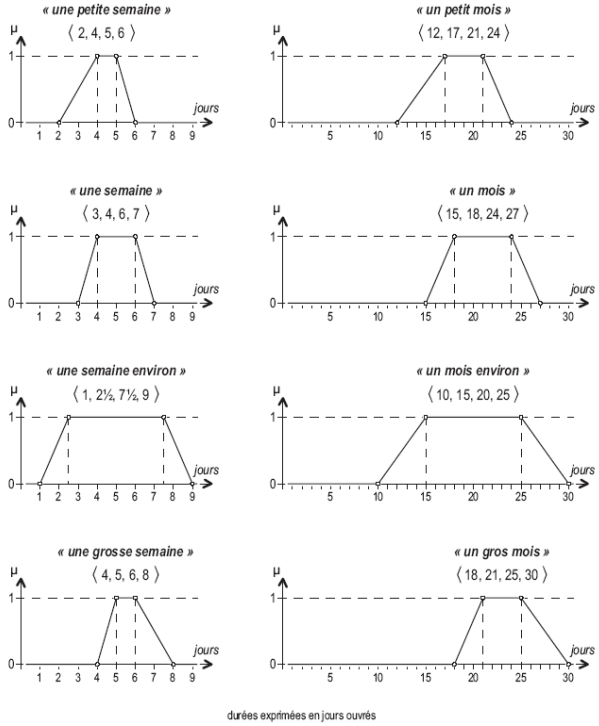


Figure 25. Description linguistique des durées

Concernant le second axe, P. Bonnal a proposé une adaptation de l'approche de la chaîne critique à la prise en compte de quantités floues [Bonnal, 2002]. Le projet est décrit par des quantités floues :

- tout d'abord, concernant le graphe d'activité G = (A,U), à chaque $a_j \in A$ représentant une activité du projet, on associe un sommet du graphe G = (A,U). On définit un arc $u_{jk} \in U$ entre le sommet j (activité a_j) et le sommet k (activité a_k), si a_j précède immédiatement a_k, ou plus généralement, s'il existe une relation de précédence entre a_j et a_k, on donne à cet arc u_{jk} la durée d(j), qui est la durée estimée de l'activité a_j.
- ensuite, les vecteurs des ressources sont décrits par des quantités floues, à savoir le vecteur $\overrightarrow{r(j)}$ des besoins en ressources pour l'exécution d'une activité a_j et le vecteur $\vec{R}$ des disponibilités de ressources affectées au projet.

La démarche proposée comporte sept étapes :

- construction du graphe et calcul des dates au plus tôt/tard ;
- création du planning initial, qui consiste à représenter les activités suivant les localisations temporelles calculées lors de l'étape précédente ;
- nivellement de la charge ;

- détermination de la chaîne critique ;
- typologie et localisation des tampons ;
- dimensionnement des tampons ;
- insertion des tampons.

[Chanas *et al.*, 2000] ont montré que le calcul des marges totales et libres floues de chaque activité en vue de déterminer celles qui sont critiques, ou plus modestement compte tenu du contexte possibiliste de la planification de celles qui présentent des signes de criticité, ne peut trouver de solution en un temps de calcul polynomial. Pour contourner ce problème, nous avons proposé une méthode approchée pour identifier les activités nécessairement ou possiblement critiques.

L'affectation d'un indice de criticité flou à chaque activité est effectuée au moyen des descripteurs linguistiques suivants :

- une **activité peut être "toujours" critique** ; il s'agit des activités appartenant à tous les ensembles Ci, autrement dit, critique pour chacune des itérations. Ces activités forment l'ensemble ATC ;
- une **activité peut être "souvent" critique** ; il s'agit des activités qui sont présentes dans plus de la moitié des Ci ; ces activités forment l'ensemble ASC ;
- une **activité peut être "parfois" critique** ; il s'agit des activités qui sont présentes dans moins de la moitié de la moitié des Ci, ces activités forment l'ensemble APC ;
- enfin, une **activité peut être "jamais" critique** ; il s'agit des activités n'appartenant pas à C ; ces activités forment l'ensemble AJC.

Dans le cas de conflits pour l'utilisation de ressources, nous avons proposé d'utiliser une heuristique basée sur MinSLK (minimum slack) donnant priorité aux activités ayant les marges totales les plus courtes, et MTP (most total predecessors) donnant priorité aux activités séparées de l'activité initiale par le plus grand nombre d'activités.

Finalement, l'utilisation de mécanismes de tampon entre les activités a été proposée comme une solution pertinente pour donner une forme de stabilité dans les dates prévisionnelles de réalisation des lots de travaux. Une illustration en est donnée dans la Figure 26. Toutefois, il convient d'introduire les tampons en des points névralgiques de réseau. P. Bonnal a proposé, en accord avec les préconisations des auteurs de la théorie de chaîne critique, de positionner des tampons globaux sur chacun des niveaux de planification proposés (planning de projet, planning de coordination et planning d'exécution) complétés par des tampons auxiliaires répartis de manière judicieuse (voir [Bonnal, 2002] pour les règles d'affectation des tampons).

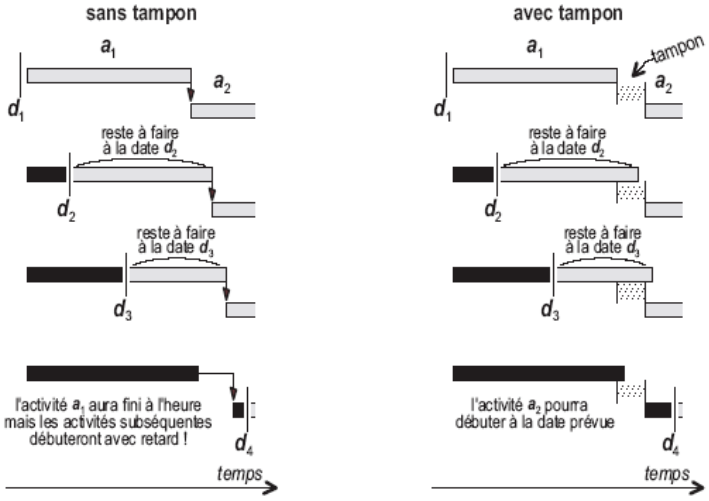


Figure 26. Stabilisation du planning au moyen de tampons

III.2.3 Résultats et validation

Le projet CNGS, brièvement décrit ci-dessus, a constitué le terrain d'expérimentation et de validation des propositions. Deux graphes ont été modélisés représentant respectivement le graphe sans contraintes logistiques G=(A,U) et le graphe avec contraintes logistiques G'=(A',U'). La cardinalité de chacun de ces ensembles est présentée sur la Figure 27.

		qté
activités / lots de travaux	$\|A\|$	141
contraintes potentielles	$\|U\|$	242
de type FD		233
de type DD		9
de type FF		0
ressources (humaines et matérielles)		30
contraintes logistiques [a]		102
[a] exprimées sous la forme de contraintes potentielles.		
contraintes potentielles & logistiques	$\|U'\|$	344

Figure 27. Caractéristiques des graphes G et G'

La détermination des indices de criticité a nécessité 5 itérations, comme indiqué dans la Figure 28.

		itérations i					répartition			
Graphe		1	2	3	4	5	TC	SC	PC	JC
G'	$\|\mathcal{C}\|$	28	37	39	44	–	20 %	7 %	5 %	68 %
	$\|\mathcal{C}_i\|$	28	28	22	28	–				
G	$\|\mathcal{C}\|$	29	46	62	63	71	21 %	23 %	6 %	50 %
	$\|\mathcal{C}_i\|$	29	29	18	29	21				

Figure 28. Criticité floue des activités du projet

Une fois les dates début-fin floues connues, il est possible de représenter toutes les activités du projet sur un diagramme de GANTT. Rappelons que dans un contexte CCPM, les activités sont calées au

plus tard. Mais parce que la plupart de l'information qui figure sur ce diagramme est floue, il n'est pas possible d'utiliser la représentation classique. Pour ce faire, on procède alors de la manière qui suit. Dans un souci de compacité, plusieurs activités peuvent se trouver sur une même ligne. Les contraintes potentielles sont matérialisées par l'adjacence de deux activités sur une même ligne, ou par des flèches interlignes. Les activités aux localisations temporelles floues ne sont pas représentées par des rectangles, mais par des parallélogrammes (voir Figure 29). La base et son côté opposé sont parallèles à l'abscisse (le temps s'écoulant de gauche à droite). L'angle que forment la base avec l'un ou l'autre des côtés adjacents donne le niveau d'imprécision de l'information temporelle associée à l'activité. Plus cet angle est aigu, plus la date présente un caractère incertain. Si cet angle est droit, cela signifie que la date en question est nette.

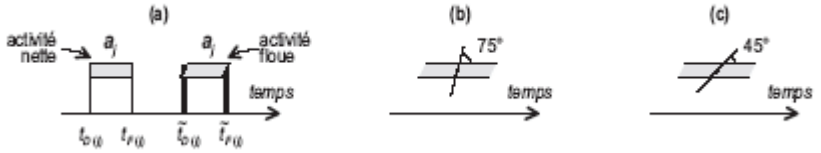


Figure 29. Représentation d'activités floues sur un diagramme de GANTT.

Parce qu'on cherche à promouvoir un système qui ne propage pas trop l'imprécision, seulement deux pentes se rencontrent sur les diagrammes de type GANTT :

- une pente qui correspond à des localisations temporelles hebdomadaires floues (angle de 75° environ, cf. Figure 29.b) ;
- une pente qui correspond à des localisations temporelles mensuelles floues (angle de 45° environ, cf. Figure 29.c).

III.3 Modèle d'aide à la décision sous incertitude pour la sélection de stratégies en projet

Les projets pilotés par le critère de rentabilité tels que les projets de R&D pharmaceutique nécessitent des approches de pilotage spécifiques. En effet, l'environnement dans lequel évolue ce type de projets est caractérisé par une forte incertitude et une innovation élevée :

1. Les incertitudes sont nombreuses, citons celles relatives au marché visé : existence d'un marché réel, capacité des clients à acquérir le futur produit, taille du marché, existence ou non de produits concurrents au moment du lancement et date à laquelle un ou plusieurs produits concurrents sont prévus, performance du produit concurrent.

   On peut distinguer cinq sources d'incertitude suivant qu'elles sont liées : à l'évolution des hypothèses en fonction de l'avancement du projet, aux changements dans les décisions retenues, aux choix stratégiques effectués au niveau de l'entreprise, à l'évolution du contexte extérieur au projet et à la variabilité associée aux estimations [Ward & Chapman, 2003]. Comme nous l'avons mentionné au CHAPITRE II - II.5.2, ces incertitudes peuvent être de nature :

   - discrète (ID), pré-identifiées dans un ensemble de modalités (par exemple niveau de performance possible du produit : élevée, satisfaisante, faible). Nous identifions deux catégories suivant le nombre de modalités : binaire par exemple pour les choix booléens et n-aires ;
   - continue (IC), pris dans une plage de valeurs bornées par exemple par une valeur minimale et une valeur maximale.

J'ai opté pour des approches quantitatives basées sur des modèles numériques d'évaluation des projets permettant l'utilisation de méthodes de simulation de type stochastique comme la méthode Monte Carlo. Ainsi, par la simulation, je souhaite modéliser et appréhender l'effet croisé de plusieurs incertitudes sur un même critère d'évaluation, déterminer quel est le facteur prépondérant dans la variabilité de ce critère et ainsi orienter les décisions ou efforts à opérer pour améliorer la valeur du critère observé.

2. Fort degré d'innovation car aujourd'hui la capture des marchés, la fidélisation des clients, s'opèrent par une course toujours plus rapide vers la nouveauté, la création de nouveaux besoins et l'utilisation de technologies nouvelles.

Le secteur de l'industrie pharmaceutique, et tout particulièrement celui du développement de nouveaux médicaments, ne déroge pas à ce constat. C'est dans ce secteur que nous allons puiser les problématiques et appliquer les propositions des travaux sur le thème de l'analyse et de l'évaluation des projets en vue de proposer un modèle d'aide à la décision sous incertitude.

Contrairement aux projets à coûts contrôlés, les projets pilotés par leur rentabilité sont susceptibles d'être arrêtés avant d'aboutir au produit final ; on parle de pilotage en go/no go. En d'autres termes, le déroulement du projet est ponctué de jalons décisionnels où la décision de lancement, de poursuite est régulièrement remise en cause au vu des nouveaux résultats ; on parlera de décision réversible.

Mes travaux ont pour objectif d'instrumenter ce processus de prise de décision. Ces outils doivent tenir compte notamment de l'environnement multi projet dans lequel ils s'inscrivent et des incertitudes sur l'estimation des données. Afin de réduire le niveau de risque de l'entreprise, des stratégies multi projet ou de portefeuille de projets sont développées afin de maximiser les chances de succès. L'environnement multi projet met en concurrence les projets pour l'utilisation des ressources (humaines, financières…) ce qui implique de devoir réaliser des arbitrages entre projets. Des choix doivent également être réalisés au sein même d'un projet sur des stratégies différentes de développement (choix de technologie, choix d'indication à développer…).

Pour traiter ce sujet, je propose une approche intégrée comportant :

- dans un premier temps, une modélisation économique du projet permettant son analyse et évaluation (III.3.2) ;
- dans un second temps, un modèle d'aide à la décision sous incertitude basé sur l'analyse des différents scénarios (III.3.3) capable de guider le choix entre les stratégies possibles.

Les travaux présentés dans cette partie correspondent à des résultats issus de la thèse de Sophie Bougaret que j'ai co-dirigée, complétés par un ensemble d'actions que j'ai menées auprès d'industriels en relation avec le cabinet MANAGEOS.

Ces missions nous ont permis de compléter les modèles initialement établis.

Commençons par rappeler quelques-unes des caractéristiques des projets de ce secteur (III.3.1) avant de présenter les propositions (III.3.2, III.3.3).

III.3.1 Les projets de développement pharmaceutique et leur environnement

Les laboratoires pharmaceutiques, dont l'activité est la mise sur le marché de nouveaux médicaments, sont amenés à sélectionner les projets de développement (molécules) afin d'optimiser l'affectation de leurs efforts. En effet, le développement d'une nouvelle molécule est une activité à risque et coûteuse ; seulement une molécule sur dix deviendra un médicament (Lehman Brothers, 1997 ; Di Masi, 2002). Le coût de développement d'un nouveau médicament est passé de 230 M$ en 1991 à 897 M$ en 2003 (Cuttingedge, 2003). De manière complémentaire, les contraintes réglementaires, concurrentielles pèsent fortement sur leurs choix stratégiques.

Les spécificités de ces projets sont notamment liées à leurs risques et à l'implémentation des connaissances tout au long du développement qui viennent les réduire. Pour plus de détails, le lecteur pourra consulter (Gourc, 2000).

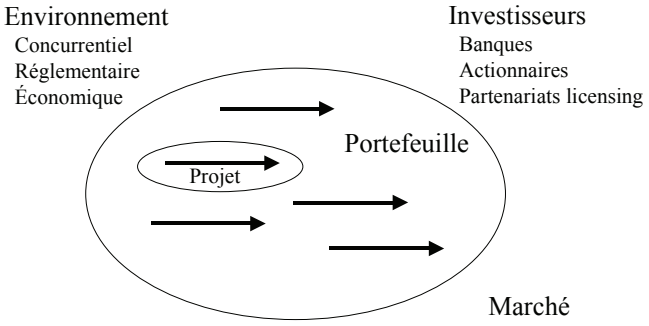


Figure 30. Contexte de la problématique

III.3.2 Evaluer un projet de R&D : un modèle économique intégrant les incertitudes d'estimation

III.3.2.1 Principes de l'évaluation des projets de R&D

De par le nombre important des données caractérisant un projet et la complexité des relations qu'elles suscitent, l'analyse d'un projet doit s'appuyer sur une abstraction du projet au travers d'un modèle. Ce modèle s'articule autour d'un ensemble de données supposées représentatives du projet.

L'évaluation des projets, et notamment ceux de R&D, a suscité de nombreux travaux. Le lecteur pourra se référer à une étude menée par Schwartz et al. [1977] complétée par celles de Costello [1983] et de Danila [1989], qui listent les approches existantes et leur utilisation. Différentes approches existent, qui permettent :

- de conserver la dimension multicritère dans l'analyse (méthode de scoring, check list, grille purement qualitative, matrice d'évaluation stratégique BCG (Boston Consulting Group)...) ;
- d'agréger ces critères en un critère unique : de durée, économique (Valeur Actuelle Nette ou VAN, délai de retour sur investissement par exemple) ou sans unité d'œuvre particulière (méthodes d'agrégation multicritère telle AHP (Anlytical Hierarchical Process) [Saaty, 1980]…) ;
- de préserver les éléments intuitifs dans le processus de décision (par exemple les méthodes de travail en groupe, technique nominale de groupe, Delphi, …).

Parmi les invariants de toutes ces approches, on retrouve la recherche d'un équilibre entre les enjeux et les dimensions relevant d'un niveau de risque.

III.3.2.2 Principes généraux du modèle

Dans le cas des approches conduisant à un critère économique unique, comme celui de la rentabilité du projet, l'évaluation du projet doit considérer l'ensemble des flux financiers, sur toute sa durée de vie. Pour cela, le projet est modélisé par son compte d'exploitation comportant les flux positifs espérés (encaissement – produits d'exploitation) et les flux négatifs prévus (dépenses – charges d'exploitation).

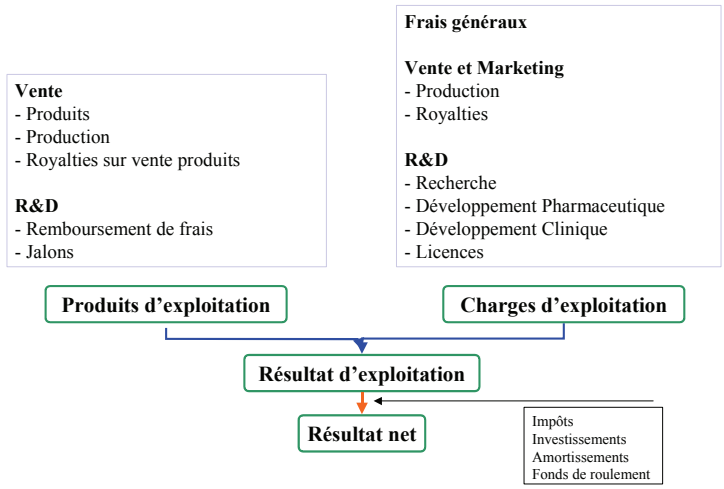


Figure 31. Répartition des paramètres utilisés

Le modèle proposé comporte trois types de données d'entrée :

- des données liées au développement du produit, frais de R&D ;
- des données liées à la performance et au marché espéré, ces données sont issues des études marketing et des services commerciaux ;
- des données liées à l'entreprise, comme le taux d'actualisation des sommes futures, les frais généraux, taxes et impôts que l'entreprise doit supporter et qui sont imputables à un projet.

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Project A																	
research		-30.0	-30.0	-30.0													
pre-clinic					-10.0	-10.0											
phase 1							-75.0	-75.0									
phase 2									-125.0	-125.0							
phase 3											-133.3	-133.3	-133.3				
registration														-30.0			
launch															-300.0		
revenues																122.4	306.6
Cash Flow in (proj A)																122.4	306.6
Cash Flow out (proj A)		-30.0	-30.0	-30.0	-10.0	-10.0	-75.0	-75.0	-125.0	-125.0	-133.3	-133.3	-133.3	-30.0	-300.0		
Cash Flow (proj A)	X	-30.0	-30.0	-30.0	-10.0	-10.0	-75.0	-75.0	-125.0	-125.0	-133.3	-133.3	-133.3	-30.0	-300.0	122.4	306.6
Total cost		-1240.0															
Total revenues			7616.5														
NPV		46.38															

Figure 32. Un exemple partiel de compte d'exploitation

Le compte d'exploitation procède d'une double logique de consolidation (tableau 2.) :

- consolidation (horizontale) vers l'année suivante, par exemple pour prendre en compte l'augmentation de la population touchée par la pathologie ;
- consolidation (verticale) année par année, par exemple au final sur les flux de trésorerie annuels (cash-flow in, cash-flow out).

La taille de la population traitée : un exemple de consolidation année par année

La détermination du nombre estimé de patients "traités" dans l'indication ($POP^{n}_{traitée}$) année par année est un exemple de consolidation verticale. Sur la base du nombre de personnes atteintes dans la population pour l'année n ($POP^{n}_{atteinte}$), la population traitée la même année est obtenue par :

$$POP^{n}_{traitée} = POP^{n}_{atteinte} * fact_{eligible} * fact_{traitable} * fact_{part-marche}$$

avec $\text{fact}_{\text{eligible}}$ le pourcentage de personnes éligibles pour le traitement (déterminé sur la base des spécificités du traitement), $\text{fact}_{\text{traitable}}$ le pourcentage de personnes traitées parmi les éligibles (basé sur les pratiques médicales) et $\text{fact}_{\text{part-marché}}$ les parts de marché espérées.

La courbe de la population concernée par la pathologie : un exemple de consolidation dans le temps

Si l'on s'intéresse, par exemple aux paramètres épidémiologiques, la consolidation dans le temps permet, sur la base de la taille de la population touchée aujourd'hui de déterminer grâce à un facteur d'évolution la population de l'année suivante. Ces estimations issues de la littérature ou bien déterminées spécifiquement par les médecins pour ce produit sont introduites comme hypothèses du modèle.

$$POP^{n+1}_{atteinte} = POP^{n}_{atteinte} * fact_{progression}$$

avec $POP^{n+1}_{atteinte}$ le nombre de patients potentiels pour la pathologie à l'année n+1 (suivant l'indication exprimée en fonction de son incidence ou de sa prévalence), $POP^{n}_{atteinte}$ le nombre de patients potentiels de l'année n et $fact_{progression}$ la tendance de progression ou de régression de la maladie en pourcentage de la population de l'année précédente.

La courbe des ventes : un autre exemple de consolidation dans le temps

Un des facteurs les plus influents dans le flux de trésorerie positif d'une indication (du projet) est lié aux ventes espérées puis réalisées du produit (Figure 33). Nous avons établi pour cela un modèle estimatif de la courbe des ventes exprimé en chiffre d'affaires. Les simplifications nous ont amenées à considérer trois phases dans la période post-AMM : la phase de croissance jusqu'à l'atteinte du pic des ventes, la phase d'exploitation au seuil avant survenue d'un concurrent puis la phase de décroissance des ventes.

$$\Pr oduits^{n+1}_{vente} = f(n, D_{lan}, T_{\max}, C_{\max}, D_{conc}, \delta, \Pr oduits^{n}_{vente})$$

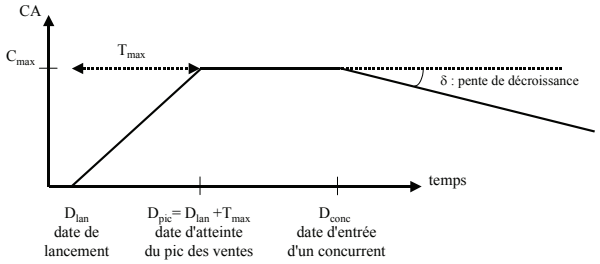


Figure 33. Courbe de CA (ventes) post-AMM

Les données d'entrées ou hypothèses du modèle sont ainsi utilisées de manière "oblique", soit comme valeur initiale (flèche oblique continue dans le tableau 2.), soit comme un paramètre d'une consolidation verticale ou horizontale (flèches en pointillés). Ces consolidations permettent de relier les cellules entre elles et autorisent de ce fait une simulation sur des données d'entrée pertinentes pour l'évaluation de l'incertitude du projet.

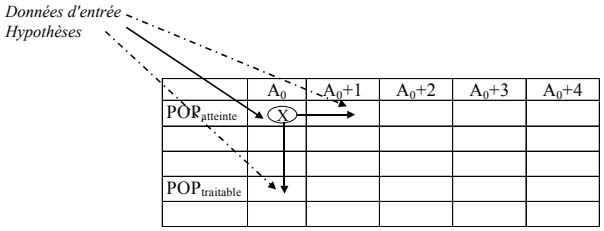


Tableau 2. Deux modes de consolidation

Les modèles classiques de calcul de la rentabilité, tels la VAN, ne prennent généralement pas en compte les incertitudes qui pèsent sur les projets de R&D pharmaceutique [Bode-Greuel, 1997]. Des travaux issus d'autres secteurs [Davy, 1983] nous proposent d'intégrer une part d'incertitude en utilisant une pondération des cash-flow par le taux d'attrition de chaque phase (pourcentage de projets arrêtés à l'issue de chaque phase). D'autres considèrent que le taux d'actualisation de la VAN est suffisant pour représenter l'ensemble des incertitudes.

Ces propositions ne nous semblent pas satisfaisantes pour traiter de la sélection des projets dans de tels environnements caractérisés par l'aspect multi-dimensionnel de l'incertitude. Pour répondre à cette problématique, nous avons ajouté un module stochastique.

L'utilisation d'une approche stochastique, couplée avec le modèle dynamique de compte d'exploitation élaboré (figure 34), permet de générer les flux de trésorerie possibles pour le projet. Contrairement aux approches classiques essentiellement déterministes, l'incertitude qui pèse sur les données d'entrée est prise en compte dans l'estimation, mais également dans le modèle. L'incertitude modélisée sur chaque paramètre d'entrée relève de la caractérisation de deux types de phénomènes relatifs à :

- un déroulement optimal du projet porté par les estimations optimistes des paramètres d'entrée. Cette situation relève de la manifestation et de la capture d'opportunités lors du projet.
- versus un déroulement malheureux représenté par des estimations pessimistes des paramètres d'entrée. Cette situation traduit la concrétisation de menaces au cours du projet.

Le modèle propose de visualiser le risque induit sur les données de sortie, information particulièrement intéressante et attendue par les décideurs. Le principe de fonctionnement de ce modèle est présenté dans figure 34.

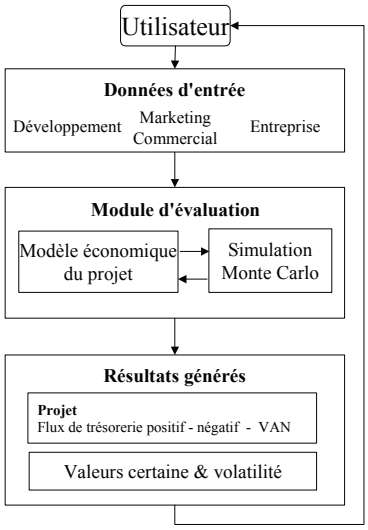


figure 34. Principe du modèle

La simulation permet de générer de manière aléatoire, dans les bornes définies par l'estimation des données d'entrée, une grande quantité de configurations possibles de réalisation du projet.

Parmi les résultats générés par ce type de modèle, j'ai retenu ici pour cette présentation les graphiques de distribution de VAN (Figure 35) et de volatilité de résultat net (Figure 36). Ils illustrent après simulation par le modèle la dispersion des résultats possibles (par exemple ici la VAN) autour d'une valeur médiane en fonction des incertitudes enregistrées.

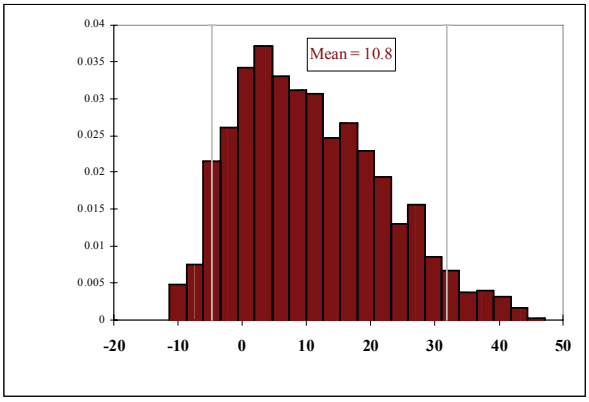


Figure 35. Exemple de volatilité de la VAN

Dans le cas d'une évaluation avec des données figées (estimation unique), cette information n'est pas accessible. On obtient également grâce à ce modèle (1) l'évolution du résultat net dans le temps, (2) la mesure de sa volatilité. La courbe (Figure 36) présente la valeur médiane du résultat net associé à deux zones autour de cette valeur, indiquant les 5e et 95e percentiles de sa distribution.

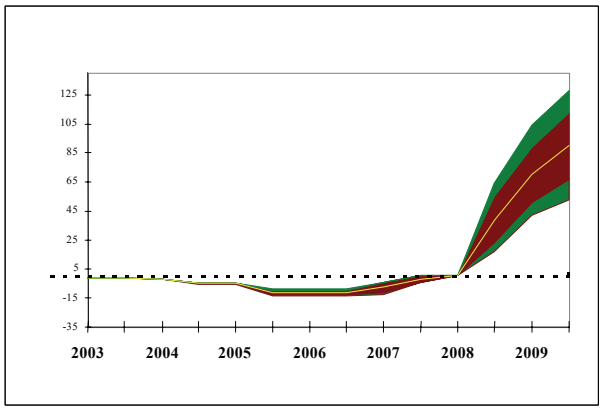


Figure 36. Volatilité de la consommation de trésorerie

L'utilisation de ce même outil pour l'ensemble des projets du portefeuille permet d'établir une comparaison des projets sur la base d'un même indicateur. Cet indicateur est ainsi utilisé comme critère de priorisation des projets.

En outre, l'identification des paramètres les plus influents sur la volatilité de la VAN est également possible. Ainsi, l'affectation des efforts pour réduire l'incertitude et améliorer l'évaluation de la rentabilité du projet se trouve-t-elle guidée par l'analyse du modèle.

Intervient à ce niveau une analyse particulière des menaces et opportunités liées à chacune des stratégies de développement. Il en résulte une identification des facteurs influençant favorablement ou défavorablement le succès du projet évalué par le biais de l'indicateur de rentabilité. Par l'analyse des simulations, le décideur peut ainsi déceler les scénarios d'opportunités à favoriser par une logique de décision appropriée et les scénarios défavorables à éviter.

Dans le cas qui nous intéresse, l'analyse a permis d'identifier que pour gagner en rentabilité, un effort sur la définition plus précise du marché devait être réalisé. En effet, l'estimation de la taille du marché potentiel faisait apparaître une importante incertitude et une très fort effet de levier.

III.3.2.3 Applications, résultats et validations

Deux études menées avec deux industriels différents du secteur pharmaceutique ont alimenté ces travaux.

Une première étude, menée pour le compte du laboratoire VETOQUINOL (cf. contrat industriel) dans le cadre d'une collaboration avec la société MANAGEOS, s'est intéressée seulement à des incertitudes de type continu.

La deuxième étude, menée pour le compte du laboratoire TRANSGENE (cf. contrat industriel) dans le cadre d'une collaboration avec la société MANAGEOS, a permis de mixer des incertitudes de type continu et discret.

Ces études avaient respectivement pour utilisateurs des services fonctionnels dédiés à la gestion de projet (cellule planification centrale dotée d'une vision multi projet) et pour clients des résultats produits les comité de direction des deux sociétés, comités composés des différentes directions stratégiques (directions R&D, financières, business development, …).

La problématique consistait à proposer un outil d'aide au choix entre le développement de plusieurs indications possibles. En effet, plusieurs indications thérapeutiques peuvent être couvertes par une seule et même molécule. L'équipe projet est alors amenée à définir une stratégie de développement qui indique la façon dont le développement gère les pluri-indications : une seule indication doit être

développée et laquelle, toutes les indications sont développées en parallèle de manière séquentielle et dans quel ordre, plusieurs indications sont développées et lesquelles...

L'originalité de ce travail réside dans le besoin d'évaluer simultanément dans le même modèle deux types d'incertitudes : celles relatives aux erreurs d'estimation, mais également les incertitudes à l'origine de la description de plusieurs scénarios. Cette dernière catégorie d'incertitude fait référence à des événements discrets que l'on peut modéliser par des modalités de divers ordres. Pour cette étude, nous avons retenu deux catégories qui relèvent :

- des décisions prises par l'équipe projet ou l'entreprise, donc maîtrisées par les acteurs (choix d'un dosage à utiliser, indication retenue) ;
- du hasard ou induites par "la nature" (résultats d'études, niveau de performance et d'efficacité du produit, date d'arrivée d'un concurrent).

Associé au modèle économique permettant de calculer le critère unique d'évaluation, un modèle de description des scénarios possibles est rajouté de manière à tenir compte des incertitudes discrètes.

L'analyse du problème et la construction du modèle s'appuie sur une représentation de type arbre de décision, d'abord en se focalisant sur les scénarios possibles (arbre de scénario), puis en introduisant une quantification des scénarios pour obtenir un arbre de décision. L'arbre de décision comporte deux types de nœuds correspondant aux décisions prises (nœud de décision) et aux états possibles du système (nœud de chance). Les issues des nœuds de chance matérialisent des situations d'opportunité (flèches issues du nœud de chance dirigées vers le haut), des situations de menaces (flèches issues du nœud de chance dirigées vers le bas) voire des situations de neutralité. Les nœuds de décision matérialisent une décision à prendre entre plusieurs scénarios, chacune correspondant à une action possible quantifiée par un coût (indiqué sur l'arc issu du nœud). Les nœuds de chance modélisent les états futurs possibles induits par la nature, l'environnement, chaque état étant caractérisé par la probabilité qu'il survienne.

Outre l'analyse du problème, le formalisme de l'arbre de décision est retenu pour assurer la visualisation des résultats (présentation synthétique des scénarios, intérêt de chacun).

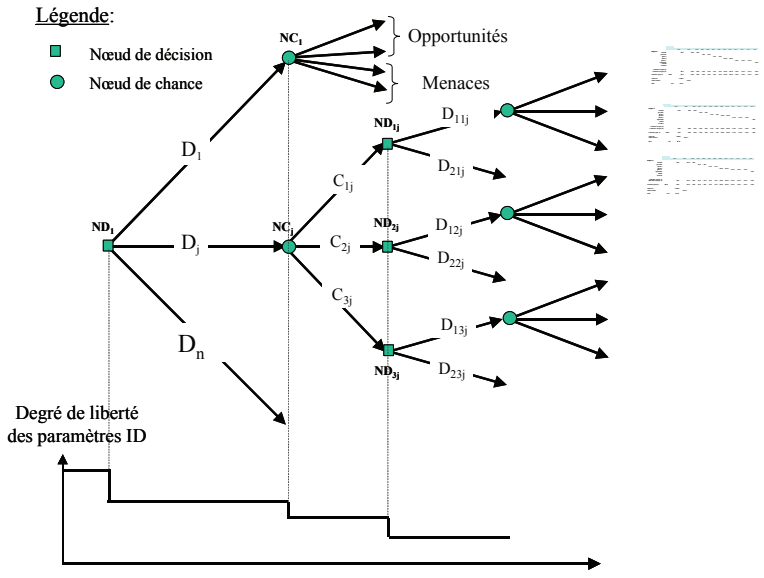


Figure 37. Couplage du modèle économique et de l'arbre de décision

Les nœuds, de décision et de chance, sont associés aux paramètres ID du modèle. A chaque scénario, chemin dans l'arbre, est associé un compte d'exploitation particulier dans lequel la valeur des

paramètres de type ID est fixée. Les simulations effectuées sont seulement fondées sur les incertitudes d'estimation restantes.

Ainsi, chaque scénario est évalué non plus sur la base d'une seule valeur calculée de la VAN, mais sur une distribution du critère de la VAN. L'analyse de la distribution permet de mesurer le niveau de risque du scénario en relation avec la volatilité de la VAN. L'étude comparative des distributions ajoute ainsi un critère supplémentaire pour assurer la hiérarchisation des scénarios.

Le modèle développé comporte au minimum une centaine de données d'entrée se répartissant en 77 paramètres de type IC (27 pour la consolidation sur le projet et 50 par indication) et 30 paramètres de type ID (choix déterministe, existence d'un partenaire, etc.).

L'outil a été développé dans le cadre d'un contrat industriel avec une société biopharmaceutique qui développe des produits dédiés au traitement du cancer. Il a été appliqué à un projet de développement d'un produit de traitement anticancéreux dont le mécanisme d'action est susceptible de traiter plusieurs types de cancer. Le développement a franchi avec succès la preuve de concept réalisée chez l'homme. Le projet est actuellement en phase II. L'objectif de l'étude était double : préciser la distribution de la rentabilité du projet (volatilité de la VAN) en fonction des incertitudes et affiner la stratégie de développement clinique.

Nom	Description	Valeurs
Epidémiologie		
$POP^{0}_{atteinte}$	Taille de la population totale atteinte	T(150000, 180 000, 210000)
$patients_{traitables}$	Pourcentage de patients traitables dans la population totale	T(60 %, 85 %, 90 %)
$patients_{eligibles}$	Pourcentage de patients éligibles dans la population traitable	T(30 %, 50 %, 75 %)
Développement		
$PHI_{durée}$	Durée de la phase I	1 an
$nb_patients_{phI}$	Nombre de patients dans la phase I	T(12,15,24)
$coût/patient_{phI}$	Coût par patient dans la phase I	T(35000, 40000, 50000)
$PHII_{durée}$	Durée de la phase II	2 ans
$nb_patients_{phII}$	Nombre de patients dans la phase II	T(40, 50, 70)
$coût/patient_{phII}$	Coût par patient dans la phase II	T(30000, 35000, 40000)
Ventes		
$coût/dose$	Coût d'une dose à la vente	T(1500, 2000, 2500)
$nb_doses_{traitement}$	Nombre de doses par traitement	T(4, 5, 6)

Tableau 1. Vue partielle des données d'entrée utilisées dans le modèle

On retrouve bien évidemment ici les mêmes types de résultats et de graphiques que présentés pour l'étude ci-dessus, sauf qu'ils sont appliqués à chaque scénario identifié. Ces informations donnent une vision sur le niveau de risque du projet et ainsi, année par année, les risques de dérives de rentabilité peuvent être mieux contrôlés.

L'outil a permis en outre d'analyser ces types de résultats sur le global du projet (consolidation avec toutes les indications, plusieurs combinaisons d'indications possibles), mais également d'observer les

résultats pour chaque indication et ainsi de mesurer l'intérêt économique d'une indication relativement à une autre. Ceci constitue indéniablement une aide à la stratégie de développement. Par exemple, sur la base des informations produites, telles que celles présentées dans les diagrammes ci-dessus, le choix des indications à développer en priorité a été établi dans un souci d'optimisation de la trésorerie de la société.

III.3.3 Evaluer un projet de R&D dans un environnement multi projet : une évolution du modèle intégrant la flexibilité de la décision

Dans les entreprises générant des innovations et tout particulièrement dans le secteur pharmaceutique, le processus de sélection des projets utilise classiquement un critère de rentabilité (la VAN) pour évaluer chaque projet de R&D et établir une priorisation du portefeuille [Porkolab, 2002]. Malgré son utilisation fréquente depuis de nombreuses années, cette approche présente dans ce domaine des limites qu'il convient de rappeler ([Bougaret, 2002], [Loch & Bode-Greuel, 2001]) : la VAN se base sur une hypothèse d'irréversibilité de l'investissement, les estimations futures sont considérées connues, la durée de l'investissement est supposée connue, le projet est considéré indivisible.

Plus globalement, l'utilisation comme critère de sélection du seul critère économique de la VAN est particulièrement défavorable aux projets précoces, du fait en particulier des mécanismes d'actualisation et d'importants risques d'arrêt et d'une faible prise en compte des enjeux et opportunités que ces projets peuvent porter. D'autres techniques analysées dans [Bougaret, 2002] tentent de résoudre cette problématique.

Dans un tel contexte, j'ai proposé avec S. Bougaret de compléter les modèles d'évaluation économique proposés ci-dessus par un mécanisme permettant de rémunérer la flexibilité du processus de décision et autorisant une réversibilité de la décision.

Les laboratoires pharmaceutiques sont amenés à faire concilier les intérêts et enjeux de chaque projet avec les objectifs de l'entreprise et notamment en ce qui concerne l'optimisation du portefeuille des projets et de sa dynamique. Pour autant, le chef de projet doit optimiser le plan de développement intrinsèque du projet tout en s'inscrivant dans une optimisation globale du portefeuille. L'optimisation de la trajectoire du projet dans l'absolu relève de la réalisation dans un moindre effort, mais pour un gain maximal, des études nécessaires à la constitution du dossier de demande d'Autorisation sur le Marché (AMM). Ces informations et l'ordonnancement des études associées sont pour la plupart exigées par les autorités de régulation. Toutefois, le projet s'inscrit dans une concurrence d'accès aux ressources, qu'elles soient internes ou externes, financières ou humaines. La sélection des projets dans le portefeuille, leur priorisation passe par la détermination d'indicateurs, le plus souvent économiques, mais pas uniquement représentant la valeur du projet. Cette valeur traduit l'attrait économique du produit sur le marché au travers notamment de critères techniques d'efficacité, de tolérance regroupés sous le vocable de performance.

Par ailleurs, la conception du plan de développement du produit doit s'inscrire dans un souci d'acquisition de valeur particulièrement importante dans le cadre de négociations avec les bailleurs de fond sollicités lors d'opérations de licence entre partenaires par exemple.

La stratégie de développement s'inscrit dans un processus de construction de connaissances au fur et à mesure de la réalisation des études. Les connaissances acquises visent *in fine* à rédiger le dossier de demande d'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM), mais ce sont elles qui permettent tout au long du projet d'orienter la cible visée par le développement. Par cible, nous entendons les caractéristiques du médicament visé (pathologie, population concernée, mode d'administration, posologie, effets secondaires, etc.). Les choix effectués, tout au long du processus de développement, s'appuient sur les connaissances acquises au moment de la prise de décision et le plan de

développement se doit d'optimiser les efforts pour acquérir les nouvelles connaissances nécessaires pour aider à la prise des bonnes décisions ultérieures.

Ainsi, la problématique, inscrite dans un cadre d'aide à la décision sous incertitude, m'a conduit à rechercher un modèle :

- prenant en compte la valeur de l'information nouvelle, générée par l'acquisition de connaissance, pour déterminer la valeur du projet ;
- permettant d'aider au choix entre plusieurs stratégies de développement en situation d'incertitude, en relation avec l'attitude du décideur.

Ces travaux ont été développés dans le cadre de la thèse de S. Bougaret [2002] en relation avec une start-up de biotechnologie. Un des résultats de la thèse est un modèle d'évaluation de stratégies de développement de nouveaux produits dans le secteur biotechnologique permettant de mesurer l'intérêt de chaque stratégie et d'aider à la décision.

III.3.3.1 Propositions – modèle

Au niveau du projet, le chef de projet est fréquemment confronté à la nécessité de choisir entre deux stratégies de développement :

- stratégie (1) : investir tout de suite de manière irréversible sur une seule "grosse" étude (appelée B), longue et coûteuse, qui donnera des résultats précis, mais dans plusieurs mois. Cette étude sera dite pivotale, car elle permet de statuer précisément et définitivement sur le niveau de performance réel du produit. On désigne cette stratégie par "R&D tunnel" ;
- stratégie (2) : réaliser, avant cet investissement, une autre étude beaucoup plus courte et beaucoup moins coûteuse. Le but essentiel de cette étude pilote (appelée A) est de minimiser le risque d'investir inutilement dans une étude pivotale. Cette stratégie sera désignée par "R&D fractionnée".

Une dernière stratégie reste toutefois possible dans les cas extrêmes, elle concerne l'arrêt immédiat du développement et sera désignée par "Nogo" ou "NRF".

Le modèle élaboré s'appuie sur quatre types de données :

- les coûts de développement du produit ;
- les niveaux de performance possible du produit et l'estimation de la taille marché associée à chaque niveau de performance ;
- les chances de succès du projet ;
- la prédictivité de l'étude pilote. Elle permet d'exprimer la confiance que l'on a dans les résultats de l'étude pilote pour prédire les niveaux de performance du produit au final.

Les coûts de développement se répartissent en trois classes. Ce sont tout d'abord les coûts déjà encourus au moment de l'analyse, c'est-à-dire les coûts déjà dépensés pour arriver à ce stade du projet, nous les désignerons par C_{en}. Ensuite, nous trouvons les coûts des études à réaliser : coût de l'étude pilote A (désigné par C_A) et le coût de l'étude pivotale B (désigné par C_B).

Concernant les niveaux de performance, nous désignons par S l'ensemble des niveaux de performance possibles du produit au final, avec $S = \{S_i\}$, $Card(S) = n$. Par exemple, nous pouvons établir une analyse sur la base de trois niveaux de performance possible S={bon, mauvais, neutre}. Par extension, le résultat de l'étude pilote est décrit par des niveaux de résultat possible. Nous appelons R l'ensemble des niveaux de résultat avec $R = \{R_j\}$, $Card(R) = m$. Associée à chacun des niveaux de performance de l'ensemble S, une taille de marché est identifiée. Nous désignons par M_i la taille de marché associée à la performance S_i.

Les paramètres de chance de succès concernent deux types d'informations : les probabilités de succès du produit et les probabilités liées aux résultats possibles des études pilotes.

Le premier type de probabilités caractérise les probabilités d'atteindre le niveau de performance S_i du produit. Pour chaque niveau S_i de performance possible du produit à la fin du développement, une probabilité p_{Bi} de l'atteindre est définie. Notons que la probabilité p_{Bi} que le produit atteigne un niveau de performance S_i s'applique aussi bien à la stratégie (1) qu'à la stratégie (2). Nous postulons, en effet, que le choix de l'une ou l'autre des stratégies de développement n'influence en rien la qualité du produit développé (ici caractéristique de la molécule) et donc son niveau de performance *in fine*.

Les probabilités p_{Bi} sont des estimations *a priori* basées sur les retours d'expériences des projets passés et des études réalisées dans le secteur pharmaceutique sur les taux d'attrition des projets de développement de nouvelles entités chimiques (Lehman Brothers, 1997 ; Script, 2001).

La prédictivité de l'étude pilote permet d'exprimer la confiance que l'on a dans les résultats de l'étude pilote pour prédire les niveaux de performance du produit au final. Pour chaque niveau de résultat R_j de l'étude pilote, une probabilité de l'atteindre est définie par p_{Aj}. Cette grandeur est exprimée dans une matrice en mettant en relation tous les résultats possibles de l'étude pilote avec les niveaux de performance possible du produit.

Le modèle utilise les techniques d'arbre de décision pour représenter les stratégies possibles et les données associées couplées avec une approche bayésienne pour déterminer les valeurs générées. La résolution du modèle permet d'obtenir pour chaque stratégie :

- la valeur du projet dans une optique de maximisation des gains (Valeur Nette Séquentielle VNS)

$$\mathrm{VNS} = \sum_{j \in R} p_{Aj} * \mathrm{Max}\left[\sum_{i \in S} (p_{Bi/Aj} * \mathrm{Payoff}_{2,i}); \mathrm{Payoff}_{\mathrm{Nogo},j} \right]$$

- et la perte possible dans le cas où le choix de cette stratégie serait une erreur (Coût d'Opportunité Séquentiel COS).

$$COS_{R\&Dtunnel} = Min[abs(CO_{R\&D_{tunnel}}); abs(CO_{R\&D_{fractionnée}})]$$

avec

$$CO_{R\&D_{tunnel}} = \sum_{i \in S} p_{Bi} * (Payoff_{1,i} - (Max[Payoff_{1,i}; Payoff_{NRF}]))$$

$$CO_{NRF} = COS_{NRF} = \sum_{i \in S} p_{Bi} * (Payoff_{NRF} - (Max[Payoff_{1,i}; Payoff_{NRF}]))$$

La Figure 38 précise l'organisation du modèle comprenant les données initiales (2), l'arbre de décision (1), les valeurs générées (4,5). La valeur du projet est notamment analysée dans deux situations particulières qui correspondent à la confiance que l'on a dans l'information générée par l'étude pilote (rubrique 4 de la Figure 38) : information parfaite lorsque la prédictivité est totale et imparfaite lorsque la prédictivité estimée est inférieure à 1. La comparaison de ces deux valeurs permet entre autres de vérifier l'intérêt de payer cette étude pilote à ce prix là.

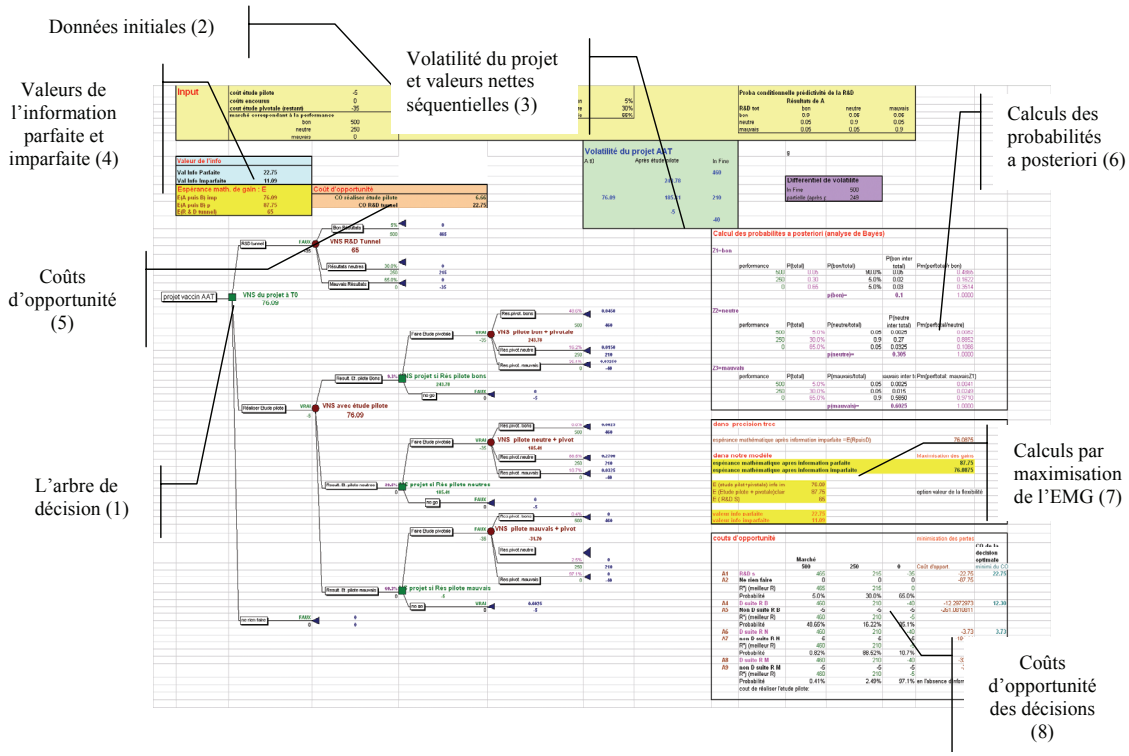


Figure 38. Principe du modèle

Chaque nœud porte également les valeurs séquentielles (rubrique 3 de la Figure 38) permettant entre autres de vérifier l'intérêt de réaliser l'étude pilote : l'information produite génère-t-elle un gain supérieur à son coût d'obtention. L'information de VNS est reportée à chaque nœud de décision. Ainsi, l'augmentation de la valeur du projet induite par une implémentation progressive des connaissances et la valorisation de la flexibilité de s'arrêter à l'issue de l'étude pilote si les résultats ne sont pas satisfaisants sont directement visualisés sur l'arbre. En outre, le modèle permet de déterminer la valeur ajoutée de l'information (imparfaite) comparativement à la valeur maximale de de référence si l'information avait été parfaite, c'est-à-dire dotée d'une prédictivté totale sur l'issue finale du développement.

L'originalité de ce modèle réside dans la décomposition du plan de développement pour la prise en compte de la réversibilité de la décision dans le calcul des critères de décision. Le modèle propose deux critères différents pour aider à la décision, suivant que le décideur souhaite :

- maximiser ses gains : critère de la VNS ;
- réduire son risque de perte, minimiser les pertes possibles provoquées par une mauvaise décision : critère de COS (Coût d'Opportunité Séquentiel).

III.3.3.2 Résultats et validation

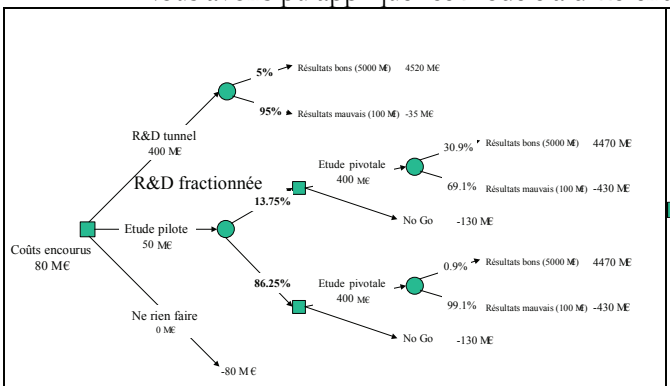
Ce modèle a été utilisé dans le cadre du développement de nouvelles thérapies basées sur des produits biotechnologiques. Soumis à des contraintes de confidentialité concernant les produits et les données chiffrées afférentes, un exemple basé sur des expériences pratiques et réelles, a été développé dans la thèse de S. Bougaret. Cet exemple permet d'illustrer les principes du modèle et son intérêt dans un tel contexte de forte innovation. Une partie des données initiales et indicateurs générés par le modèle sont illustrés figure 39.

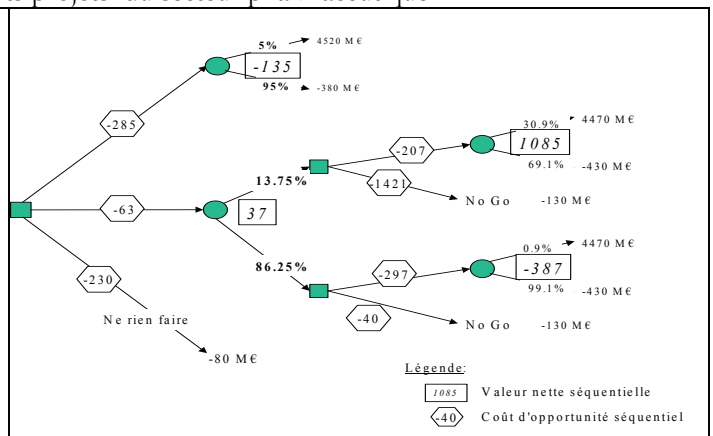
Ainsi, notons par exemple dans le cas présenté que le décideur a tout intérêt à retenir la stratégie "R&D fractionnée". En effet, cette décision lui permet conjointement de maximiser ses espoirs de gain (+ 37 contre - 135 pour la stratégie $R\&D_{tunnel}$ et – 80 pour la stratégie Nogo) et de minimiser ses regrets (- 63 contre - 285 et - 230).

Le fait que le projet puisse être arrêté à l'issue de l'étude pilote est pris en compte dans la VNS et non dans la VN qui considère, elle, que le projet va à son terme coûte que coûte. La VN ne rémunère pas la possibilité que le décideur a d'arrêter le projet et donc de limiter les coûts non rentables. Ainsi, l'étude pilote rehausse la valeur du projet de 172 M€, la valeur générée par la réalisation de l'étude pilote est donc ici de 122 M€.

L'analyse effectuée avec les coûts d'opportunité conduit à la même décision. En effet, c'est la stratégie "R&D fractionnée" qui permet de minimiser les risques de conclure à tort, 63 M€ contre 285 et 230 M€ pour respectivement les stratégies "R&D tunnel" ou "Ne rien faire". Ainsi, on peut exprimer que choisir la stratégie $R\&D_{tunnel}$ à tort entraînerait une espérance de perte de 285 M€ par rapport à la meilleure stratégie.

Nous avons pu appliquer ce modèle à différents projets du secteur pharmaceutique.





Présentation des données initiales et premiers calculs intermédiaires	Valeurs séquentielles de chaque stratégie

figure 39. Exemple

Une étude concernant les limites d'utilisation du modèle fait également partie des résultats de ces travaux. Une analyse de sensibilité a été menée en ce sens, elle a permis de conclure que le choix de l'option "R&D fractionnée" est pertinente lorsque :

- la dimension du marché est faible ;
- les coûts restant à encourir sont élevés ;
- la probabilité de succès totale du projet est faible ;

et ce, d'autant plus que la prédictivité de l'étude est faible.

En effet, lorsque la prédictivité de l'étude pilote est faible, celle-ci n'a aucun intérêt, quelles que soient les valeurs des autres paramètres. Le marché privilégie alors les choix "arrêter tout de suite" puis "R&D tunnel" sans jamais passer par la stratégie "R&D fractionnée". Au total, cette analyse nous a permis de montrer que ce modèle est pertinent lorsque le projet est incertain, précoce et qu'il est aux limites de rentabilité. Il n'y a pas d'intérêt d'appliquer ce modèle dans les autres cas.

Une application particulière de cette approche est proposée dans [Gourc *et al.*, 2004] pour décider de la réalisation ou non d'une étude préliminaire dans un projet de R&D pharmaceutique (par exemple étude de marché ou étude pilote).

III.4 Bilan : production scientifique sur cette thématique

La problématique abordée dans ce chapitre porte sur la définition de modèles d'évaluation du risque, dans sa vision "externe", particulièrement lors des phases amont de projet. La faible connaissance sur l'ouvrage à réaliser, sur les événements potentiels en cours et sur les issues possibles m'ont amené à développer des modèles intégrant une approche symptomatique et systémique du risque. Le risque y est matérialisé par différents types d'incertitudes relevant de paramètres :

- continus tels que ceux utilisés pour décrire une incertitude d'estimation ;
- discrets tels que ceux relatifs au résultat d'une étude, à l'arrivée d'un concurrent.

Les modèles relèvent de deux types de critères relatifs respectivement aux objectifs de délai et de rentabilité du projet. Chacun de ces deux types de critères a été traité dans un modèle séparé.

Ce travail a été expérimenté sur divers terrains industriels des secteurs de la construction (accélérateur du CERN) et du développement pharmaceutique (Biovector Therapeutics, Transgene, Vetoquinol).

Une des prochaines étapes que j'envisage de développer est d'élaborer un modèle permettant de traiter ces deux aspects simultanément et ainsi mesurer les effets croisés. Par exemple, quelles sont les conséquences sur le critère de rentabilité d'une décision optimisant le critère délai ?

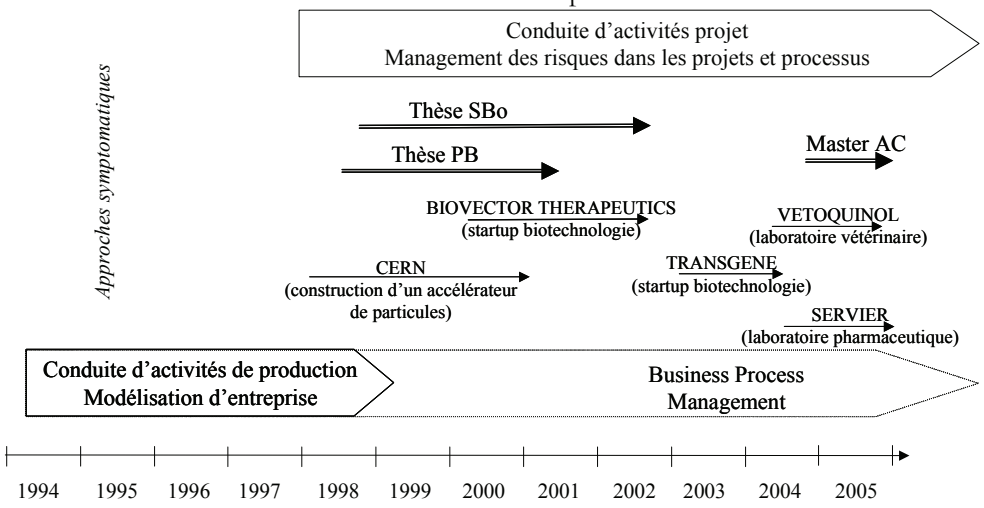


Figure 40. Elèves-chercheurs encadrés et relations industrielles sur ce thème

En résumé, la production scientifique sur ce sujet a été finalisée dans :

4 articles publiés entre 2001 et 2004

4 communications présentées dans des congrès internationaux entre 1999 et 2005

2 conférences présentées dans des colloques

2 thèses encadrées et soutenues (2001, 2002) [Th1][Th2]

5 contrats et relations industrielles (CERN, Vetoquinol, Transgene, Biovector Therapeutics, Servier)

CHAPITRE IV -
Des outils pour gérer le risque dans une vision analytique

IV.1 Contexte, objectifs, positionnement

La gestion des risques du projet (risque en projet), pris dans l'acception analytique, a notamment pour objectif de répondre à un besoin de pilotage efficace et robuste des projets par l'adoption d'une vision anticipative des aléas et leur prise en compte.

L'étude bibliographique que nous avons menée a permis d'identifier de nombreux travaux relatifs à la description du processus de gestion des risques. Par contre, il existe peu de travaux proposant des outils adaptés à sa mise en œuvre dans le cadre de projets. Cela m'a conduit à orienter nos travaux sur la proposition d'un ensemble de méthodes et de modèles adaptés spécifiquement aux objectifs de chaque phase du processus de gestion des risques permettant d'instrumenter leur exécution.

Je présente ainsi nos contributions en m'intéressant successivement aux outils et méthodes pour :

- aider à l'identification des risques ;
- aider à l'évaluation et à la hiérarchisation des risques ;
- aider à la mesure des conséquences et impacts de la mise en place des actions de traitement ;
- aider à la construction d'un retour d'expérience : application à la construction d'une typologie.

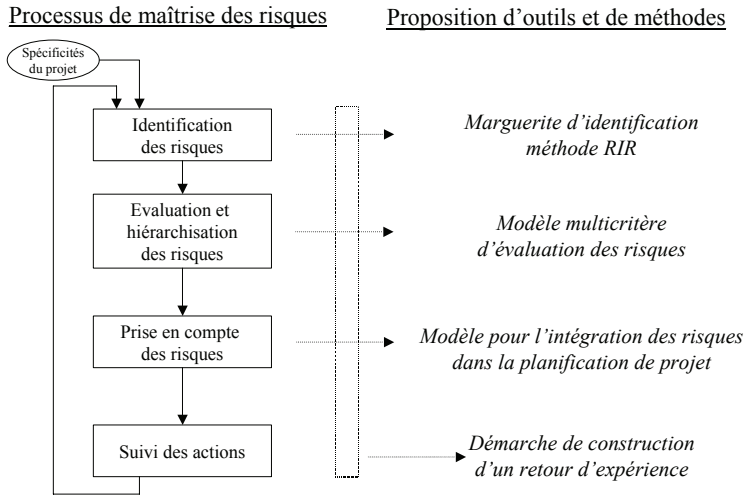


Figure 41. Positionnement des propositions

IV.2 Méthodes pour aider à l'identification des risques

La notion de projet est intimement liée aux phénomènes cognitifs de création de connaissance. Certains le décrivent comme un processus de construction et d'acquisition de connaissance

([Tarondeau, 1994], [Bougaret, 2002]). Par les mécanismes cognitifs que les acteurs humains mettent au service du projet, ces derniers constituent un rouage essentiel de ce dispositif et notamment dans le cadre de la maîtrise des risques projet. Nombreuses sont les capacités qu'ils développent, mais certaines sont particulièrement utiles pour identifier, évaluer, traiter et suivre les risques.

Par contre, la présence d'acteurs humains dans ce processus introduit de nombreux biais portant sur la qualité de l'univers du discours, notamment quand il s'agit de s'intéresser à la dimension risque. La communication porte des caractéristiques d'ambiguité, d'imprécision, de flou doublé de référentiels individuels et/ou collectifs qui viennent perturber son analyse. Par ailleurs le risque, avant d'être clairement identifié, repose sur des ressentis, de l'empirisme tous difficiles à justifier, rationaliser, voire même démontrer.

Je me suis donc intéressé, notamment dans les travaux sur l'identification des risques, à proposer des outils qui permettent d'aider à la prise en compte des signaux dits faibles qui innondent l'univers du discours des acteurs du projet. Ces signaux, couplés avec ceux habituellement identifiés, permettent d'avoir une vision plus exhaustive des phénomènes possibles.

IV.2.1 Identifier les risques à partir de typologies et d'éléments du discours

La phase d'identification des risques est la première du processus de gestion des risques, ce qui lui confère des enjeux importants quant au succès de la démarche. En effet, elle a pour objectif de livrer la liste des risques qui vont devoir être analysés et évalués. L'oubli d'un risque peut devenir dramatique. Les risques les plus graves sont souvent ceux qui n'ont pas été identifiés et donc pas pris en compte ou traités. La plupart des travaux proposent de s'appuyer sur une typologie "standard" des risques pour mener à bien cette phase. Il existe d'ailleurs de nombreuses classifications proposées dans la littérature, comme nous le rappelons dans ce chapitre. Il faut noter que la plupart d'entre elles constituent un recueil d'événements uniquement défavorables.

Ces listes visent, dans le cas d'événements à conséquences défavorables, à éviter de reproduire les mêmes erreurs et par contre, dans le cas d'opportunités à favoriser la reproduction de tels phénomènes. Elles recensent les risques qui ont déjà eu une manifestation par le passé, mais elles ne garantissent nullement l'exhaustivité de l'analyse. Même si ce type d'outils est intéressant, il présente tout de même quelques limites que nous listons ci-dessous :

- ces classifications sont spécifiques d'un domaine ou d'un secteur ;
- elles peuvent donner l'illusion de couvrir l'ensemble des risques possibles, alors qu'il convient de prolonger l'identification par une réflexion spécifique ;
- ces classifications ne sont pas toujours adaptées aux types de projet étudié et peuvent apparaître en fort décalage par rapport à la culture ou aux pratiques de l'entreprise;
- leur dimension (nombre de risques présentés) peut rapidement devenir difficile à appréhender sans aide complémentaire.

Remarque : nous reviendrons ultérieurement (IV.5) sur l'aspect inadapté de certaines typologies afin de proposer une démarche de construction d'une classification des risques spécifique à une entreprise, à ses projets et à ses pratiques. Pour cela, nous proposons de bâtir un cadre d'analyse sur la base des phénomènes vécus au cours des projets antérieurs, et des connaissances et expériences des équipiers projet s'exprimant sur les événements potentiels non encore vécus.

Il ressort de cette analyse que la problématique porte sur la nécessité de disposer, pour mener la phase d'identification des risques, de méthodes qui, tout en profitant du cadre proposé par une classification existante, permettent aux acteurs de laisser libre cours à leur réflexion et imagination pour le recensement des risques potentiels. Nous avons vu précédemment l'importance de capter, lors de cette phase, les éléments qui peuvent paraître subjectifs.

Quelques approches existent, citons par exemple la démarche du triple regard [AFITEP, 1999] proposée par un groupe de travail de l'AFITEP traitant du management des projets de systèmes d'information.

Je propose deux approches différentes, mais complémentaires :

- une approche générative basée sur les éléments subjectifs du discours : la marguerite d'identification des risques ;
- une approche évaluative basée sur un cadre d'analyse : la méthode RIR.

Ces propositions reposent sur plusieurs études menées dans le cadre de travaux de thèse en relation avec des industriels de secteurs différents (sous-traitance aéronautique, projets de systèmes d'information, projets logistiques).

IV.2.2 L'utilisation des éléments subjectifs du discours pour aider à l'identification

Un cadre pour la conduite d'entretien et l'analyse du discours :
la marguerite d'identification des risques et l'agencement organisationnel

J'ai indiqué plus haut que le risque était un concept subjectif. Dans le cadre de la recherche des risques, cette assertion prend tout son sens. Le recours aux équipiers projet et à leur esprit d'analyse pour mener cette phase est inévitable. L'expertise humaine est sollicitée par le biais d'entretiens plus ou moins formels dirigés sur le thème des risques potentiels. Outre la subjectivité, le caractère sensible du sujet oblige de structurer ces entretiens. C'est sur ce thème que ces propositions s'appliquent.

Cette contribution est issue d'un travail pluridisciplinaire sciences de l'ingénieur - sciences de gestion portée par les co-encadrants d'une thèse. Les échanges nourris par la diversité des origines scientifiques des divers encadrants et leurs regards sur le sujet, alimentés par des outils et des référentiels bibliographiques complémentaires, ont permis de développer une approche originale.

Ce travail s'intéresse à l'identification des risques par une analyse des acteurs du projet, qu'ils soient internes ou externes, qu'ils soient des individus ou des entités collectives. Je pense que les risques ne sont pas uniquement "portés" par les seules entités, issues du découpage du projet (tâche, sous-ensemble du produit, acteur), mais par les interfaces entre ces entités. Ainsi, nous nous sommes intéressés particulièrement aux relations entre les acteurs en focalisant sur les rôles joués par chacun dans l'aventure projet.

Pour cela, nous avons mobilisé deux outils, le guide d'entretien ([Blanchet *et al.*, 1992]) et l'agencement organisationnel ([Girin, 1995a], [Girin, 1995b]), issus respectivement des deux disciplines en présence. L'originalité de l'approche porte en première intention sur la nature des découpages établis et sur la mise en œuvre des deux outils dans une démarche complémentaire.

La marguerite d'identification des risques (Figure 42) repose sur l'énumération des acteurs du projet, plus particulièrement du projet de système d'information, à savoir la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre, l'environnement de la maîtrise d'ouvrage [Ravalison, 2004]. Pour chacun de ces types d'acteurs, un maillage des thèmes et sujets à aborder, potentiellement sources de risque, est dessiné sous la forme d'un schéma heuristique [Buzan, 1995] pour en faciliter sa lecture et son utilisation lors de l'entretien. Etabli à partir d'une analyse des projets, d'expériences antérieures et de la bibliographie existante, il sert uniquement de guide à la conduite des entretiens. Il est utilisé comme un conducteur de l'entretien pour solliciter l'interviewé. C'est un référentiel de collecte d'informations, comme on en trouve pour faciliter la conception d'enquêtes.

L'approche se veut générative, c'est-à-dire qu'elle construit de manière progressive la liste des risques en s'appuyant sur les éléments du discours.

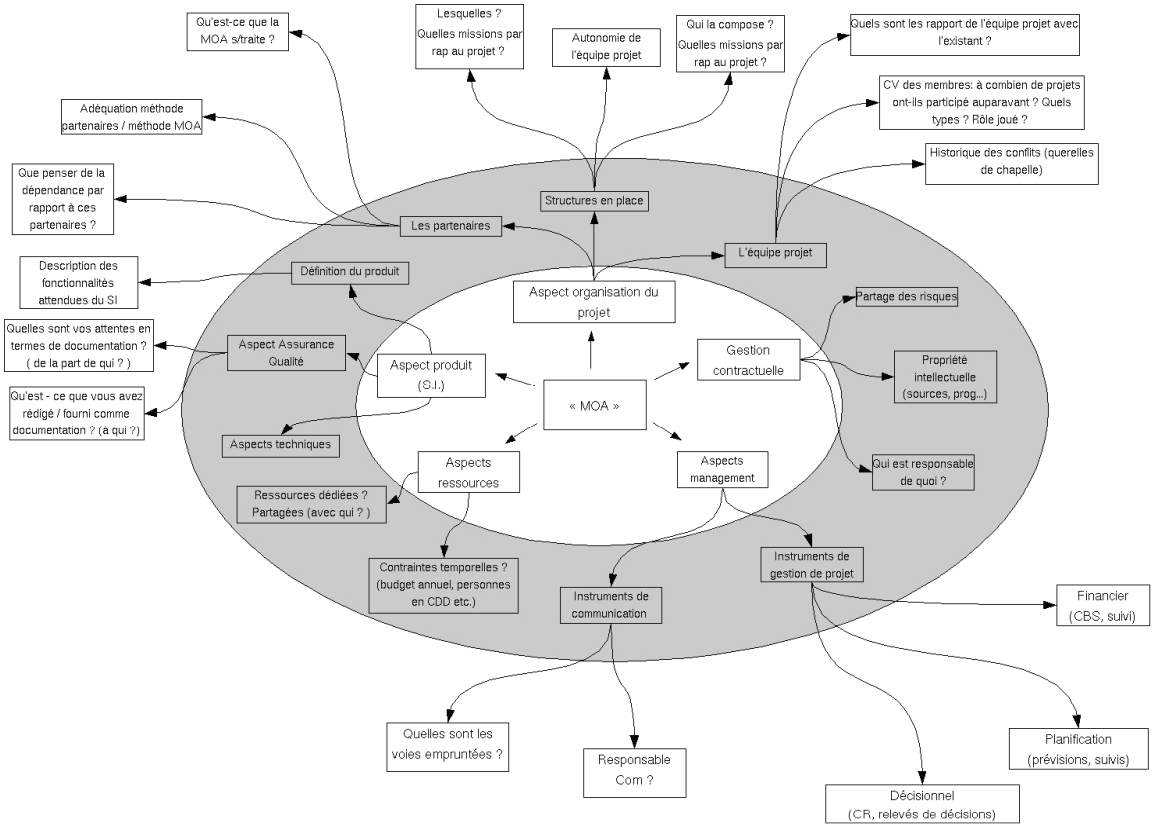


Figure 42. Exemple de marguerite – contexte de la maîtrise d'ouvrage

L'agencement organisationnel quant à lui permet de représenter de manière plus fine les acteurs du projet et leurs relations. Il s'appuie sur l'hypothèse d'une mission (mandat) à réaliser entre un mandant et un mandataire, ce qui correspond bien à un cadre projet défini par la relation maîtrise d'ouvrage – maîtrise d'œuvre. Il est utilisé en complément de la marguerite présentée ci-dessus. Girin distingue trois types de ressources : symboliques, humaines et matérielles. En nous appuyant sur différents travaux ([Urso et Vacher, 2004]) utilisant les agencements organisationnels, nous proposons une représentation graphique augmentée de symboles particuliers pour décrire les types de ressources, les types de liens et l'orientation des communications entre ressources.

Les ressources dont décomposées en ressources :

- humaines, individuelles désignées par leur rôle (par exemple chef de projet) ou collectives (comités de pilotage) ;
- matérielles ;
- symboliques, les documents relatifs au produit et sa description, les documents relatifs au pilotage du projet et les documents relatifs à l'organisation du projet.

Les liens entre ressources sont de trois types : action, échange d'informations, ordre/reporting. L'orientation de la communication est matérialisée par une flèche.

La formalisation développée a pour objectif de minimiser la subjectivité exprimée par les acteurs lors des entretiens. La synthèse des échanges de l'entretien, notamment en ce qui concerne la diversité des acteurs impliqués et les relations identifiées, est effectuée grâce à cet outil. Les objectifs sont entre autres de permettre une restitution rapide, synthétique et visuelle de l'organisation telle que perçue par l'interviewer du projet. En outre, l'analyse de ce document permet de mettre en évidence les dysfonctionnements et sources de risque. La lecture du graphe conduit, soit directement à l'identification d'un risque nouveau, soit met en évidence des incohérences ou ambiguïtés qui devront

être abordées lors de prochains entretiens. Afin de faciliter l'analyse, des règles de bonnes pratiques du management de projets de système d'information ont été définies. Elles s'intéressent à :

- l'existence de ressources (au sens de Girin) : par exemple certaines ressources sont considérées comme obligatoires, conseillées ou optionnelles ;
- l'existence de relations entre ressources : par exemple toute ressource symbolique doit être en relation avec au moins une ressources humaine.

IV.2.3 Un cadre plus formel orienté sur la décomposition du projet : la méthode RIR

J'ai souhaité compléter la méthode présentée ci-dessus par une approche évaluative d'identification des risques plus formelle. Ainsi, j'ai chosi de développer la méthode RIR (Recensement et Identification des Risques). Elle s'appuie sur une ou plusieurs décompositions préétablies du projet et des risques. Concernant la méthode RIR, l'identification des risques spécifiques d'un projet s'appuie sur la confrontation d'une typologie des risques génériques et d'une décomposition de ses activités (Figure 43.). Les risques génériques décrivent les types de risques possibles (par exemple risque financier, risque humain, risque contractuel, etc.). Cette décomposition reste relativement macroscopique et est applicable à tous les projets. Une approche pour la construction de cette typologie sera présentée ultérieurement (IV.5).

Le deuxième axe utilisé correspond à celui de la décomposition du projet, les activités listées sur cet axe sont quant à elles spécifiques du projet analysé. Elles relèvent de la connaissance de l'expert du projet, chef de projet ou responsable.

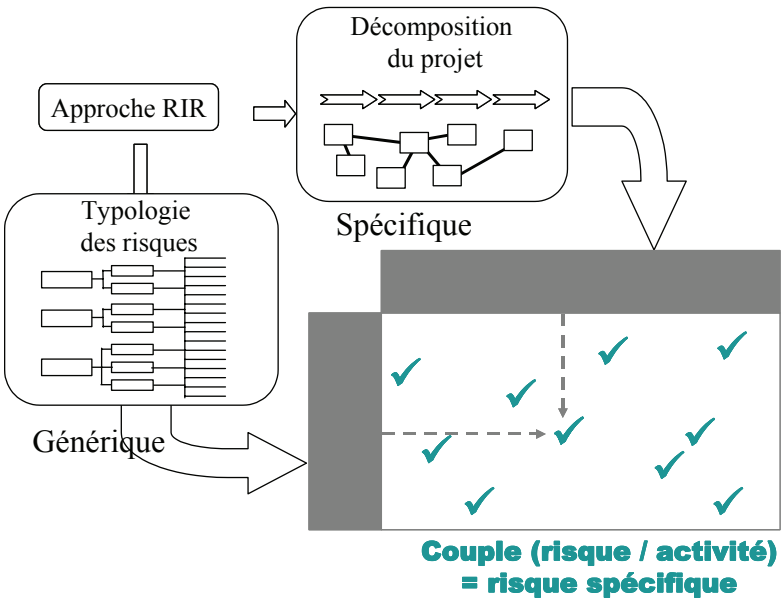


Figure 43. Principe de la méthode RIR [Benaben et al., 2004b]

La spécialisation des risques se fait alors pendant l'entretien par un questionnement structuré amenant l'interviewé à identifier pour chaque activité quels sont les risques génériques de la typologie qui s'appliquent. Lorsque c'est le cas, le risque spécifique doit être défini et caractérisé (fiche risque). Afin de limiter l'analyse aux correspondances les plus pertinentes (couples activité – risque générique), nous proposons une grille standard (Figure 44) qui, par typage des activités d'un projet (activités d'approvisionnement, de conception, de réalisation, de pilotage, etc.) met en relation les types d'activités avec des types de risques.

L'intérêt de ce "typage" réside dans le fait qu'une tâche typée puisse, par défaut, présenter des liens initiaux avec certains risques génériques. Cette particularité peut permettre d'initier la démarche d'identification des risques et d'en faciliter le déroulement. Ainsi, grâce à cette mise en relation, l'interviewer peut focaliser l'entretien sur les relations les plus pertinentes.

		tâche de type approvisionnement	type conception	type étude	type distribution	tâche de type maintenance	tâche de type management	type production	type contrôle
Risques internes	Risque humains		✓				✓	✓	✓
	Risque organisationnels		✓				✓	✓	
	Risque technologique		✓			✓		✓	
	Risque contractuel	✓	✓		✓				
Risques externes	Risque technique		✓					✓	
	Risque politique			✓			✓		
	Risque client/marché		✓	✓			✓		
	Risque juridique	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Figure 44. Grille standard : relation type d'activité - type de risque

Les composants de la description du projet peuvent présenter des connexions qu'il peut être nécessaire d'exploiter durant la phase d'identification des risques. Ces liens (relations) peuvent être classés en deux groupes :

- **relations hiérarchiques :** ces relations traduisent les liens d'inclusion (ou de contenance) entre composants.

Exemple : "interview du client" est incluse dans "analyse des besoins".

- **relations structurelles :** ces relations relèvent par exemple de notions de *dépendance*, d'*influence* ou d'*implication*.

Exemple : "le design de la carrosserie" *influencera* "le dessin de l'architecture du moteur".

Ces relations jouent un rôle essentiel dans le maillage de la démarche d'identification des risques : elles constituent les règles d'évolution du processus de recensement. C'est en effet sur le réseau tissé par ces liens entre composants du projet que l'on va cheminer dans la matrice d'identification.

IV.2.4 Résultats et validation

Ces deux approches, que j'ai voulu complémentaires, ont été développées et utilisées au sein de l'équipe en support d'actions industrielles. Chacune des approches a ainsi pu être testée et validée par deux doctorants qui intervenaient sur des terrains industriels différents. La première approche, orientée organisation et acteurs couplant une démarche inductive et déductive, a été appliquée par B. Ravalison dans le cadre de sa thèse sur des projets de systèmes d'information [Ravalison, 2005]. Ce référentiel a été utilisé lors de plusieurs entretiens avec des consultants impliqués en tant qu'assistance à maîtrise d'ouvrage, avec des représentants de la maîtrise d'ouvrage, avec la maîtrise d'œuvre et avec les instances de pilotage. Ces expérimentations ont permis d'affiner les rubriques de la marguerite et de vérifier l'intérêt et l'efficacité de l'approche. Les éléments produits (liste des risques) ont permis de vérifier que cette approche permettait d'identifier des risques spécifiques aux rôles des acteurs dans le projet.

La méthode RIR, plus orientée sur l'analyse des activités du projet, a été utilisée par C. Villarreal lors de l'analyse de projets menés par un groupement d'entreprises en sous-traitance aéronautique [Villarreal, 2005]. Ce travail a permis de proposer une grille d'analyse dédiée aux projets partagés par des PME constituées en groupement. Elle distingue les menaces et les opportunités liées à la vie du groupement

(collectif de PME caractérisé par des cultures hétérogènes), à l'objet du projet et aux modes de pilotage du projet.

Une extension de cette méthode est prévue afin de prendre en compte d'autres décompositions du projet (par les ressources, par les coûts).

IV.3 Evaluation et hiérarchisation des risques : un modèle multicritère

IV.3.1 Le besoin de comparer des risques de natures différentes suivant plusieurs critères

La phase d'évaluation et de hiérarchisation des risques est encadrée par les phases d'identification et de prise en compte des risques. Afin de réduire la taille du portefeuille de risques à étudier, cette phase a pour objectif de déterminer un niveau de criticité pour chaque risque afin de limiter l'espace d'étude à celui des risques potentiels les plus critiques. Elle permet ainsi de distinguer les risques acceptables des risques dits majeurs ou inacceptables qui doivent donc être maîtrisés et pour lesquels des mesures doivent être prises.

Il existe plusieurs approches qui consistent, sur la base de l'évaluation de chaque risque, à les comparer soit suivant un critère unique représentatif de la criticité, soit en conservant les différentes dimensions du risque. J'ai présenté précédemment le risque comme un concept multi-dimensionnel. Rappelons quelques unes des dimensions majeures : probabilité d'occurrence, impacts de type délai, de type coût. Chacune de ces dimensions n'a pas obligatoirement la même importance, notamment en regard des critères de succès du projet. Ainsi, l'impact de délai peut être prépondérant par rapport à celui de coût et de qualité. D'où l'intérêt de pouvoir les distinguer et de pondérer leur importance pour le classement des risques.

Outre ces dimensions, l'étape de hiérarchisation doit tenir compte d'autres dimensions telles que la nature de faisabilité des actions, le temps disponible pour mettre en place ces actions [Ward, 1999].

Par delà la construction d'une liste ordonnée, l'établissement d'une mesure du risque est guidée par le besoin de suivre l'évolution : des risques majeurs en nombre et en criticité, du niveau de risque global du projet et de l'influence des actions menées pour réduire le risque.

Le risque étant un concept multi-état lié au temps, il convient de traiter son évaluation dans une double perspective :

- statique pour établir une photographie à un instant t et comparer les risques, même de natures différentes, entre eux ;
- dynamique pour établir un suivi dans le temps et comparer les risques similaires à deux instants différents. Cette deuxième perspective permet de relativiser les grandeurs observées et d'établir des tendances.

J'ai indiqué précédemment que les regards portés sur le projet par les parties prenantes étaient sensiblement différents suivant le niveau décisionnel et le degré d'implication. Le résultat produit par l'analyse des risques ne peut déroger à ce constat. Il est absolument nécessaire de proposer des restitutions qui permettent d'alimenter la réflexion de chacun suivant le regard porté. Ainsi, je propose de distinguer :

- le point de vue des instances décisionnelles (comité de pilotage par exemple) : intéressées par une mesure du risque global et de son évolution dans le temps ;
- le point de vue du chef de projet : intéressé par un suivi au niveau des classes de risques ;
- le point de vue d'un responsable de sous-ensemble : intéressé par une vision des risques de son domaine.

IV.3.2 Proposition d'une approche multi critère pour l'évaluation

L'outillage que nous proposons ici est particulièrement destiné à aider les risk managers qu'ils soient interne à la structure ou externe comme peuvent l'être des consultants en assistance à maîtrise d'ouvrage.

B. Ravalison propose dans sa thèse de travailler sur une décomposition arborescente des risques allant d'un risque agrégé, au niveau global du projet représentant le but, vers l'ensemble des risques élémentaires au niveau le plus bas. Des critères de regroupement permettent de construire les niveaux intermédiaires de l'arborescence, ces critères sont calqués sur ceux utilisés dans la marguerite. Au vu de l'aspect multi dimensionnel du risque, évoqué précédemment, B. Ravalison a proposé d'utiliser la méthode multi critère AHP [Saaty, 1981] en continuité de travaux précédemment réalisés par M. Fumey [Fumey, 2001] au sein du laboratoire concernant l'évaluation des risques liés aux installations de distribution de gaz. De nombreux travaux utilisant la méthode AHP pour évaluer le niveau de risque ont été proposés dans différents secteurs,comme par exemple dans les projets de construction [Mustafa et al., 1991]. D'autres travaux [Bougaret et al., 2005] ont proposé une approche d'agrégation des risques désignée par méthode de la "criticité dynamique" en incorporant un paramètre de détection dynamique. Ce paramètre permet de minorer ou de majorer le niveau de risque en fonction de l'avancement du projet et de la fenêtre d'apparition du risque de manière à pondérer l'information sur les risques.

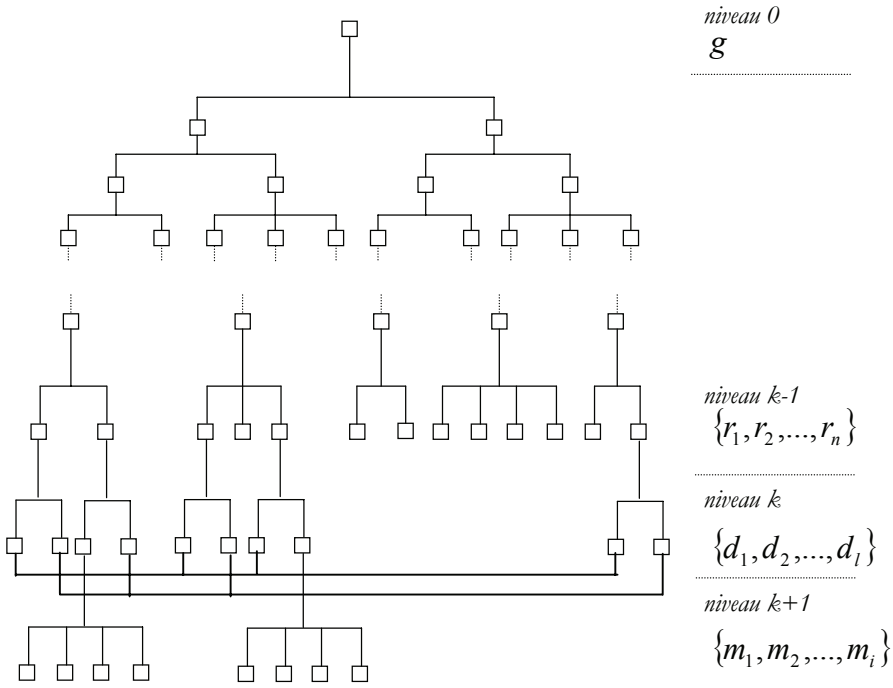


Figure 45. Structure hiérarchique

Ainsi, pour une décomposition hiérarchique comportant k+1 niveaux :

- le niveau 0 est composé du critère unique de synthèse $g = V(g_1, g_2, \ldots, g_n)$, obtenu par agrégation des familles de critères de niveaux inférieurs. Il correspond au risque agrégé ou risque global ;
- les niveaux 1, 2, … k-2 constituent les niveaux intermédiaires. Ces niveaux sont calqués sur les critères de regroupement de la phase d'identification (voir IV.2). Chaque critère est affecté d'un poids qui établit une pondération de l'importance de ce critère relativement aux autres critères de même niveau appartenant à la même famille (la même sous arborescence) ;
- le niveau k-1 décrit les risques identifiés sur lesquels porte l'évaluation ;

- le niveau k définit les dimensions utilisées pour évaluer chaque risque. Pour notre part, nous en avons retenu deux qui sont la probabilité d'occurrence et l'impact ;
- enfin, le niveau k+1 est composé des données descriptives des éléments terminaux de la hiérarchie. Les critères g_i du niveau k+1 sont caractérisés par ces descripteurs. Ce niveau propose les modalités qui permettent d'évaluer respectivement les dimensions probabilité et impact.

Un exemple d'application de cette modélisation, issu de l'étude menée par B. Ravalison, est présenté Figure 46. Il présente notamment les modalités retenues pour évaluer les chances d'occurrence du risque, au nombre de 4 (faible, important, très important, quasi-certain), et son impact s'il survient, au nombre de 3 (négligeable, déstabilisant, critique).

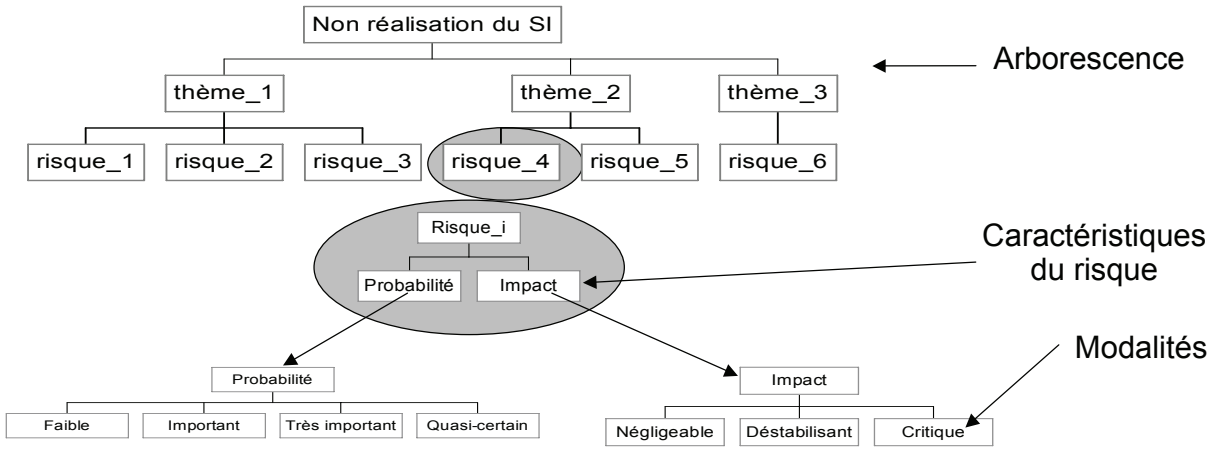


Figure 46. Exemple d'une décomposition hiérarchique

Sur la base de la quantification de chaque risque par l'expert au regard des dimensions proposées (ici probabilité et impact) et des poids associés à chaque critère de regroupement intermédiaire, le processus de détermination par AHP permet d'obtenir une valeur pour chaque critère de regroupement. Dans notre cas ce sont des classes de risques (ou thèmes de la marguerite). L'importance de cette valeur est représentative du niveau de risque. Le processus s'appuie sur des relations linéaires pondérées appliquées niveau par niveau.

Le modèle proposé permet de déterminer une mesure du risque répondant à un besoin de visibilité :

- instantanée, c'est-à-dire donnant une photographie du projet à un instant particulier, validation d'une phase, jalon décisionnel, réunion du comité de pilotage ;
- mais également dans le temps, par le biais d'un suivi du niveau de risque permettant de relativiser la mesure établie ci-dessus et d'identifier les dérives positives et négatives du niveau de risque du projet.

La restitution d'une mesure du risque pour différents niveaux de regroupement permet de :

- donner des indications sur l'importance relative de chaque catégorie de risque ;
- donner une visibilité différente à chaque niveau de décision sur le projet (comité de pilotage, chef de projet, responsable de sous-ensemble) suivant la granularité et les points de vue adoptés. Un niveau de décision dans le projet peut être associé à un niveau de regroupement des risques dans l'arborescence.

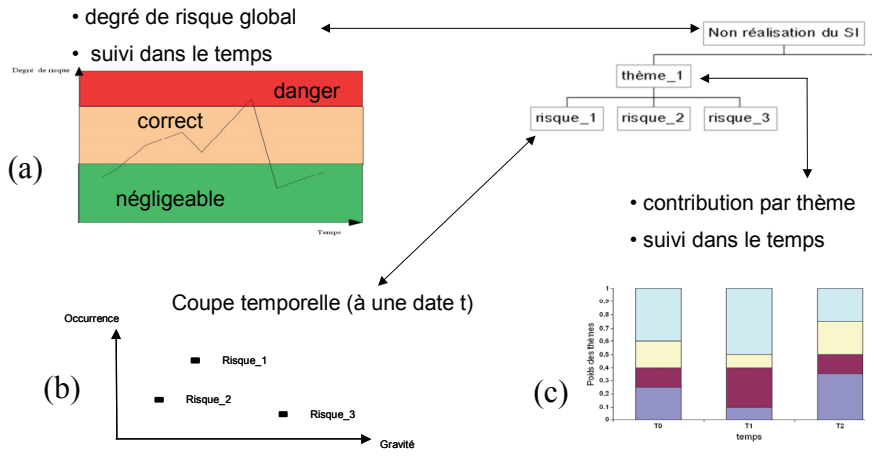


Figure 47. Exemples de tableaux de bord pour le pilotage des risques

De plus, l'utilisation d'une arborescence des risques, conforme à la marguerite d'identification dans le cas des travaux de B. Ravalison, permet de déterminer une note de risque pour chaque thème identifié (chaque niveau de l'arborescence), de les comparer et d'établir une hiérarchisation des types de risque (Figure 47).

Le choix de la méthode AHP, comme support du calcul, autorise la variation du nombre de risques évalués dans l'arbre. Cette capacité est fondamentale pour permettre la comparaison des niveaux de risques lors du suivi en assurant une cohérence des valeurs entre les différentes évaluations. En effet, le portefeuille des risques est à géométrie variable en fonction du stade d'avancement du projet. En outre, grâce à la méthode AHP, il est possible de donner une importance différente à chacun des risques ou niveaux de risques par le mécanisme de pondération. L'intérêt est grand lorsque l'on veut distinguer les risques par leur sensibilité sur le projet, mais doit être manipulé avec précaution pour ne pas surévaluer ou sous-évaluer certains risques, ne pas s'inscrire dans une double évaluation du risque : une évaluation suivant les critères probabilité-impacts et une évaluation sur la pondération relative aux autres risques de la même classe. En outre, il faut noter que ce mécanisme, malgré son intérêt, entraîne un surcroît de paramétrage afin de calibrer l'arbre par le choix des pondérations appropriées.

Ce modèle, établi dans le cadre de la thèse de B. Ravalison sur la base de plusieurs études avec des partenaires industriels, est en cours de validation par une expérience sur le terrain dans le cadre d'un projet de déploiement d'un portail collaboratif dans le secteur de la santé.

IV.4 Prise en compte des risques : un modèle pour l'intégration des risques dans la planification de projet

IV.4.1 Le besoin d'intégrer l'occurrence possible de perturbations dans la planification

La construction du projet nécessite, entre autres, de projeter dans le futur sa réalisation et notamment de planifier ce dernier en termes d'activités à réaliser (organigramme des tâches), de délais (estimation des durées, construction d'un planning), d'utilisation de ressources (compétences nécessaires et plan de charge), de coûts (décomposition des lignes de coûts et estimation). Généralement pratiquées de manière déterministe, comme si le projet se déroulait dans un environnement certain, les approches classiques de planification ont montré leurs limites ([Bonnal et al., 2002]). En effet, la trajectoire prévue d'un projet est fréquemment remise en cause par le cours des événements. Il est clairement admis par

les praticiens en gestion de projets que la non prise en compte des aléas sur le projet (s'ils sont identifiables) lors de la phase de planification prévisionnelle réduit les chances d'atteindre les objectifs dans le cadre proposé. Pour que le pilotage soit possible, des marges de manœuvre sont alors prévues (provision pour aléas, provision pour risque, marge calendaire, surcapacité). C'est en cela que l'analyse des risques est un outil de fiabilisation de ces estimations, tout en favorisant l'anticipation des actions à mener pour prévenir, éviter ou corriger la survenue des risques : actions qui ne manqueront pas de perturber le planning prévisionnel.

Les hypothèses formulées dans les méthodes classiques sont :

- un modèle déterministe de l'enchaînement des activités, l'ordonnancement des activités est figé ;
- la réalisation d'activités alternatives n'est pas prise en compte ;
- l'ajout de nouvelles activités, comme la suppression, n'est pas pris en compte ;
- la durée de réalisation est figée *a priori*.

De ce fait, la planification de projets s'effectue selon le seul regard de ce qu'il serait idéal de faire. Par conséquent, les scénarios possibles (également appelés gammes alternatives [Giard, 2003]), que leur choix soit le résultat d'un processus de décision interne au projet ou induit par l'environnement (facteurs exogènes), ne peuvent être représentés et analysés ([Eisner, 1962], [Serre, 1991]). Pire, bien souvent ils ne sont même pas imaginés. Alors, dans ce cas, comment évaluer le meilleur scénario et décider des actions à engager pour le respecter ?

Déjà en 1962, Eisner avait identifié la problématique des sous graphes alternatifs dans les projets de recherche et avait proposé d'introduire dans le graphe PERT des "decision boxes" (db) pour formaliser les conditions de réalisation de chaque alternative [Eisner, 1962].

Plus tard, d'autres travaux (années 60-70), notamment ceux de El Maghraby (1964), ont proposé des modèles généralisés pour représenter des activités conditionnelles dans un réseau logique (GAN, CAN, CAAN, etc.). Ces méthodes traitent les représentations stochastiques des activités. Une synthèse de ces travaux est proposée par Voropajev *et* al. (2000). La complexité d'utilisation de ces formalismes et les limites des calculateurs avaient laissé ces travaux dans l'oubli.

D'autres travaux, impulsés par des besoins nouveaux liés notamment à l'émergence des techniques d'ingénierie simultanée, ont tenté de proposer des solutions simples pour permettre la représentation des alternatives ([Dawson, 1994, 1998a, 1998b]). Des travaux complémentaires au graphe PERT, comme le PERT avec alternatives, développé par F. Chauvet et J.-M. Proth (1999), ont également abordé cette problématique. Cette méthode propose la création de deux types de nœuds pour représenter le choix entre plusieurs activités alternatives et la nécessité qu'un ensemble d'activités soit terminé avant qu'un autre ensemble d'activités puisse commencer. Quant à la méthode RAIH (Réseau d'Activités Incertaines Hiérarchisées) [Ramat, 1997], son approche consiste à considérer qu'une activité peut se terminer avec succès ou en échec, à chacune des situations est associé une probabilité d'occurrence. Les trajectoires alternatives sont alors associées à ces situations.

C'est ainsi que j'ai choisi de m'intéresser au problème de la modélisation et de l'étude des conséquences des risques et en particulier les changements engendrés par la planification des actions de traitement envisagées en cas de survenue d'un risque.

L'objectif est ici de proposer une démarche de planification de projet dans un environnement risqué prenant en compte les risques et leurs effets sur la planification. La démarche associée à un modèle de planification doit permettre d'évaluer les conséquences de la survenue de risques sur la logique projet et sa planification.

Bien plus que de seulement s'intéresser à l'étude d'un risque pris parmi n, ce travail a pour objectif d'évaluer l'ensemble des scénarios possibles de survenue de risque, un scénario décrivant une combinaison possible d'occurrence de risques. Dans la vie du projet, les situations extrêmes où aucun risque ne survient, comme la situation où tous les risques surviennent, ont peu de chance d'exister.

D'un autre côté, les combinaisons de risques possibles sont nombreuses et il est impossible de déterminer *a priori* (dès le début du projet) quelle est la combinaison qui surviendra.

Dans un premier temps, j'ai souhaité focaliser l'étude sur le critère délai (durée). Il s'agit de déterminer comment prendre en compte les aléas dans la planification du projet et comment exprimer leurs effets possibles sur les estimations prévisionnelles. Seuls les effets sur la durée des tâches et sur la durée totale du projet sont traités ici.

Bien plus qu'une influence ponctuelle entre les processus de planification de projet et de gestion des risques, nous défendons la nécessité d'une intégration complète des deux processus. Aujourd'hui, les deux processus menés de manière parallèle et quasi-indépendante ne profitent pas ou peu des informations dont chacun dispose. Pour résoudre cette problématique, nous proposons un cadre d'ingénierie comportant en deux questions complémentaires :

- un **travail au niveau méthodologique** répondant à la question : comment intégrer la prise en compte des risques dans le processus de gestion de projet et plus particulièrement ici le processus de planification des délais ?
- un **travail au niveau modèle** associé à la question : comment modéliser le réseau de tâches afin d'analyser les effets de la survenue des risques sur la durée de réalisation du projet ?

IV.4.2 Propositions

Deux propositions complémentaires, chacune associée à l'une des questions ci-dessus onté été effectuées :

- un cadre de synchronisation des processus de planification de projet et de gestion des risques ;
- un modèle de planification de projet avec risques.

IV.4.2.1 RiMaProcSync : un processus synchronisé

Le point de départ du travail est l'hypothèse selon laquelle les processus de planification de projet et de gestion des risques sont connus et maîtrisés. Dans la plupart des cas où les équipes projet traitent de ces deux aspects dans la conduite du projet, les deux processus sont menés de manière distincte et séparée, quelque fois avec des interlocuteurs communs, mais sans réelle imbrication. Pourtant, le pilotage du projet passe par la collecte et le partage de données issues des deux processus, mais plus encore, la mise en œuvre de chaque processus a besoin de données issues de l'autre. L'interdépendance de ces deux processus est un point critique pour le pilotage de projet. Ainsi, des décisions de planification, portant sur la logique d'enchaînement des tâches par exemple modifient le cadre de réalisation du projet et les hypothèses d'analyse. Cela a pour conséquence de modifier le périmètre du portefeuille des risques (de nouveaux risques peuvent apparaître, d'autres ne plus être pertinents), mais a également un effet sur l'évaluation des risques. De la même façon, la mise en place de plans de contingence entraîne des modifications au niveau du plan du projet (réalisation de tâches nouvelles, modification des liens de précédence, suppression de tâches, etc.).

Notre objectif a été de proposer une approche de synchronisation des processus qui vienne remédier à cette lacune. Elle devait répondre au besoin de structuration et de collecte des données nécessaires à l'utilisation du modèle de planification présenté ci-dessous. Notre première proposition a consisté à définir et formaliser un processus qui intègre les préoccupations de planification de projet et de gestion des risques en indiquant clairement les informations qui doivent être échangées et à quel moment.

Le processus global désigné par RiMaProcSync (RMPS) [Pingaud, 2004], intègre les étapes des deux processus initiaux, tel que reporté sur la Figure 48. Cette figure présente également la démarche que nous préconisons, par l'intermédiaire des arcs numérotés qui indiquent l'ordre chronologique d'enchaînement des étapes. Le caractère itératif du processus de gestion des risques dans sa forme

native a été étendu à l'ensemble des deux processus synchronisés. La prise en compte du risque se fait donc continuellement pendant le pilotage du projet.

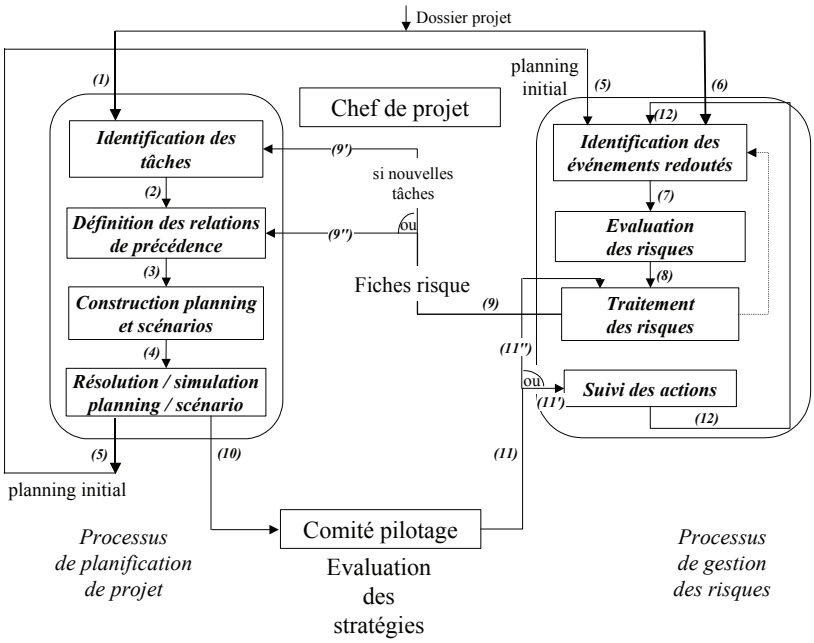


Figure 48. RiMaProcSync : collaboration des deux processus, détails de la synchronisation

La mise en œuvre de l'ensemble de ce dispositif repose bien évidemment sur une volonté et une participation pleine et entière de l'ensemble des équipiers. Ce travail doit être l'objet d'une réflexion de tous et le seul gage de qualité et de complétude est bien celui des multiples regards des différents interlocuteurs et parties prenantes du projet. Les documents (plannings, portefeuille des risques) permettent d'assurer la communication des plans à l'équipe et une vision commune du projet à tout instant. Il est important de noter que la fiche risque est bien au cœur de ce processus synchronisé comme suppport de la communication entre les processus et les acteurs.

Le positionnement respectif des décisions d'ordres tactique du chef de projet et stratégique du comité de pilotage est un des intérêts de cette approche de synchronisation des processus. Il définit le rôle de chaque acteur et donne un cadre de décision à ses interventions. Le rôle stratégique du comité de pilotage intervient notamment lors de l'évaluation des stratégies et plans de contingence à mettre en œuvre.

IV.4.2.2 Un modèle de planification de projet risqué

Nous formulons l'hypothèse, comme indiqué précédemment, qu'il est possible de définir un planning initial considéré sans prise en compte des risques et que celui-ci décrit les activités qu'il est nécessaire de réaliser pour atteindre le résultat escompté, et l'ordre dans lequel elles doivent être menées. Le modèle proposé doit alors autoriser la représentation des activités alternatives (ou gammes alternatives [Giard, 2003]) à réaliser en cas de survenue des risques. Cela induit l'existence d'activités qui ne seront pas nécessairement réalisées et l'existence de liens logiques conditionnels. Le problème à traiter se résume au caractère imprécis de l'appartenance d'un arc à un graphe, autrement dit le degré d'existence d'une contrainte potentielle ou d'une tâche [Galvagnon, 2000].

La plupart des travaux cités précédemment n'avaient pas exploré de manière explicite l'application de ces modèles à la modélisation du projet soumis à des risques. Notre contribution s'inscrit dans ce sens et oriente les propositions vers la définition :

- de composants génériques capables de représenter les alternatives induites par la survenue d'un risque ;
- de règles de construction du réseau logique alternatif à partir des informations de la fiche risque ;
- d'un modèle de simulation du projet en environnement incertain.

Les sources de modification du réseau logique sont portées par le risque (sa survenue ou non) et par les actions à engager (voir Figure 49). L'analyse des fiches risque conduit à identifier trois types de modifications possibles à apporter au réseau logique de référence considéré sans prise en compte des risques : réaliser (ajouter) une nouvelle activité, ne pas réaliser (supprimer) une activité, remplacer une activité par une autre.

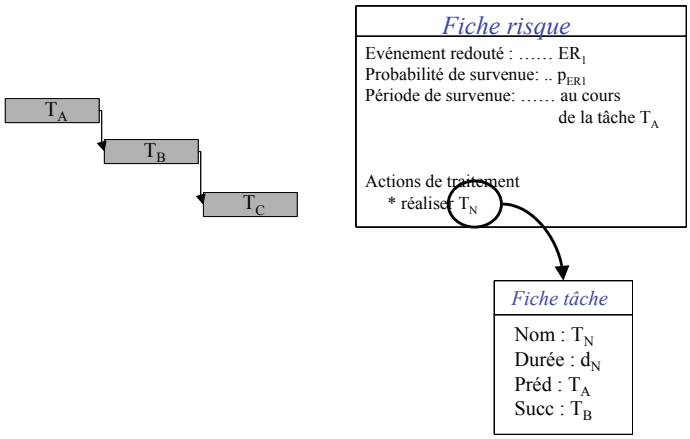


Figure 49. Indications contenues dans la fiche risque

Par ailleurs, ces modifications peuvent intervenir dans des configurations différentes (voir Tableau 2) à savoir un sous-graphe série, un sous-graphe parallèle et, par conséquent, nécessiter une modélisation particulière à chaque cas. Les différences majeures interviennent dans la gestion des liens de précédence entre les activités, comme indiqué dans le Tableau 3.

Type d'activité	Action à réaliser		
	Réaliser une action nouvelle	Supprimer une action planifiée	Remplacer une action par une autre action
Sous-graphe série	(a)	(b)	(e)
Sous-graphe série parallèle	(c)	(d)	(f)
Sous-graphe généralisé	(g)	(h)	(i)

Tableau 2. Typologie des configurations étudiées (Source : nos travaux)

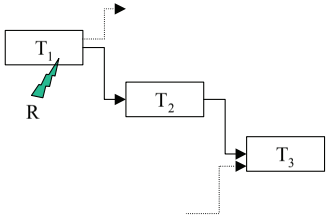
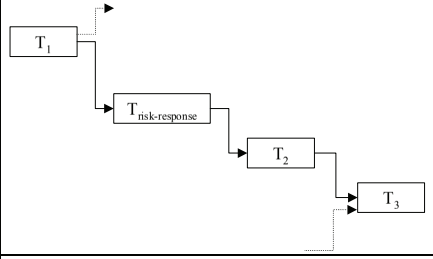
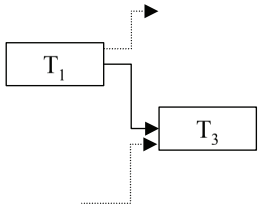
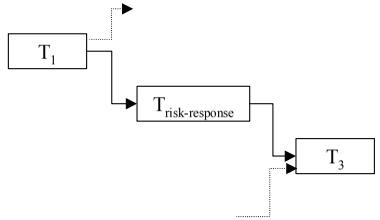
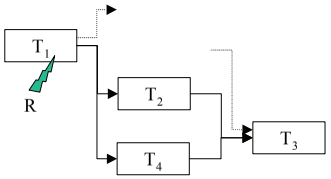
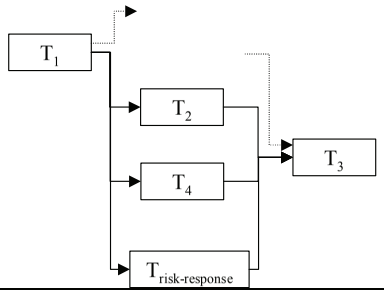
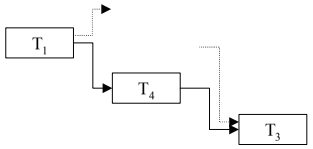
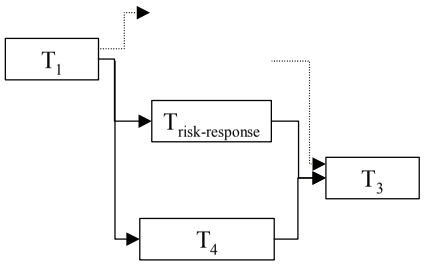
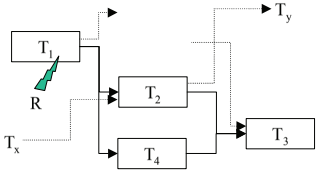
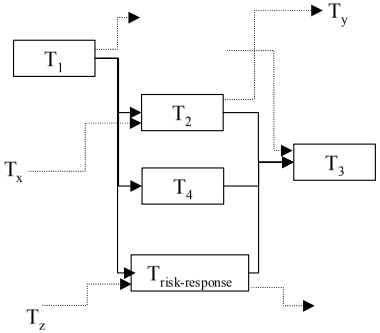
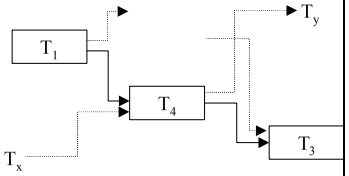
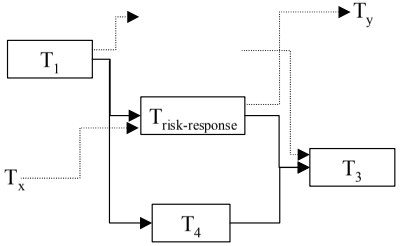
	Plan initial	(a)	(b)	(e)
Sous-graphe série				
	Plan initial	**(c)**	**(d)**	**(f)**
Sous-graphe série-parallèle				
	Plan initial	**(g)**	**(h)**	**(i)**
Sous-graphe généralisé				

Tableau 3. Modifications apportées au réseau (Source : nos travaux)

Un prototype informatique, basé sur un **modèle de simulation pour la planification avec risques,** a été développé pour valider les propositions effectuées. Son architecture est décrite Figure 50. Il s'appuie sur le logiciel Microsoft Project pour effectuer les calculs de date et sur un module de simulation (@Risk for Project) pour générer les estimations de durée du projet (distributions de durée).

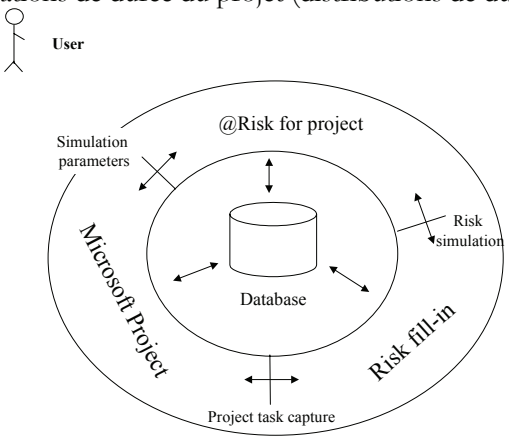


Figure 50. Architecture du prototype informatique

A l'heure actuelle, le modèle fonctionne uniquement sur la base de variables discrètes (binaires : survenue ou non d'un risque), mais le choix de la méthode Monte Carlo permet de prolonger l'utilisation du modèle dans une perspective d'intégration de variables continues (durée des tâches, utilisation des ressources, etc.).

IV.4.3 Résultats

Ces travaux ont fait l'objet d'une expérimentation dans le cadre d'une mission industrielle. L'entreprise partenaire travaille dans le secteur du traitement thérapeutique et l'accompagnement concernait la conception et le déploiement du plan directeur industriel à 5 ans du site. L'étude du plan directeur comportait l'analyse détaillée des flux logistiques sur l'ensemble du portefeuille de produits et la définition de nouvelles installations afin d'observer les évolutions à 5 ans.

Nous avons pu expérimenter ce dispositif, en première intention, en accompagnant le pilotage de ce projet sur une durée de 3 ans. Une partie des résultats est présentée dans la thèse de S. Bakir [2001].

Ensuite, nous avons souhaité étendre le domaine couvert par RiMaProcSync en nous intéressant à l'ensemble du pilotage de projet et non plus uniquement au processus de planification. L'objectif a été d'élargir le domaine couvert par l'analyse des risques afin de prendre en compte l'ensemble des dimensions du projet. Nous avions par ailleurs la volonté d'aborder la problématique de l'application des techniques de management de projet classique au cas de la conduite de projets multipolaires. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés aux projets partagés menés par des groupements de PME et avons prolongé les réflexions dans ce cadre.

En nous appuyant sur un groupement de douze PME Midi-pyrénéennes, nous avons complété les propositions concernant RiMaProcSync en englobant l'ensemble du périmètre projet réparti sur les entreprises impliquées. C'est donc l'ensemble des dimensions du pilotage de projet qui sont concernées par l'architecture de synchronisation des processus, comme indiqué Figure 51. Ce travail fait l'objet de la thèse de C. Villarreal [2005].

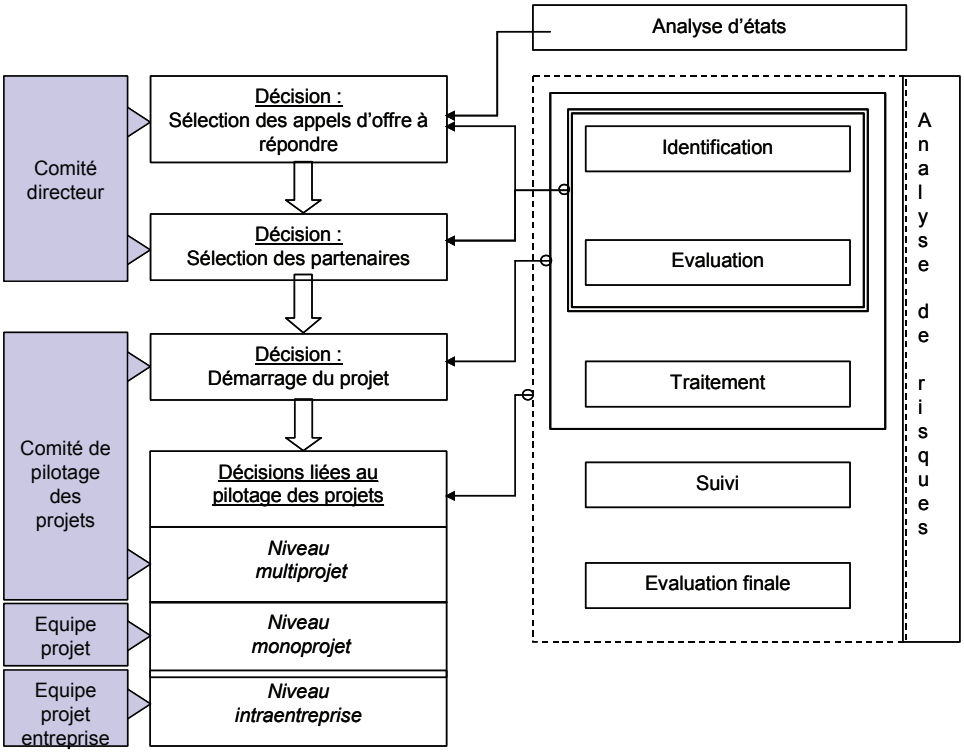


Figure 51. Extension du processus RiMaProcSync au pilotage des projets partagés [Villarreal, 2005]

On retrouve également dans cette extension la définition des rôles des parties prenantes au projet (comité directeur, comité de pilotage, équipe projet). Une analyse particulière a été effectuée, dans ce cadre, afin de clairement distinguer les types de décisions associés à chacun des acteurs.

Une typologie des risques spécifiques de ce type d'organisation couplée à une grille d'analyse des états possibles des organisations multi polaires gérant en multi projets, a été proposée. La grille d'analyse présente trois dimensions caractéristiques :

- la dimension projet, caractéristique du nombre de projets menés en parallèle et donc des difficultés d'organisation afférentes ;
- la dimension implication des partenaires dans l'organisation multi polaire, pour mesurer l'implication des PME dans les projets en cours ;
- la dimension activités partagées, qui indique l'existence d'activités partagées autres que celles directement associées à un projet (par exemple formation commune).

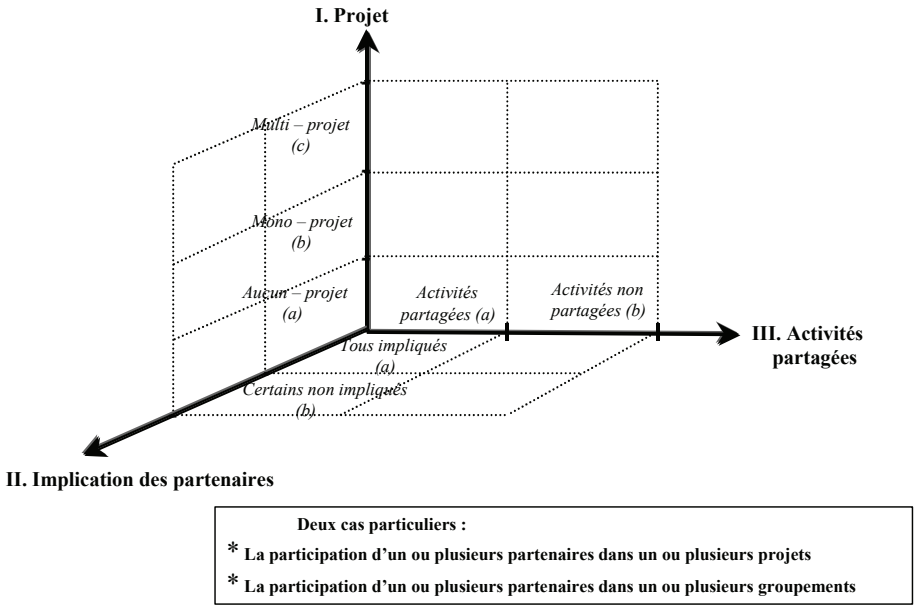


Figure 52. Typologie des états projets-groupement

IV.5 CAPT-RISK : une méthode pour capitaliser les connaissances risques - application à la construction d'une typologie des risques dans les projets de développement de nouveaux médicaments

IV.5.1 Plusieurs classifications des risques

Diverses classifications des risques existent, suivant que l'on s'intéresse aux activités industrielles, au transport aérien ou spatial, aux activités nucléaires. Pour autant, dans le cadre des projets, une méta classification peut s'effectuer selon les impacts générés par la survenue du risque, selon qu'ils sont budgétaires, calendaires ou qualitatifs sur la performance du produit final. Ce type de classification présente des limites, car le même risque peut présenter des impacts à la fois de délai mais également de coût (risque de destruction d'un sous-ensemble entrant dans l'assemblage du système final). C'est pour cela que d'autres typologies de risques ont été développées. Distinguons les classifications qui concernent des projets :

- de secteurs particuliers : projets de développement informatique [Carr et al., 1993], de système d'information ([Info, 1999], [Barki et al., 1993]), de construction [Tah, 2001], projets d'exportation et contrats de vente [Lamand, 1993] ;
- ou tous secteurs confondus [AFNOR X50-117, 2003], [Miller et Lessard, 2001], [Floricel *et al.*, 2001], [Peillon, 2001], [PmBoK, 2000], [Courtot, 1998], [Jullien, 1995], [Carter et al., 1994], [Mira, 1993].

La construction de classifications des risques n'est pas une tâche nouvelle : les travaux bibliographiques de Carmen Villarreal (2004) et de [Bourdeau et al., 2003] permettent de disposer d'une vue synthétique de ces avancées, notamment dans le domaine de la gestion de projet.

IV.5.2 Le besoin

Comme nous l'avons indiqué plus haut, l'analyse des risques d'un projet débute par un travail d'identification des événements redoutés. L'équipe projet est bien souvent démunie pour mener cette étude car :

- elle intervient alors que le projet n'a pas encore débuté, phase amont d'étude de faisabilité et d'étude d'opportunité d'une réponse à appel d'offre. Ainsi, les données relatives au projet sont très peu nombreuses et pour autant, c'est bien le résultat de cette analyse qui va aider à la prise de décision ;

- le temps à y consacrer est faible et les experts sont peu disponibles ;
- le travail de l'équipe d'analyse doit être effectué à partir d'une feuille blanche ;
- les projets sont longs, ce qui ne facilite pas l'acquisition d'expériences nombreuses pour les chefs de projet ;
- les projets sont complexes, tant sur le plan de l'objet que de l'organisation déployée : les acteurs sont nombreux avec des compétences, expériences et cultures hétérogènes, des regards différents mais complémentaires.

La mise en place d'une typologie de risques spécifique aux activités et projets de la société est de notre point de vue une réponse appropriée à ces difficultés. Plus qu'une simple liste des événements redoutés, une véritable mémoire sur les risques. Celle-ci doit comporter entre autres les catastrophes, les événements vécus et évités, le contexte de survenue (type de projet, causes identifiées), les actions (envisagées, réellement menées), les raisons des choix effectués, les effets réels, les coûts et délais des actions. En d'autres termes elle doit comporter toutes les informations utiles pour alimenter la réflexion lors des phases ultérieures du processus de gestion des risques.

Ce travail a pour objectif de proposer une démarche de collecte et de structuration des connaissances risque. Il s'agit dans un premier temps de s'appuyer sur les expériences de l'ensemble des parties prenantes des projet, adoptant ainsi délibérément une approche multi expertise et multi projets.

La capitalisation des risques est, à notre avis, un concept distinct de celui de la gestion des risques. Certaines méthodes de gestion des risques proposent de travailler une phase de capitalisation des risques (ou de retour d'expérience) au cours de leur démarche. La plupart du temps, elles ne développent pas la façon dont cette capitalisation doit être menée : doit-on la mener tout au long de la démarche ?, est-elle une phase à part entière qui est exécutée cycliquement?, intervient-elle en fin de projet ? De même, les manuels de présentation de ces méthodes restent très discrets sur les outils proposés pour assurer la capitalisation.

Pour ma part, je pense que la capitalisation des risques prend tout son intérêt avant même de lancer toute démarche de mise en place d'une gestion des risques. Elle permet de constituer un référentiel des risques au niveau de l'entreprise. Elle doit, ensuite, se poursuivre en parallèle des projets réalisés et des analyses de risques établies sur ces projets pour s'autoalimenter. Cela consiste en l'ajout de nouveaux risques ou connaissances afférentes, mais également en l'administration des informations connues. En effet, certains risques "historiques" ne sont peut-être plus d'actualité (dus par exemple à une évolution des technologies utilisées) et donc il convient de minimiser leur influence dans une analyse. Ainsi, il existe continuellement un travail de vérification de la péremption des informations stockées. La capitalisation, vue comme un processus à part entière, doit servir à alimenter le processus de gestion des risques et les acteurs qui y jouent un rôle. Nous proposons donc de regrouper les processus de capitalisation et de gestion des risques dans une approche de gestion globale du risque (voir Figure 53). Cette approche distingue deux parties relatives :

- à une démarche multi projet de gestion des connaissances risque ;
- à une démarche mono projet, donc spécifique à un projet étudié, mais alimentée par la réflexion multi projet

Les interactions entre ces deux parties sont illustrées Figure 53.

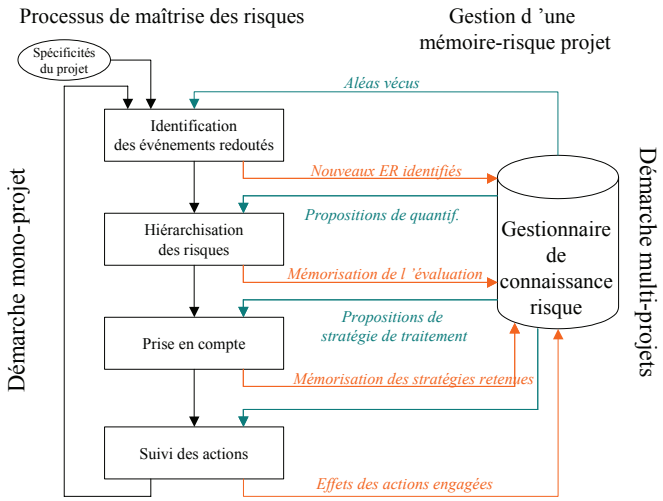


Figure 53. Relations entre la mémoire-risque et le processus de management des risques

L'approche proposée ici se veut être à destination de consultants ou de gestionnaires des connaissances chargés de recueillir, formaliser et mettre à disposition pour assurer la diffusion et le partage des connaissances détenues isolèment par chacun des acteurs projet. Les résultats produits par sa mise en œuvre (mémoire risque) sont alors utilisables par chacun des acteurs projet.

IV.5.3 Le recours aux connaissances métier

La capitalisation des connaissances risque s'inspire des travaux de l'ingénierie des connaissances. Plusieurs approches en ingénierie des connaissances existent (Charlet *et al.*, 2000). L'auteur propose une classification comportant :

- les approches coopératives de construction progressive des connaissances, telles que les mémoires d'entreprise ;
- les approches par modélisation descendante, basées sur des modèles préalables qui sont ensuite instanciés sur chaque situation. On retrouve dans cette catégorie des méthodes comme MASK ou MKSM ;
- les approches ascendantes basées sur l'induction de nouvelles connaissances à partir d'informations semi-structurées. Citons dans cette catégorie les méthodes KADS, CommonKADS qui proposent des modèles génériques à partir desquels on peut interpréter les données recueillies auprès des experts. Les applications de Case Based Reasonning font également partie de cette catégorie.

Dans le cas des projets, la capitalisation des connaissances risque passe par la sollicitation d'acteurs de métiers et d'expertises différentes. Citons pour mémoire : les métiers du projet (chef de projet, planificateur, estimateur, etc.), les métiers scientifiques, techniques porteurs de l'expertise sur l'ouvrage réalisé. Une étude menée sur les organisations matricielles a permis de montrer les différences de perception du risque, mais aussi les complémentarités qui existent suivant la position des acteurs (hiérarchie, métier, niveau de décision) [Gourc et al., 1999].

La gestion des connaissances multi-expertes sur un même sujet ou objet (ici le risque) est une des difficultés majeures de ce travail. Chacun des acteurs, experts est susceptible d'avoir un point de vue sur le même risque ou le même aléa rencontré. Il convient dans la phase de recueil des connaissances de tenir compte de ce constat en développant une démarche coopérative impliquant chacun des acteurs-métiers autorisant la construction de nouvelles connaissances. C'est pour cela que j'ai proposé une approche incrémentale et consensuelle de recueil des connaissances.

Les risques étant majoritairement aux interfaces, nous proposons, pour éviter le cloisonnement entre métiers, d'aborder cette phase de recueil des connaissances risques en quatre étapes :

- d'abord, un travail consensuel à l'intérieur d'une spécialité (métier) ;

- couplée ensuite avec une approche incrémentale entre spécialités pour caractériser les événements redoutés ;
- ensuite, un travail incrémental et consensuel avec les chefs de projet pour relativiser les impacts ;
- et enfin, la recherche des facteurs d'incidence.

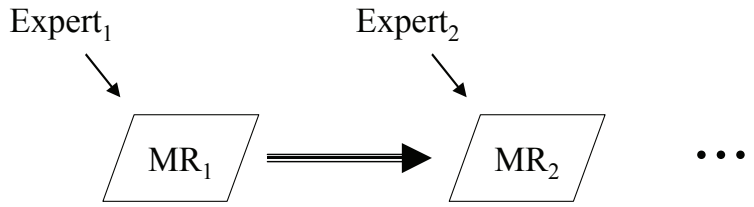


Figure 54. Modèle incrémental d'acquisition des connaissances risque

IV.5.4 Résultats

La démarche CAPT-RISK comporte quatre phases :

- prise de connaissance – Création de la Core Team CAPT-RISK ;
- identification des experts – Création des groupes de travail ;
- recueil des connaissances auprès des experts suivant une approche incrémentale et consensuelle ;
- structuration des connaissances afin de les rendre exploitables.

Cette démarche a été élaborée lors d'une étude industrielle pour créer une typologie des risques adaptée aux projets et aux pratiques de la société. L'entreprise, du secteur pharmaceutique, souhaitait compléter sa démarche de management des projets de développement de nouveaux médicaments par un processus de management des risques. Afin de fiabiliser la démarche et d'assurer une efficacité immédiate aux analyses menées, une phase de recensement et de recueil des données sur les risques des projets antérieurs a été engagée. Les objectifs fixés étaient entre autres de permettre aux équipiers projet :

- d'éviter de faire les mêmes erreurs ;de favoriser les choix opportuns ou saisir les bonnes opportunités ;
- d'anticiper les événements redoutés ;
- de favoriser la réactivité des équipes projet.

Les bénéfices de la mise en œuvre de cette démarche ont été divers :

- l'obtention d'une liste des événements redoutés et d'une typologie adaptée à l'entreprise. Le déroulement de la méthode a permis de faire émerger de nombreux risques dans chacun des métiers. Une analyse consensuelle a finalement abouti à l'élaboration d'une liste réduite de 80 risques génériques applicables à chaque futur projet. Cette liste générique a pu être utilisée comme base de travail pour l'analyse des nouveaux projets.
- l'identification d'éléments précurseurs de chaque risque exprimés sous forme d'une matrice d'incidence ;
- la relativisation des risques entre les métiers ;
- l'établissement de liens entre les éléments précurseurs et la performance finale du projet ;
- l'amélioration de la maturité des équipes projet et la réconciliation des axes expert et projet ;
- l'alimentation continue de chacune des phases du processus de management des risques, comme indiqué Figure 53.

Outre l'application industrielle qui a conduit à développer cette méthodologie, d'autres travaux sont venus compléter l'approche et valider ses concepts fondateurs. Citons par exemple, le stage de fin d'études de A. Piffaudat (2004), les travaux de DEA de C. Lluis(1998) et F. Escoubeyrou (1998).

IV.6 Bilan : production scientifique sur cette thématique

Nous avons développé ces travaux en relation avec différents secteurs d'activités allant du développement de systèmes d'information au développement pharmaceutique en passant par l'ingénierie. Dans ces systèmes sociotechniques où les projets sont sensibles et où le pilotage est réputé difficile, nos propositions ont permis d'améliorer la qualité du pilotage.

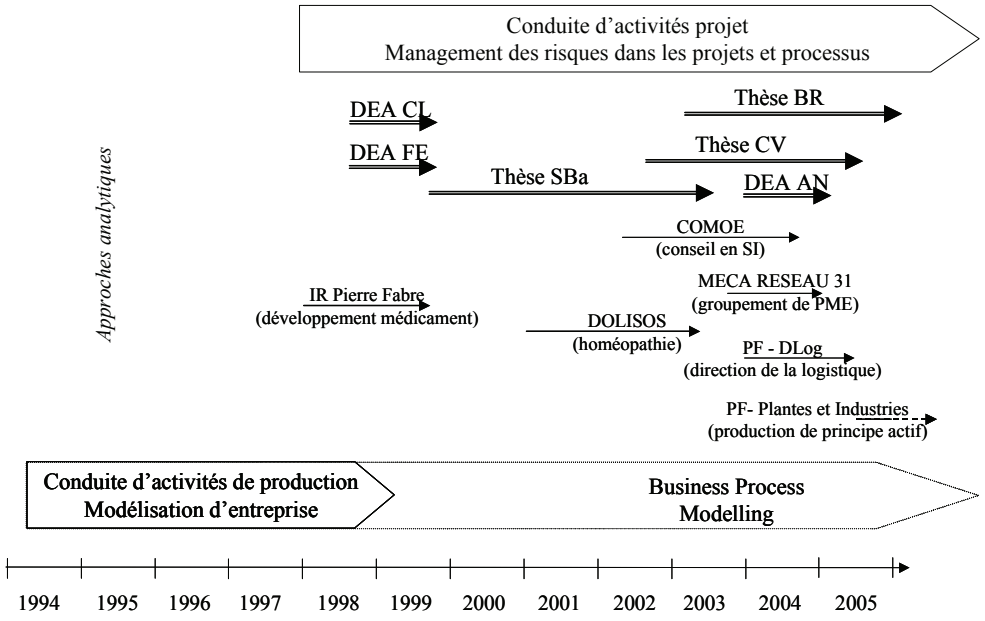


Figure 55. Elèves-chercheurs encadrés et relations industrielles sur ce thème

En conclusion, la production scientifique sur ce sujet a été finalisée dans :

2 articles publiés en 2004, 1999

9 communications présentées dans des congrès internationaux depuis 1999

7 conférences dans le cadre de colloques depuis 1999

3 thèses encadrées ou en cours [Th3][Th4][Th5]

3 DEA encadrés [DEA2][DEA3] [DEA5]

7 contrats et relations industrielles (Pierre Fabre - Direction de la Logistique, Pierre Fabre – Plantes et Industries, Comoe, Pierre Fabre Dermo-Cosmétique-Direction des Projets, MECA RESEAU 31, Dolisos, Institut de Recherche Pierre Fabre)

CHAPITRE V -
Vers l'application des concepts de risque à la modélisation et au pilotage des processus métiers

Au cours de ces dix dernières années, j'ai successivement abordé les deux domaines de la production et du projet.

Dans une première phase (1994 – 1998), je me suis intéressé à la modélisation d'activités en vue de réaliser le diagnostic d'un système de production industrielle, et d'identifier les dysfonctionnements dans une logique de réingénierie. J'ai porté un regard plus particulier sur le système de conduite, et notamment sur les processus de conduite nécessitant l'intervention humaine.

Dans une deuxième phase (1998 - …), j'ai étendu cette problématique au pilotage d'activités comportant une plus grande part d'inconnu pour intégrer des dimensions nouvelles liées au facteur d'innovation, à l'incertitude sur le futur, aux phénomènes aléatoires et aux risques. C'est ainsi que j'ai orienté mes travaux de recherche sur les modes d'organisation par projet en m'intéressant à la prise en compte des risques dans le pilotage des projets.

Après avoir transposé, dans un premier temps, au pilotage d'activités projet certains schémas de pensée développés dans le domaine de la modélisation et du pilotage de systèmes industriels (cf. modélisation systèmique du projet), j'ai tenté, dans un deuxième temps, d'ensemencer le domaine de la modélisation et du pilotage des processus des concepts de risque.

Ce chapitre est consacré à la présentation des recherches et premiers résultats de ce deuxième temps. Il comporte une rapide analyse comparative des similitudes et différences entre les concepts de projet et de processus (V.1) pour ensuite positionner mes travaux sur ce thème (V.2).

Ce chapitre est le reflet de réflexions menées récemment. Je présente dans un premier temps un rapide bilan des résultats obtenus. Ces premiers travaux m'ont amené à identifier des pistes de recherche intéressantes que je présenterai dans le chapitre perspectives (CHAPITRE VI -)

V.1 Risques et processus : origine de cette piste de recherche

L'origine de cette réflexion coïncide avec la rencontre de partenaires pour le montage d'un dossier de projet RNTL (2003). Ces partenaires industriels étaient intéressés par le développement d'une architecture de pilotage adaptée aux processus métiers à forte répétitivité comme ceux de facturation au sein d'un grand groupe, de commande-livraison ou de gestion d'interventions). En général, ce type de processus est automatisé par des outils relevant de la technologie workflow qui permettent de définir un modèle de processus qui sera instancié des dizaines, des centaines, voire des millions de fois, comme par exemple un processus de commande-livraison ou un processus de facturation.

Les échanges qui ont lieu à cette occasion m'ont permis d'identifier des besoins spécifiques de pilotage de ces processus par les risques. Je me suis alors interrogé sur l'opportunité et l'applicabilité des mes travaux sur le risque en projet à ce domaine. Ce domaine était à la fois nouveau - car non encore exploré - sur le thème de l'application des méthodes de gestion du risque, mais toutefois connu car proche de mes travaux antérieurs.

J'ai ainsi orienté un sujet de recherche avec une stagiaire de DEA [DEA6] pour identifier les similitudes entre les notions de processus et de projet. Plusieurs points de similitude ont ainsi été identifiés à cette occasion, me confortant dans cette piste de recherche (objectif établi et partagé, sa réalisation répond à un

besoin particulier, mobilisation de ressources et de compétences spécifiques, enchaînement ordonné d'actions ou de tâches). Toutefois, nombreuses ont été les différences observées qui nécessitaient des adaptations et développements spécifiques de mes travaux.

Voir les travaux de DEA de Y. BEN ZAIDA [2004] qui propose une analyse comparative sur la base d'une liste de caractéristiques tels que : objectifs définis, ressources mobilisées, indicateurs pour le pilotage, processus décisionnels. Le Tableau 4 présente une partie des critères utilisés pour établir cette comparaison entre les deux concepts.

Critère	Projet	Processus
Nature des activités	Temporaires non répétitives	Courantes et répétitives
Nombre d'exécution	Une seule exécution	N fois non déterminées
Nature du travail	Travail de groupe	Travail de groupe
Acteurs	Plusieurs acteurs à responsabilités différentes	Plusieurs acteurs à responsabilités différentes
Equipes de travail	Temporaire	Permanente
Mode de couverture	Transversale	Transversale
Durée de réalisation	Finie	Finie
Nature des décisions	Irréversible, sur certains types de projets peut être réversible	Irréversible
Degré d'incertitude	Incertitude forte	Incertitude faible
Environnement	Très incertain	Connu, spécifique et régulier
Nature de la succession des tâches	Flexible	Systématique
Enjeux	Satisfaction du besoin	Qualité
Contraintes	Délais, coût, qualité	Délais, coût
Importance de la schématisation	Très importante	Capitale
Importance de l'information	Capitale	Capitale
Degré d'automatisation	Faible	Important : parfois le processus est totalement automatisé
Rôle des systèmes d'information	Aide à la décision, tableau de bord…	Aide à la décision pilote

Tableau 4. Comparaison entre les concepts de projet et de processus [Ben Zaida, 2003]

L'étude s'est appuyée sur les éléments du dossier RNTL PRIMUS et d'une application à un processus métier interne à l'Ecole.

Par ailleurs, il faut noter que préalablement à cette réflexion, j'avais abordé cette même question dans le cadre du groupe de travail "Méthode de Réorganisation Industrielle" piloté par L. Berrah.

En résumé, que l'on s'intéresse au système de production ou au projet, les concepts d'activité, de processus, de ressource, de conduite sont omniprésents.

V.2 Vers la prise en compte des risques dans la modélisation et le pilotage des processus (2003 - …)

V.2.1 Contexte et besoins

L'entreprise est le lieu de nombreux processus métiers qui s'exécutent simultanément et/ou de manière collaborative. Leur interopérabilité, tout comme leur robustesse ou leur efficience, sont des propriétés qui

doivent être assurées afin de satisfaire les indicateurs de performance établis. Dans le contexte fortement concurrentiel que rencontrent les entreprises, celles-ci doivent pouvoir suivre et maîtriser l'exécution de leurs processus métier et les faire évoluer. Ainsi, de nombreuses entreprises se sont engagées dans une démarche d'amélioration continue de leurs processus par des approches telles que SPICE[1] ou CMMI[2]. Ces approches sont basées sur la capitalisation des bonnes pratiques de l'entreprise et se traduisent notamment par un référentiel de processus de l'entreprise qui permet de diffuser la connaissance des différents métiers au sein de l'entreprise et par des évaluations de la mise en œuvre de ces processus dans un but d'améliorer les pratiques (par conséquent de faire évoluer les processus).

Différents risques, liés, par exemple, à l'indisponibilité de ressources humaines ou informatiques ou à l'évolution rapide des technologies, peuvent perturber le déroulement d'un processus métier. Il est primordial pour l'entreprise de pouvoir évaluer et maîtriser ces risques. Cela lui permet d'agir à temps, en mettant en place des actions préventives ou correctives visant à réduire ou supprimer ces risques. Les entreprises souhaitent ainsi assurer le bon déroulement des processus et, finalement, garantir la qualité du service rendu au client.

L'analyse et la gestion des risques sont au centre des préoccupations majeures des entreprises, et leur importance s'est encore accrue récemment. A la suite des événements du 11 septembre, le Gartner Group a organisé un symposium sur "Crisis management[3]" qui a présenté les enjeux économiques liés à la gestion des risques. D'autres études (Adrisk 2005) ont montré la faiblesse des grandes sociétés du CAC40 en termes de gestion des risques, notamment concernant les risques financiers, "de marché" ou juridiques. Cette même étude montre le souhait de la part de ces entreprises de combler cette lacune et a noté depuis quelques années de grosses évolutions. La gestion des risques est indéniablement un thème en fort développement.

En effet, quel que soit le secteur d'activité, de nouvelles réglementations sont apparues associant maîtrise des processus, traçabilité, maîtrise des risques et gestion des conséquences : "21CFR Part11" dans l'industrie pharmaceutique, "Patriot Act" dans la banque, directives "Seveso" dans la chimie…

Ainsi, il devient vital pour l'entreprise de disposer de méthodes et d'outils permettant de modéliser les processus et les risques associés, d'instancier ces processus avec leurs risques, et enfin de piloter ces processus en fonction des risques évalués tout au long de leur exécution.

Certains outils de Business Process Modeling (BPM), comme par exemple ARIS, proposent depuis peu d'intégrer des fonctions basiques de modélisation des risques dans les processus.

V.2.2 Bref état des lieux

La modélisation des processus et le pilotage des processus sont des domaines relativement récents, mais qui trouvent leur essor notamment avec la modélisation d'entreprise (groupe de travail du GRP[4], GdR MACS[5] du CNRS), la normalisation ISO 9000 version 2000, la standardisation OMG (SPEM). Dans le même temps, devant la rigidité des noyaux d'ERP et la limite de l'utilisation des mécanismes de paramétrage pour adapter le fonctionnement de l'ERP aux processus de l'entreprise, les éditeurs de solutions informatiques se tournent vers les solutions de workflow pour piloter leurs outils de gestion industrielle.

---

[1] Software Process Improvement and Capability dEtermination est un modèle de maturité accompagné d'une méthode d'évaluation proposés par l'ISO (ISO 15504).

[2] Capability Maturity Model Integration, modèle d'évaluation de la maturité des processus logiciel développé par le Software Engineering Institute.

[3] "*Disasters and other events that stop normal business processes require that management take immediate action to ensure the health and safety of personnel, and the viability of the enterprise*" (Les désastres et autres événements susceptibles de mettre en péril les processus d'entreprise requièrent que le management prenne immédiatement des mesures pour assurer la santé et la sécurité du personnel ainsi que la viabilité de l'entreprise).

[4] Groupement de Recherche en Productique

[5] Groupe de Recherche - Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques

Le management des risques connaît également un essor important depuis quelques années notamment sous l'influence des accidents industriels (Bhopal, AZF Toulouse...) ou criminels (World Trade Center, etc.), d'incendie, d'inondations,…. des réglementations édictées. Le management d'entreprise et de projet s'intéresse également à ce domaine pour gérer au mieux tous les risques inhérents à la prise de décision d'investissement et à la réalisation des activités. Une limitation majeure des systèmes de workflow est qu'ils peuvent seulement s'appliquer à des processus simples et prévisibles, mais pas à des processus changeant dynamiquement en cours d'exécution, du fait de l'apparition de risques non prévus, comme l'on en rencontre souvent dans beaucoup d'organisations.

On retrouve sur chacun de ces domaines pris séparément des travaux et publications académiques de plus en plus nombreux. Cependant, aujourd'hui aucun des travaux identifiés ne se situe à l'intersection de ces deux domaines.

V.2.3 Postionnement du projet RNTL

Les objectifs du projet RNTL étaient l'étude et l'outillage des mécanismes de pilotage des processus par les risques. Le but du projet était de définir une démarche de pilotage de processus et d'offrir un outillage associé (voir Figure 56) permettant au pilote du processus de suivre l'évolution des risques sur son processus afin de l'aider dans son pilotage. Pour cela dans un premier temps, le processus sera modélisé en intégrant notamment la **modélisation** des risques qui peuvent affecter l'atteinte des objectifs du processus. Ensuite, l'outillage permettra **l'instanciation** du processus et des risques associés avant d'en assurer le **pilotage**. Les risques peuvent intervenir à ces trois niveaux : au niveau de la modélisation du processus, au niveau de l'instanciation du processus, au niveau du pilotage du processus.

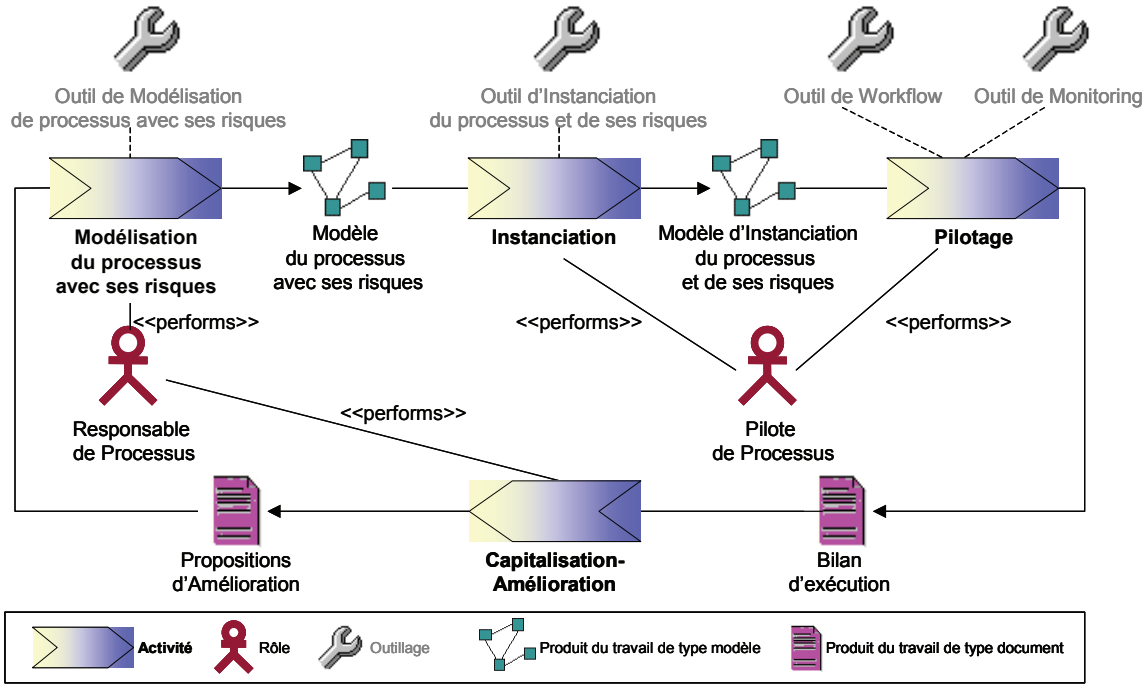


Figure 56. Cycle de vie d'un processus managé par les risques (la représentation utilise le formalisme SPEM) (source : dossier de projet RNTL PRIMUS)

L'outillage développé s'applique particulièrement aux processus métiers (par exemple, intervention, commande-livraison, facturation, etc.) présentant une forte répétitivité. En général, ce type de processus est automatisé par des outils relevant de la technologie workflow qui permettent de définir un modèle de processus qui sera instancié des dizaines, des centaines, voire des millions de fois, comme par exemple un processus de commande-livraison ou un processus de facturation.

Les systèmes de workflow permettent classiquement de modéliser et d'automatiser les processus métiers, d'assurer le contrôle des échanges de documents et informations entre participants et de piloter la réalisation des processus conformément à un ensemble de procédures préalablement établies. Un workflow peut être défini comme une collection de tâches organisées pour accomplir un processus métier. Il distingue les activités à réaliser dans les tâches, les rôles des participants, les règles et les procédures d'exécution. L'activation des tâches du processus est guidée par une logique d'enchaînements prédéterminés permettant d'exprimer les contraintes de précédence qui sont figées (caractère obligatoire) ou conditionnelles (en fonction de certains paramètres). Ces paramètres sont essentiellement liés aux objets manipulés par le processus. Par exemple, si le paramètre choisi est le montant de la demande d'investissement, le workflow suivra l'un des deux sous-processus alternatifs préalablement identifiés suivant la valeur de ce paramètre. Les événements liés aux risques relatifs au pilotage du processus ne sont pas pris en compte ; ces risques pouvant être endogènes ou exogènes au processus et à son pilotage.

Le mode de définition des processus de l'entreprise peut, dans certains cas, être un facteur déstabilisant quant au respect de ces propriétés et à leur vérification. Ainsi, suivant que l'ensemble des processus sera conçu simultanément lors d'une démarche d'ingénierie complète (ou de réingénierie) ou bien de manière incrémentale par ajouts successifs de nouveaux processus qui viennent compléter la panoplie de ceux déjà existants, l'effort n'est certes pas équivalent. En outre, l'ajustement des processus au fur et à mesure des problèmes soulevés risque d'entraîner des déviations.

Il s'agit d'un changement majeur dans la méthodologie de modélisation d'applications métiers par un système de workflow. Dans le cadre d'un projet workflow classique, une méthode par prototypages successifs est en général utilisée. La première itération concerne la modélisation globale du processus et son fonctionnement dans le cas "nominal" couvrant environ 80 % des besoins. Les itérations suivantes concernent en général la "jouabilité" de l'application (adaptation fine de l'ergonomie aux différents profils d'utilisateurs et à leurs tâches dans le processus) et la couverture des 20 % de cas exceptionnels. Ces cas exceptionnels sont identifiés de manière empirique, alors qu'ils relèvent d'une analyse systématique des risques. Au bout du compte, il en ressort des modèles de processus "spaghetti".

V.2.4 Positionnement du travail de DEA

Dans le cadre du stage de DEA, notre objectif était de développer une méthodologie permettant d'analyser tout processus métier, précédemment modélisé, selon le regard des risques et d'inclure dans le workflow associé la modélisation des stratégies de traitement. Cela revient à compléter le processus nominal par les actions de traitement des perturbations identifiées.

L'analyse des perturbations possibles sur un processus métier nous a permis de dégager deux catégories de risques, suivant qu'ils sont liés :

- à la conception du processus métier et de son workflow ;
- à l'exécution du processus (instanciation et pilotage).

Les *risques liés à la conception* portent sur la structure même du processus. Ils correspondent le plus souvent à l'oubli d'une activité, l'existence d'activités redondantes, l'absence de canaux de transmission d'information. Ce dernier point revêt deux aspects importants suivant que l'information est utilisée pour assurer la collaboration des acteurs (information horizontale), ou bien pour effectuer le suivi du processus (information verticale). Dans les deux cas, un défaut de conception est le plus souvent à l'origine de sa manifestation.

Les *risques dépendant de l'exécution du processus* ont pour particularité de ne pas se réaliser de manière systématique lors de chaque exécution du processus, contrairement aux risques de la première catégorie. Ils sont véritablement dépendants de l'environnement, des conditions de réalisation. Ainsi, dans cette catégorie on retrouve par exemple l'absence d'un acteur au moment où il doit intervenir sur la validation d'une action ou d'un document.

Dans un premier temps, nous avons concentré nos efforts sur les risques liés à la conception du workflow, pour ensuite considérer le cas des risques d'exécution.

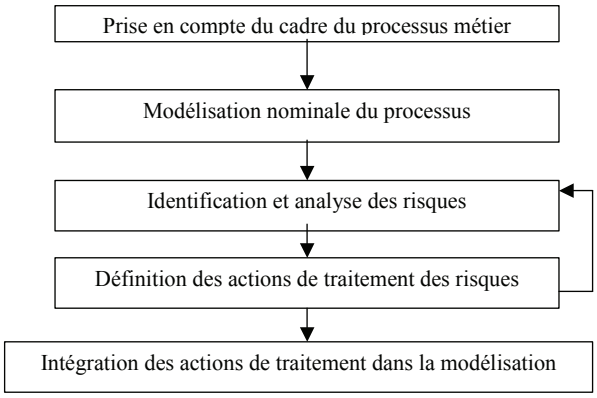


Figure 57. Démarche d'analyse d'un processus métier

La démarche, proposée Figure 57, s'appuie sur le processus nominal et vise à transformer le processus nominal en un nouveau processus intégrant "en dur" les actions de traitement des perturbations identifiées. Lors de l'exécution du processus, les variables d'état permettent de sélectionner les alternatives préalablement définies : réaliser une action de traitement ou poursuivre la réalisation normale du processus. L'application de la démarche présentée Figure 57 permet de traiter les risques liés à un défaut de conception et de répondre à quelques risques liés à l'exécution.

Cette solution n'est pas totalement satisfaisante. En effet, l'exécution du processus reste relativement statique, car guidée par la modélisation de celui-ci, même si l'intégration d'alternatives liées aux actions de traitement possibles apporte une forme de flexibilité. C'est pour cela qu'une deuxième étape devrait permettre de définir une gestion événementielle dynamique de réaction aux perturbations à n'importe lequel des stades du processus. Dans cette optique, la réaction aux types de perturbations préalablement identifiées pourrait être déclenchée lors de leur apparition réelle et non plus là où le concepteur a préalablement fait l'hypothèse de leur survenue. Le déclenchement serait ainsi dynamique et lié expressément à l'exécution du processus dans son environnement. Nous n'avons pas encore abordé cette problématique, mais envisageons de la traiter prochainement.

Cette gestion dynamique des perturbations rencontrées lors de l'exécution d'un processus est un réel besoin, afin d'apporter la flexibilité nécessaire au pilotage de processus risqués, tout en gardant une certaine lisibilité. Le moteur d'exécution du processus devient alors le gestionnaire d'exécution des actions de traitement des perturbations, il ne les active que lorsqu'elles sont rendues nécessaires et au moment opportun.

Dans les travaux que nous avons menés, c'est la modélisation du processus qui indiquait le moment opportun *a priori*.

V.3 Bilan

Les contacts et les réflexions engendrés par le montage de ce dossier de demande de financement RNTL ont été particulièrement déterminants. Ils m'ont en effet permis d'établir des liens et passerelles fortes entre les domaines de la production et du projet au travers de la notion de processus. Ainsi, les travaux que j'avais engagés et les résultats obtenus sur chacun de ces champs ont ainsi trouvé des prolongements intéressants que je vais développer dans le chapitre VI.

CHAPITRE VI -
Perspectives de recherche

VI.1 Introduction

L'objectif est ici de présenter les perspectives de recherche que j'envisage de traiter, dans la continuité des actions que j'ai engagées et menées jusqu'à ce jour. Pour présenter les orientations de recherche et les pistes majeures qui me semblent pertinentes de développer, j'utiliserai un double découpage qui repose sur :

- une logique temporelle permettant d'inscrire chacun des sujets dans un horizon de temps déterminé : long terme, moyen terme, court et très court termes ;
- une articulation descriptive des travaux permettant de situer les problématiques développées dans un contexte notamment industriel, initiant les besoins, et sur une thématique scientifique.

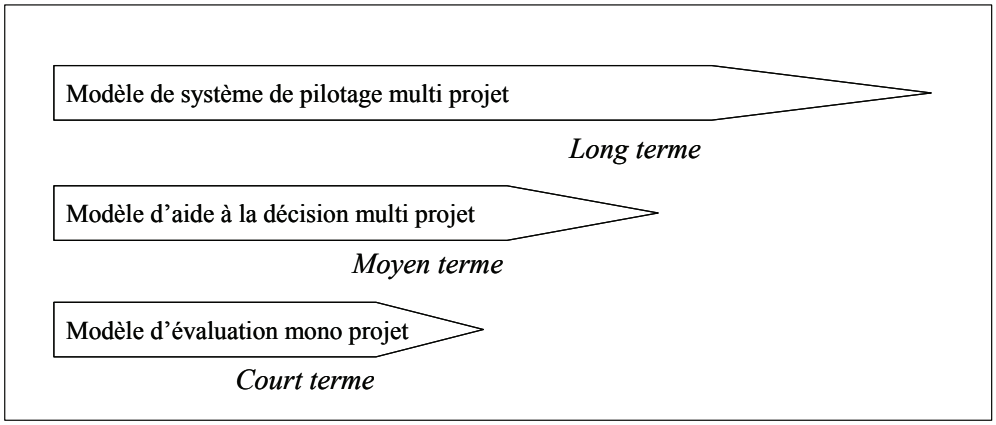


Figure 58. Eléments de temporalité de mon projet de recherche

J'envisage de développer mon projet sur trois horizons de temps, décrits Figure 58 :

- à long terme, je souhaite développer un modèle du système de pilotage multi projet intégrant les dimensions nouvelles des organisations industrielles ;
- à moyen terme, pour aboutir au modèle de pilotage visé à long terme, il me faudra construire un modèle d'aide à la décision multi projet Ce travail se nourrira des propositions et études effectuées sur les modèles d'évaluation et de pilotage mono projet, objet des pistes de recherche à court terme et alimentera les travaux à long terme. Ce travail devra tenir compte des dimensions classiques, concernant les aspects temporels, économiques, ressources et qualité, mais également des dimensions nouvelles comme la prise en compte des risques et les enjeux associés, leur perception par les individus, etc.
- à court terme, je souhaite étudier les éléments de la robustesse de l'organisation et du système de pilotage de projets et la relation aux risques. Ceci me permettra de finaliser l'élaboration d'un modèle d'évaluation et de décision appliqué au projet. Le but est de poursuivre les actions engagées et d'approfondir les propositions exposées dans ce mémoire. Les résultats attendus me permettront d'alimenter la réflexion sur la construction d'un modèle du système de pilotage d'un projet.

VI.2 Perspectives à long terme : vers un système multi dimensionnel destiné au pilotage multi projets dans un contexte multi polaire

Il est de plus en plus évident que l'on ne peut développer et proposer des modèles de pilotage, de décision sans s'intéresser à l'organisation sous-jacente et aux modes de fonctionnement des individus qui la constituent. Cela est d'autant plus vrai lorsque l'on intégre dans ces modèles la prise en compte des perturbations et de leurs effets sur la logique de pilotage. L'organisation de l'entreprise, et en particulier l'organisation projet, doit disposer d'une certaine robustesse pour anticiper ces phénomènes, mais surtout résister aux perturbations et assurer la continuité de ses missions malgré l'occurrence d'événements imprévus. S'intéresser aux systèmes de pilotage et à sa fiabilisation sous-tend de s'intéresser aux processus du projet que ceux-ci portent sur l'obtention de l'objet (livrable) ou sur le pilotage.

Nous gardons à l'esprit que les décisions de pilotage sont à prendre dans un environnement multi-dimensionnel et multi-polaire. Et c'est bien là l'objet de notre orientation de recherche, qui est d'intégrer l'ensemble des dimensions dans les modèles de pilotage de projets. On retrouve ces aspects dans le pilotage d'un projet, qui nécessite de s'intéresser à l'ensemble des activités, des acteurs, des objectifs, mais également lorsque l'on s'intéresse au pilotage d'un ensemble de projets ou portefeuille de projets.

Il nous semble par conséquent important d'intégrer dans nos réflexions les évolutions majeures sous-tendues par les changements sociétaux :

- l'émergence d'organisations multi polaires ;
- l'adoption de politiques multi projets pour optimiser l'utilisation des ressources et minimiser les niveaux de risque ;
- la nécessité de disposer de systèmes d'évaluation de projet, de décision et de pilotage intégrant l'ensemble des dimensions représentatives des nouvelles formes de projet.

VI.2.1 Vers des organisations multi polaires

Depuis quelques années, les formes organisationnelles autour des projets ont considérablement évolué, passant d'organisations unipolaires constituées d'une seule entité à des organisations multi polaires. Ces dernières reposent sur la mise en place de relations plus ou moins stables et durables entre entités ou entreprises de manière à partager, échanger, mutualiser des services et/ou compétences. Les relations ne sont plus uniquement orientées, comme celles classiques de mandant – mandataire (ou donneur d'ordre – sous-traitant), mais s'inscrivent plus dans une logique partenariale.

Celles-ci peuvent s'inscrire dans différents types de coopérations telles que les coopérations intersectorielles, les coopérations verticales, les coopérations horizontales, les coopérations entre "complémenteurs" ou coopérations diagonales [Ben Mahmoud-Jouini et al., 2004]. Les variantes opérationnelles s'appellent alliances stratégiques, "joint-ventures", groupements de PME, réseaux d'entreprises. Par exemple, dans le cas des réseaux d'entreprises, où les liens sont plus flexibles que dans les alliances stratégiques entre grands groupes, ces nouvelles formes d'organisations mettent l'accent sur la complémentarité des activités et la non-similarité des compétences [Burlat, 2002].

Le mode projet est bien un exemple de ce type d'organisation. Il met en relation des acteurs de métiers différents autour d'un objectif commun, au travers par exemple de structures matricielles. Cette relation n'a pas vocation à s'établir dans la durée, mais à se dissoudre dès le projet terminé. De nouvelles formes de projet inter-entreprises voient également le jour : projets de "license" entre laboratoires pharmaceutiques et/ou startups biotechnologiques, projets de codéveloppement, projets partagés entre PME constituées en groupement…

Ainsi, le projet devient plus que jamais un lieu virtuel de conception distribuée reposant sur une organisation multi polaire multi culturelle. Multi polaire car face aux enjeux économiques et concurrentiels, le développement de coopérations interentreprises est une des réponses pour supporter :

- l'exploration et l'intégration de champs de connaissances de plus en plus diversifiés pour réagir à la complexité croissante des produits ;
- le recentrage des acteurs sur leur métier de base et l'affirmation d'un courant de spécialisation et d'externalisation stratégique.

Organisation multi culturelle entre autres, parce que les projets ne se conçoivent plus à l'échelle du territoire régional ou national. Les besoins et les clients sont au niveau international, tout comme les compétences pour y répondre. Les grands projets internationaux, par exemple dans les secteurs comme l'aéronautique, le spatial, la recherche nucléaire, préfigurent ce qui va se passer sur des projets de taille plus modeste.

Mais également multi culturel, car les logiques purement publiques qui ont impulsé certains des projets internationaux ont vocation à coopérer avec des logiques privées et vice versa, comme l'ont montré les intervenants et participants académiques et industriels, issus de divers secteurs, lors de la journée "Partenariat public-privé[1]" à Toulouse.

VI.2.2 Vers des systèmes de pilotage multi dimensionnels

J'ai pu constater, depuis quelques années, une accélération du déploiement d'organisations "projet" dans les entreprises et ainsi une valorisation des activités transverses de l'entreprise. L'avènement des concepts de processus en qualité n'est sans doute pas étranger à ce courant. Cela a notamment pour conséquence d'ébranler les structures fonctionnelles classiques fondées sur un pilotage vertical et localisé des activités. Le passage de structures verticales de pilotage, calquées sur les modèles hiérarchiques comme nous en avons développé dans le cadre de nos travaux de thèse, à des structures plus horizontales basées sur les aspects collectifs et collaboratifs nécessite de réfléchir à de nouveaux modèles de pilotage.

Le pilotage, autrefois inscrit dans un périmètre stable et délimité en termes d'exigences et de besoins à couvrir, devient plus global et demande à chaque acteur d'intégrer un ensemble plus large de paramètres qui sont soumis à fluctuations tout au long du processus. Le développement en ingénierie simultanée, l'instabilité de l'environnement, la réduction des délais de mise à disposition, la difficulté des estimations et les incertitudes sous-tendues sont entre autres à l'origine de cette situation.

Pour répondre à ces nouvelles exigences et formes organisationnelles, les systèmes de pilotage de projet doivent intégrer de nouvelles dimensions. Pour ma part, je pense qu'une réponse appropriée relève de l'intégration en complément des outils et méthodes existants de modèles comportant les dimensions projectives de "ce qui peut advenir ou survenir (risque positif et risque négatif)" et ce sur l'ensemble des indicateurs de pilotage (indicateurs projet, indicateurs objet). Ainsi, la fiabilisation des analyses servant au pilotage reposera non plus uniquement sur la comparaison d'un réel avec un référentiel portant sur le seul scénario de "ce qui est souhaité" dans le projet, mais également sur l'identification et la comparaison avec l'ensemble des scénarios possibles. Cela apportera une meilleure articulation décision – risque.

A minima, j'imagine que deux axes multi-dimensionnels seront à étudier :

- Un premier axe relatif aux types d'indicateurs nécessaires. Je pense par exemple aux dimensions risques, enjeux, économiques (coût ou rentabilité suivant les types de projet), temporelles ;
- Un deuxième axe relatif aux parties prenantes du projet, qu'elles soient internes ou externes : client, investisseur, développeur, codéveloppeur, direction financière, acteur opérationnel métier, partenaire, chef de projet, directeur du portefeuille. La constitution d'équipes pluridisciplinaires et l'implication de chacun de ces acteurs passent par la mise à disposition d'informations et de données sur le projet adaptées à chacun de ces regards. Les attentes de chacun étant différentes suivant le positionnement par rapport au projet voire par rapport au stade d'avancement, la construction de tableaux de bord et de modèles d'analyse appropriés est un gage de transparence et de lisibilité de nature à favoriser le partage des objectifs. Le projet s'inscrit dans une logique multi actoriale indexée sur le temps, les

[1] Cette journée a été organisée en mai 2003 au centre de conférences DIAGORA de Toulouse Labège pour le compte d'Entreprises, Développement et Territoires (DATAR).

acteurs mobilisés changent en fonction de l'avancement du projet. Interviennent tout d'abord les concepteurs remplacés progressivement par des hommes du marketing, de la production, etc.

Certaines équipes s'intéressent déjà à certains de ces points, citons notamment le Center for the Study of Drug Devlopment (Tufts University, Boston), la Faculty of Business (University of Mannheim, Allemagne). Sur la base de données issues de nombreux projets de développement pharmaceutique menés dans différents laboratoires, ils proposent des indicateurs pour évaluer le prix de l'innovation et son impact sur la profitabilité de la R&D. En outre, ces indicateurs sont caractérisés et quantifiés en fonction des types de projet réalisés.

En résumé, j'inscris mes ambitions de recherche dans une double perspective, à la fois :

- organisationnelle, au travers de l'étude de la robustesse des organisations et de la relation au risque ;
- décisionnelle, par la proposition de modèles de décision et de pilotage multi dimensionnels intégrant le risque tant au niveau du pilotage mono projet que multi projet

Ces deux dimensions sont tout à fait complémentaires et ont bien évidemment vocation à être croisées pour s'intéresser aux problèmes organisationnels liés au pilotage d'un projet comme ceux du pilotage multi projet

Je suis conscient de la difficulté de ce positionnement, du fait notamment de l'hypothèse sous-jacente de multi disciplinarité (informatique, automatique, sciences de gestion, sociologie des organisations) nécessaire pour mener à bien ces travaux. Je souhaite les traiter sous le regard principal du génie industriel, comme je l'ai toujours fait pour les travaux jusqu'à aujourd'hui, tout en profitant et en lui adjoignant les réflexions et résultats issus d'autres courants disciplinaires.

Nous justifions cette approche par le fait que subsistent majoritairement les problèmes au niveau des interfaces et nous pensons que c'est également aux interfaces disciplinaires que les bonnes réponses seront trouvées, par une fertilisation croisée des expertises et compétences.

VI.3 Orientations à moyen terme : un modèle d'aide à la décision multi projet multi dimensionnel

A moyen terme, mon projet de recherche se décline en axes de recherche qui concourent à la définition ou l'élaboration d'un modèle d'aide à la décision multi projet et de pilotage de projet intégrant les dimensions liées à l'incertitude et au risque telles que je les ai définies dans le chapitre II au paragraphe II.3.3.

Les axes de recherche que j'imagine développer à moyen terme constituent une première étape vers l'élaboration d'un modèle de pilotage multi projet. A ce titre, je souhaite focaliser mes réflexions d'une part, sur les éléments constitutifs d'un modèle d'aide à la décision multi projet et d'autre part, sur la poursuite de l'élaboration d'un modèle général du risque. Mais avant d'expliciter ces axes de recherche, je souhaiterais présenter l'évolution de la logique de gestion des entreprises par la voie des systèmes multi projets

VI.3.1 Une logique de gestion basée sur l'optimisation d'un ensemble de projets : le concept de portefeuille de projets ou d'activités

Aujourd'hui dans certains secteurs et demain dans une grande majorité d'entre eux, bien plus que le management d'un projet c'est le management multi projets qui sera au cœur des enjeux pour l'amélioration de la profitabilité des entreprises développant des produits. Le management multi projet et la priorisation des projets de nouveaux produits ou projets de R&D sont vitaux pour le succès économique des affaires [Cooper *et al.*, 1999]. L'entreprise est devenue le lieu de gestion d'un ensemble de projets qui concourent à la construction de la valeur de l'entreprise, tout en cherchant à minimiser le niveau de risque de perte de

l'entreprise [Bougaret, 2002]. Ces projets entrent en concurrence pour l'utilisation de ressources, ce qui fait naître des besoins de pilotage particuliers.

Le management multi projets se distingue de la gestion d'un grand projet (ou programme) divisé en sous-projets car chaque projet existe ou pourrait exister indépendamment de l'ensemble, ce qui n'est pas le cas dans un programme [Fernez-Walch et al., 2004]. Ces auteurs ont dressé une typologie des formes de management multi projets mettant en exergue les types de relations entre les projets. Le management de portefeuille de projets porte sur la réalisation des choix stratégiques d'aujourd'hui qui seront déterminants pour l'activité des prochaines années. Les décisions portent entre autres sur l'équilibre entre le niveau des ressources disponibles sur un horizon de temps et leur évolution possible sur la base des projets connus aujourd'hui et de l'évaluation des nouveaux projets potentiels et des projets qui devront être arrêtés avant leur finalisation.

Les processus de sélection de projet, de priorisation, d'arbitrage, d'allocation de ressources sont d'un enjeu crucial pour la survie de l'entreprise. Or, comme le montre entre autres [Cooper *et al.*, 1999], la plupart des entreprises affirment avoir des difficultés à mener correctement ces processus. Elles donnent quelques raisons pour justifier cette situation, parmi celles-ci, citons l'absence d'outils adaptés aux spécificités des projets.

J'ai donc souhaité développer à moyen terme des travaux qui visent à combler une partie de ces lacunes.

J'ai pu identifier, dans la communauté scientifique, certains équipes qui s'intéressent à la proposition d'outils ou de méthodologies dans ce champ de questions. On peut les distinguer suivant que leurs travaux portent sur :

- une observation datée de l'état du portefeuille des projets et visant en particulier à vérfier l'adéquation des ressources disponibles à cette date avec les besoins engendrés par la réalisation des projets (Ghasemzadeh & Archer at Michael G. DeGroote School of Business, Schwartz at University of British Columbia, Costello at Martin Marietta Aerospace, Linton et al. at Polytechnic Unversity Brooklyn, Blanchet & Urli at Département d'économie et de gestion Université du Québec, …);
- l'analyse de la dynamique du portefeuille dans une perspective d'optimisation stratégique.

Pour ma part, je souhaite m'inscrire dans l'objectif d'une gestion dynamique du portefeuille de projets afin d'aider à la proposition d'orientations stratégiques pour alimenter le "pipeline" des projets.

VI.3.2 Les axes de recherche que j'envisage d'explorer

Aux regards de ces tendances, il me semble opportun de dégager plusieurs pistes portant sur :

- les éléments constitutifs d'un modèle d'aide à la décision multi projet. Cette piste nécessitera, d'une part, de travailler sur des formalismes et modèles de représentation aptes à exprimer les contraintes et réalités du portefeuille et d'autre part, de construire une méthode d'analyse et d'optimisation du portefeuille de projets ou d'activités ;
- la poursuite de l'élaboration d'un modèle général du risque intégrant notamment la place de l'acteur et sa perception du risque dans les modèles de décision. Les résultats de ce travail alimenteront les différents modèles de décision et de pilotage proposés.

Les managers qui ont la charge de la gestion d'un portefeuille de projets doivent manipuler des informations de plus en plus nombreuses, dont la fiabilité n'est pas démontrée [Gidel, 2004]. Il existe peu de **formalismes** permettant de décrire de manière synthétique la complexité des relations et des paramètres qui caractérisent les portefeuilles de projet et leur gestion dans une vision décisionnelle. Outre la description des caractéristiques des portefeuilles d'activité, la recherche de **méthodes d'analyse et d'optimisation** est primordiale pour alimenter les objectifs à long terme concernant la proposition d'une méthode de pilotage multi projet. Pour cela, j'envisage de m'appuyer sur les travaux dans les domaines de la recherche opérationnelle et de l'informatique, pour identifier les outils supports d'une telle problématique. Le domaine des finances, et tout particulièrement de la gestion de portefeuille d'actifs

boursiers, a déjà travaillé sur des sujets similaires. Il conviendra, en complément des réflexions menées dans le cadre de la thèse de S. Bougaret sur le parallèle et l'applicabilité des méthodes employées en bourse pour l'évaluation d'un projet, de poursuivre la réflexion et de l'étendre aux aspects multi projet

Concernant la piste du **modèle général du risque**, l'objectif est de réconcilier les approches que j'ai caractérisées de symptomatiques et d'analytiques dans le paragraphe II.5. Appliquées dans des phases particulières du projet et portant un regard différent sur le même objet de préoccupation, il convient de poursuivre la description de ces deux modèles du risque et de spécifier les interfaces qui permettraient le passage de l'un à l'autre. Cette piste de travail viendrait compléter des travaux déjà engagés et présentés dans ce mémoire.

Afin d'être plus proche de la réalité du terrain, outre la recherche de complémentarité entre ces deux approches, le modèle de risque doit considérer celui-ci comme un phénomène contextuel.

Contextuel pour décrire le contexte d'occurrence, mais surtout les relations qui ne manquent pas d'exister entre risques, facteurs de risque et impacts. La plupart des modèles décrivent les risques isolément, ils s'intéressent seulement à la description des liens entre l'occurrence d'un événement et les impacts directs. Cela revient à considérer que les événements sont totalement indépendants. Or, à notre avis, dans la réalité il n'en est rien et c'est bien là un des biais majeurs dans l'utilisation de ces approches et la pertinence des résultats obtenus. C'est pour cela que nous souhaitons étendre les premiers éléments du modèle général du risque, que nous avons présenté dans le chapitre II au paragraphe II.3.3, de manière à intégrer la dimension multi risque et les relations existantes. Ce travail devra porter autant sur les modèles appropriés aux approches analytiques que symptomatiques, approches présentées précédemment dans le chapitre I au paragraphe II.5.

J'imagine de travailler sur l'analyse et la caractérisation des relations entre **événements différents** pour décrire des liaisons causales fortes, modélisant les chaînes d'événements ou scénarios de risques. Parmi les relations possibles, citons celles entre **événements et impacts de risques différents**, associées aux effets cumulatifs sur l'impact de l'occurrence conjointe ou différée de plusieurs événements sur un même projet, entre **facteurs de risques et événements**. Cette liste n'est bien évidemment pas exhaustive et nécessitera un travail approfondi.

En outre, ce modèle de risque à vocation à être intégré dans les modèles de décision et de pilotage. Ce sont des décideurs humains qui, *in fine,* auront à manipuler ces modèles et à analyser les préconisations formulées. Par conséquent, il conviendra de s'intéresser et de réfléchir aux modes de perception du risque par ces individus. Pour cela, nous envisageons de nous inspirer de travaux menés sur la théorie des jeux, la décision en univers incertain et émanant d'autres courants disciplinaires comme les cyndiniques, la sociologie et les sciences de gestion.

VI.4 Orientations à court et très court termes : étude de la robustesse des organisations uni polaires et relation aux risques

Les actions décrites ici sont pour la plupart déjà engagées et sur le point de porter leurs fruits, et pour d'autres en préparation.

Plusieurs travaux préalables sur la maturité des organisations et des processus projet ont été réalisés et permettent de relier les pratiques de management de projet avec le niveau de perception, d'anticipation et de maîtrise des risques. Ces études ont porté notamment sur deux types d'organisations distinguées par leur relation au concept de projet et à son pilotage : pilotage centralisé du projet (secteur du développement d'un médicament), pilotage partagé d'un projet par des PME constituées en groupement (secteur de la sous-traitance aéronautique). Cette dernière étude s'est inscrite dans le cadre de la thèse de Carmen Vilarreal.

Il ressort de ces études la nécessité de structurer l'organisation en même temps que la définition des modèles de pilotage, et ce tant au niveau des processus de pilotage d'un projet que des dimensions portfolio.

VI.4.1 Maturité des organisations projet dans le secteur de la pharmacie : la définition d'un référentiel et d'un indicateur de mesure

Sujet : Enquête sur la maturité des organisations projet dans le secteur pharmaceutique

Relations industrielles : groupe de travail de l'AFITEP "Management des projets pharmaceutiques" composé d'industriels impliqués dans le développement de médicaments

Objectifs – problématique :

Sur la base de travaux existants concernant l'étude de la maturité des organisations et notamment des travaux du SEI (Software Engineering Institute) sur le CMM (Capability Maturity Model) puis du CMMI (Capability Maturity Model Integrated), nous avons lancé une enquête dédiée au secteur des projets de santé. Cette enquête a été envoyée à plus de 150 acteurs projet, d'entreprises différentes concernées par le développement de médicaments. Les entreprises sollicitées relevaient de laboratoires santé humaine, laboratoires santé animale, sociétés de biotechnologies, laboratoires dermo-cosmétiques.

L'objectif de cette enquête est de fournir un indicateur de mesure de la maturité des organisations et de leur processus de management de projet. Pour cela, nous avons élaboré un référentiel des bonnes pratiques de management de projet spécifique à ce secteur. Ce référentiel a pris la forme d'un questionnaire comportant 159 questions organisées autour de 8 grands thèmes du management des projets dont celui du management des risques. Il permet, sur chacun des sujets composant chaque thème, de relier les pratiques constatées avec la robustesse de l'organisation.

La problématique traitée dans ce projet rejoint les préoccupations industrielles qui émergent avec le déploiement des pratiques de management de projet. Les industriels engagés dans cette démarche souhaitent, d'une part identifier et mesurer leur situation pour déterminer les actions à engager dans un souci de progression continue et d'autre part, se positionner par benchmark vis-à-vis des autres sociétés.

L'enquête est publiée sur le site web <http://www.enstimac.fr/~gourc/P2M3>, l'analyse des réponses est en cours et sera très prochainement publiée. Un article est prévu pour le prochain congrès de l'AFITEP.

Un travail préalable avait eu lieu dans ce groupe pour étudier les formes d'organisations autour des projets de développement pharmaceutique et de pilotage. Ce travail, mené sur plusieurs mois, avait conduit à trois publications dans la revue La Cible ([Gourc, 2000], [Gourc et al., 2000], [Burtin et al., 2001]).

VI.4.2 Vers des processus de management de projet de Système d'Information plus robustes

Sujet : Contribution au déploiement du référentiel CMMI dans un grand groupe pharmaceutique : le cas des processus d'ingénierie

Relation industrielle : laboratoire Pierre Fabre – Direction des Systèmes d'Information

Nature de la collaboration : convention CIFRE déposée, démarrage septembre 2005

Objectifs - Problématique :

Les enjeux économiques portés par la rapidité d'évolution des environnements concurrentiels, des exigences clients, des offres du marché en matière de solutions techniques, obligent l'entreprise à se doter de systèmes d'information adaptés. Ils deviennent ainsi son système nerveux. Devant l'accélération des naissances de nouveaux besoins et l'étendue des fonctions à couvrir, on constate, de la part des éditeurs de solutions comme des directions informatiques, une tendance croissante à l'industrialisation de la conception et de l'exploitation du système d'information. Cette approche n'est pas sans difficultés et ne

doit surtout pas faire oublier les exigences de qualité de service, de rentabilité, mais aussi d'adaptabilité et d'ouverture qui restent parmi les facteurs de succès d'un projet de Système d'Information (SI) dans l'entreprise. Même si l'interopérabilité des systèmes est au cœur des préoccupations des directions informatiques, le système d'information de l'entreprise est encore aujourd'hui composé de systèmes d'information hétérogènes, eux-mêmes supportés par des applicatifs nombreux et divers. Leur exploitation et leur évolution nécessitent une maîtrise des processus informatiques capables de réconcilier les espaces-temps (cycle de vie et période) de chaque applicatif avec celui de l'entreprise et de ses clients. Les activités de conception, de développement, de maintenance, d'adaptation à l'organisation sont autant de processus qui ont des cycles de vie propres qu'il faut gérer de manière spécifique.

Les processus du modèle CMMI[1] (Capability Maturity Model Integrated) permettent de définir un cadre capable de répondre à ces difficultés. Il est constitué de cinq niveaux de maturité des processus informatiques et décrit pour chaque niveau les processus qui doivent être maîtrisés. Il sert ainsi de référentiel pour déterminer et définir les axes d'amélioration à retenir pour assurer le passage au niveau supérieur de maturité. Leur implémentation et la mise en œuvre des outils associés demandent une étude approfondie afin de répondre au mieux au modèle, tout en conciliant des critères de coûts et la meilleure acceptation du projet par les équipes.

L'enjeu de ce travail pour le groupe Pierre Fabre est de préparer le passage au niveau 3.

Sur le plan académique, c'est bien le lien entre processus de développement et projet qui va nous intéresser. Dimension intéressante, parce qu'elle va se consacrer à la relation entre les processus projet, d'une part, et les méthodes et outils utilisés en développement d'autre part et qu'aujourd'hui des lacunes existent, tant sur les plans scientifique que pratique, dans leur mise en œuvre. Le travail va consister à déterminer les métriques permettant de mesurer la distance entre les pratiques actuelles de l'entreprise et les attendus du référentiel CMMI. Ces distances aideront à fixer les axes prioritaires de travail et d'identifier les efforts à consacrer. Les métriques utilisées pour évaluer les distances seront un point critique de cette étape. L'étude portera en particulier sur les processus de niveau 3 du référentiel CMMI à savoir les processus management de projet, d'ingénierie, de support et de management des processus.

VI.4.3 Pilotage du processus projet de développement de nouveaux produits : de la gestion du risque au déclenchement d'alertes

Sujet : Vers une interopérabilité des systèmes de workflow et de planification, en vue de l'optimisation du processus Développement du Groupe Pierre Fabre

Relation industrielle : laboratoire Pierre Fabre – Coordination Assurance Qualité Groupe

Nature de la collaboration : convention CIFRE en cours de négociation

Objectifs - problématique :

Nous avons engagé nos premières réflexions sur ce sujet depuis quelques années. Ainsi, les travaux menés en collaboration avec Y. Ben Zaida, dans le cadre de son sujet de DEA [DEA6], ont permis de dresser un parallèle entre les notions de processus et de projet. De manière complémentaire, une étude avec la DRIRE Midi-Pyrénées devant conduire à la réalisation d'une formation à destination des agents DRIRE, et portant sur le pilotage des actions collectives, nous a permis de définir les principes généraux de fonctionnement et les outils d'un pilotage des processus actions collectives. Dans ces deux études, les objectifs généraux étaient de montrer la complémentarité des concepts de processus et de projet et de vérifier l'applicabilité des approches que j'ai proposées dans le cadre du pilotage d'un projet au pilotage d'un processus.

Dans le travail que je projette de mener avec le laboratoire Pierre Fabre, c'est bien la complémentarité des approches projet et processus qui va nous intéresser.

[1] Modèle de capabilité développé par le SEI (Software Engineering Institute) dédié au secteur de l'ingénierie informatique.

L'évolution de l'environnement économique place la coopération au cœur des problématiques actuelles. Les projets font appel à des acteurs nombreux, dotés de compétences complémentaires et les modes de travail doivent s'articuler autour de mécanismes de collaboration permettant la synchronisation des interventions et des processus cognitifs de création de connaissance. Cela impose le passage d'une culture souvent conservatrice, limitant le processus cognitif à la sphère locale du métier dans une logique d'intervention purement séquentielle, à une culture de partage des connaissances où les acteurs métiers délivrent continuellement leur savoir dans une démarche conjointe aboutissant à la construction collective des connaissances.

C'est dans ce cadre que les outils collaboratifs tels que workflow, outils de planification de projet, gestion électronique de documents et zones de partage de données trouvent leur justification. Le besoin industriel nous amènera à pointer notre attention particulièrement sur les interfaces entre le workflow, le système de planification et le système de gestion des données scientifiques du projet.

Dans ce dispositif, le workflow[1] assure alors une fonction essentielle de traçabilité des actions et livrables obtenus alors que le système de planification définit un référentiel prévisionnel des engagements associés. En effet, le workflow, considéré comme support du processus de développement de nouveaux produits, modélise les actions qui doivent être réalisées, les acteurs concernés (pour action, pour information, pour validation…) et l'ordre dans lequel chaque action et acteur doivent intervenir. Par contre, aucune gestion du temps et notamment des engagements n'est assurée. Ces informations sont au cœur du système de planification qui centralise les engagements sur le projet ainsi que les jalons.

Dans ce travail, deux axes complémentaires seront à étudier. Ils portent respectivement sur les données projet (délais notamment) et les données scientifiques ou techniques (résultats attendus d'étude, spécifications des livrables…) : le référentiel décrivant, pour chaque étape, les objectifs fixés et espérés sur chacun de ces deux axes.

L'objectif est de développer l'interopérabilité de ces deux systèmes afin d'intégrer et d'améliorer la fonction de pilotage par l'anticipation des risques. Le risque caractérise ici la mesure de la distance entre le référentiel et la projection à terminaison d'un réel intermédiaire constaté.

La problématique porte sur la définition d'un modèle commun entre le système de workflow et le système de planification permettant le partage des données dans le but de fiabiliser le pilotage et d'augmenter la robustesse du système face aux perturbations. Il s'agira d'une part, de définir les principes généraux de collaboration entre ces deux types de systèmes (typologie des données partagées, types d'échanges) et d'autre part, d'identifier les indicateurs de mesure de distance afin de déterminer le niveau de risque de la situation perturbée et de déclencher l'alerte *ad hoc*. La définition des types d'alertes viendra compléter un travail déjà réalisé dans le cadre du DEA de Y. Ben Zaida sur le pilotage d'un processus de gestion d'ordres de mission.

L'application aux données cognitives du projet (données scientifiques et techniques) relève de disciplines voisines de celles du Génie Industriel et constitue une problématique majeure de ce travail.

[1] Le workflow est défini comme l'automatisation totale ou partielle d'un processus métier (Workflow Management Coalition, WfMC).

BILAN GENERAL

Ce document est une synthèse de plus de dix années de recherche menées successivement dans deux laboratoires; le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Production et d'Automatique de l'Ecole d'Ingénieurs de Tours (LISPA/EIT) et le Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (CGI/EMAC).

La problématique principale de mes travaux de recherche porte sur la conduite et le pilotage des activités. Sous ce regard, je me suis intéressé à deux domaines majeurs qui sont celui des activités de production et celui des activités projet.

… *un point sur le passé*

Dans un premier temps, j'ai consacré mes travaux au domaine de la production en proposant une méthodologie d'aide à la réingénierie des systèmes de production orientée notamment sur l'analyse des dysfonctionnements au niveau du système de conduite. Ce travail, en relation avec un partenaire industriel, a porté sur les décisions de pilotage faiblement structurées et non automatisées, voire faiblement automatisables (voir le chapitre I). Ce travail, mené dans les années 90-95 avant l'aboutissement du courant normalisateur que l'on connaît aujourd'hui, montre tout son intérêt et reste précurseur sur bien des sujets, notamment quand il s'agit de faire un focus sur le système de décision et les concepts associés. L'intégration des concepts d'acteur, de rôle, d'activité et de processus reste totalement d'actualité aujourd'hui.

Dans un deuxième temps, j'ai consacré mes travaux au domaine du projet. L'intérêt porté à ce domaine est justifié par l'ajout d'une composante supplémentaire à la problématique. Outre le fait qu'en mode projet les décisions de pilotage sont non automatisables, les notions d'incertitude et de risque sont venues compléter ma problématique de recherche. Mes travaux ont alors porté sur l'étude des risques et des mécanismes de prise en compte. J'ai pour cela développé un **modèle général du risque** et des modèles d'évaluation du risque dans une perspective décisionnelle, pour assurer le pilotage du projet et des activités le composant.

La présentation de ma vision du risque et du modèle général font l'objet du chapitre II.

Deux axes majeurs ont fait l'objet de contributions :

- un premier axe relatif à une **appréhension symptomatique** du risque, plus particulièrement adapté au regard des parties prenantes externes au projet (regard "externe") ;
- et un deuxième axe considérant le risque de manière **analytique** comme un événement identifiable dont l'occurrence est susceptible d'entraîner des perturbations. Ce deuxième regard est porté par les parties prenantes internes et opérationnelles du projet.

Les chapitres III et IV présentent successivement les résultats sur ces deux axes.

J'ai énuméré tout au long de ce document certaines caractéristiques du concept de risque. Seules certaines de ces caractéristiques ont fait l'objet de mes travaux et de contributions :

- aspect multi dimensionnel du risque. Sur l'ensemble des travaux, les diverses dimensions du risque ont été prises en compte (probabilité d'occurrence, impacts…) ;

- aspect mono symptomatique du risque. L'occurrence d'un risque et ses impacts ont été traités sous un seul type de symptôme à chaque fois. Nous avons traité successivement et séparément les symptômes de type délai, de type rentabilité ;
- aspect mono risque, voire multi risques indépendants. Les modèles d'évaluation des risques que j'ai proposés reposent essentiellement sur une évaluation mono risque, chaque risque est considéré isolément, voire multi risque où plusieurs risques sont considérés. Dans ce dernier cas, les risques ont été considérés sous une hypothèse d'indépendance ;

Cela montre partiellement le travail qui a été réalisé et permet de mesurer l'étendue du travail qui reste à accomplir sur cette thématique. Certains des compléments seront traités dans mes perspectives de recherche.

L'analyse des travaux menés montre également une diversité et une complémentarité des secteurs d'activité couverts par les terrains industriels sur lesquels nous avons mené ces réflexions :

- secteur de la santé (développement de médicament en pharmacie humaine, en pharmacie animale, en biotechnologie, en dermo-cosmétique) ;
- secteur informatique (projets de conception de systèmes d'information, de portails) ;
- secteur de la sous-traitance (métallurgie aéronautique, équipements) ;
- secteur agroalimentaire (transformation de volailles).

Cette diversité a permis d'alimenter le spectre des questions et d'élargir les problématiques abordées, mais également de valider certains des concepts sur d'autres terrains que ceux sur lesquels ils avaient été développés.

Enfin aujourd'hui, certains des résultats obtenus dans le domaine du projet trouvent une application toute naturelle dans le cadre de la modélisation et du pilotage des processus métiers.

La synthèse des résultats obtenus est présentée ci-dessous dans la Figure 59 et dans l'encadré suivant.

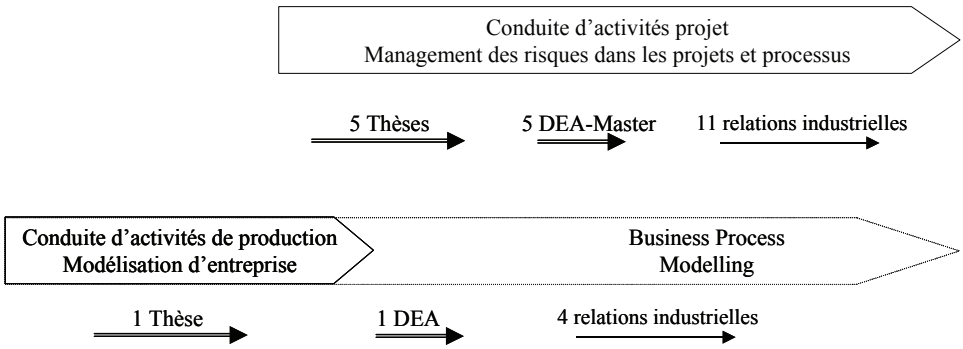


Figure 59. Elèves-chercheurs encadrés et relations industrielles

En conclusion, la production scientifique a été finalisée dans :

1 édition d'ouvrage en 2000

1 ouvrage publié en 2005

8 articles publiés dans des revues scientifiques avec comité de lecture de 1999 à 2005

7 articles publiés dans des revues professionnelles

25 communications présentées à des congrès avec actes et comité de lecture de 1995 à 2005

16 conférences et colloques réalisés sur invitation de 1995 à 2005

une projection sur l'avenir …

Ma vision des nouveaux modèles de pilotage de projets comporte cette dimension anticipative qui a pour objectif de préparer les décisions en tenant compte des phénomènes possiblement occurrents. Ces phénomènes sont relatifs à ce qui peut survenir, les risques, mais également à ce que l'on veut faire advenir globalement du projet, les opportunités, ils sont soient de nature endogène soit de nature exogène. Boutinet [1999, p 67] définit l'anticipation comme l'ensemble des activités projectives visant tous les modes d'appréhension du futur, il précise "*qu'anticiper c'est montrer cette capacité à suspendre le cours des choses pour savoir comment ce cours va évoluer, donc pour tenter le cas échéant d'infléchir la suite des événements*". Il définit quatre modes d'anticipation que l'on retrouve dans le domaine du projet :

- les anticipations adaptatives (de type empirique ou de type scientifique) qui vise à anticiper des états possibles les plus vraisemblables de l'avenir. On pourra parler de prévoyance et de prévision;
- les anticipations cognitives (de type occulte, de type religieux, de type scientifique ou philosophique) gardent comme première préoccupation de percer le mystère du futur, en cherchant à connaître certains de ses aspects ;
- les anticipations imaginaires (de type rationnel, de type onirique) qui visent à faire reculer encore les limites de l'horizon temporel jusqu'au niveau de l'impensable, du non formulable. Utopie et science-fiction relèvent de ce type d'anticipation ;
- les anticipations opératoires (de type rationnel ou déterministe, de type volitif formel, de type flou ou partiellement déterminé), qui visent à imaginer un futur que l'auteur de l'anticipation va chercher à faire advenir.

La plupart des travaux que nous avons menés relèvent de modes d'anticipation opératoire et d'anticipation adaptative que nous qualifions d'analogiques car basés sur l'identification de situations similaires. Le champ des modes d'anticipation non couverts est large. C'est bien cela qui guidera nos travaux à venir, notamment pour aborder les modes d'anticipation cognitive.

Mes perspectives de recherche visent à combler certains des vides énoncés, citons par exemple :

- étudier les dimensions multi projets et multi polaires des organisations dans l'analyse des risques ;
- proposer un modèle capable de décrire les liens existants entre les risques et d'en assurer une évaluation intégrée ;
- combiner les divers critères symptomatiques du risque dans leur évaluation.

Je présente mon projet de recherche (chapitre V) selon trois horizons de temps :

- à long terme. J'envisage de proposer un système multi dimensionnel destiné au pilotage multi projets dans un contexte multi polaire ;
- à moyen terme. Je souhaite établir un modèle d'aide à la décision multi projet, multi dimensionnel ;
- à court et très court termes. Je vais étudier la robustesse des organisations uni dimensionnelles et sa relation aux risques.

REFERENCES

[ADELI-Périloscope, 1997] Maîtriser les risques des projets informatiques, Rapport du groupe de travail "Les risques du projet", Association Française de Génie Logiciel – ADELI, 1997.

[AFITEP, 1999] Article collectif de la commission management des projets de système d'information de l'AFITEP, Un triple regard sur le risque d'un projet de système d'information, La Cible, (80) : 35–39, 1999.

[AFITEP, 2000] AFITEP-AFNOR – Dictionnaire de management de projet, ouvrage collectif, 2000

[AFNOR X50-117, 2003] AFNOR – Gestion du risque – Fascicule de documentation FD X50-117, 2003.

[Atkinson, 1999] Atkinson R., Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, International Journal of Project Management, Vol. 17, No. 6, pp. 337-342, 1999.

[Aussenac *et al.*, 1992] Aussenac-Gilles N., Krivine J.-L. et Sallantin J. Editorial : l'acquisition des connaissances pour les systèmes à base de connaissances, Revue d'Intelligence Articificielle, 6 (1-2), numéro spécial sur l'acquisition des connaissances, 1992, pp. 7-8.

[Avenier, 1984] Avenier MJ, Pilotage de l'entreprise en environnement complexe, une aide à la conception d'un pilotage plus effectif, Thèse de doctorat d'Etat ès-Sciences Economiques, Université de Droit, d'Economie des Sciences d'Aix-Marseille, juillet 1984.

[Barki *et al.*, 1993] Barki H., Rivard S., Talbot J., Toward an assessement of software development risk, Journal of Management Information Systems, Fall, Vol. 10, No. 2, 1993.

[Benaben *et al.*, 2004a] Benaben F., Gourc D., Villarreal C., Ravalison B., Pingaud H., RIR - Recensement et Identification des Risques : une démarche d'identification des risques en conduite de projet, 17e Journées Internationales "Génie Logiciel & Ingénierie de Systèmes et leurs Applications", Congrès ICSSEA, Paris, 30 novembre & 1-2 décembre 2004.

[Benaben *et al.*, 2004b] Benaben F., Gourc D., Villarreal C., Ravalison B., Pingaud H., Une méthode d'identification des risques : application à un projet coopératif, Congrès AFIS-AFAV-AFITEP, Actes sur CD-ROM, Paris, 6-7 décembre 2004, ISBN 2-9515878-8-0, EAN 9782951587885.

[Ben Mahmoud-Jouini *et al.*, 2004] Ben Mahmoud-Jouini S., Calvi R., Les coopérations interentreprises dans les projets de développement, dans [Garel *et al.*, 2004].

[Ben Zaida, 2004] Ben Zaida Y., Démarche de prise en compte des risques dans la modélisation des processus métiers : application au processus d'ordre de mission, rapport de DEA, Ecole doctorale Systèmes Industriels, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2004.

[Bernard *et al.*, 2002] Bernard J.-G.., Aubert B., Bourdeau S., Cléments E., Debuissy C., Dumoulin M-J., Laberge M., de Marcellis N., Peignier I., Le risque : un modèle conceptuel d'intégration, Rapport de Projet, CIRANO, Montréal, 2002.

[Bescos *et al.,* 1995] Bescos P.L., Dobler P., Medoza C., Naulleau G., Contrôle de gestion et Management, Ed. Montchrestien, Collection Entreprendre, Guide des techniques et de la décision, Paris, 1995.

[Beving, 1995] Beving J.-M., Généralités sur les systèmes, La modélisation systémique en entreprise, C. Braesch & A. Haurat (éd.), Hermès, Paris, 1995 (ISBN : 2-86601-508-8).

[Blaison, 1992] Blaison G., Extension de la sûreté de fonctionnement à la maîtrise des risques d'entreprise, Thèse de l'université de Nancy I soutenue le 15 décembre 1992.

[Blanchet *et al.*, 1992] Blanchet A., Gotman A., L'enquête et ses méthodes : l'entretien, Nathan Université, 1992.

[BNAE – RG Aéro 00039, 2000] Recommandations pour la mise en œuvre de la maîtrise des risques, Bureau de Normalisation de l 'Aéronautique et de l 'Espace, RG Aéro 000 39, 2000.

[Bode-Greuel, 1997] Bode-Greuel K., Financial project evaluation and risk analysis in pharmaceutical development , Scrip Reports, Richmond Hill rise, Ed. PJB publications Ltd, 1997.

[Bonnal *et al.*, 2000] Bonnal P., Gourc D., Lacoste G., CCPM (Critical Chain Project Management) une approche alternative de management de projet, Revue La Cible, n° 83, Paris, juin 2000, pp 13-17, ISSN 0752 5214.

[Bonnal, 2002] Bonnal P., Planification possibiliste d'un grand projet industriel s'appuyant sur l'approche de la chaîne critique, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse soutenue le 25 janvier 2002 à Tarbes.

[Bonnal *et al.*, 2002] Bonnal P., Gourc D., Lacoste G., On life-cycle of technical projects, *Project Management Journal*, Vol. 33, No. 1, March 2002.

[Bonnal *et al.*, 2004] Bonnal P., Gourc D., Lacoste G., Where do we stand with fuzzy project scheduling, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 130, No 1, pp. 114-123, January-February 2004.

[Bonnal *et al.*, 2005] Bonnal P., Gourc D., Lacoste G., Hameri A.P., The Linear Discrete Scheduling Model: a generalization of the Linear Scheduling Model, Construction Management & Economics, à paraître en 2005.

[Bougaret, 2002] Bougaret S., Prise en compte de l'incertitude dans la valorisation des projets de R&D pharmaceutique : la valeur de l'information nouvelle. *Thèse de l'Institut National Polytechnique de Toulouse*, 8 novembre 2002, Albi.

[Bougaret *et al.*, 2005] Bougaret S., Tazi D., Le Lann J. M., Prise en compte de l'incertitude dans les projets de R&D : notions de détection dynamique et fenêtres de risques, 6e Congrès International de Génie Industriel, Besançon, 7-10 juin 2005, ISBN 88-87030-96-0.

[Bourdeau *et al.*, 2003] Bourdeau S., Rivard S., Barki H., Evaluation du risque en gestion de projets, Série scientifique, CIRANO, Montréal, 2003.

[Boutinet, 1999] Boutinet J.-P., Anthropologie du projet, Presses Universitaires de France, 1ère 1990, 5e édition mise à jour 1999.

[Boutinet, 1993] Boutinet J.-P., Psychologies des conduites à projet, Presses Universitaires de France, collection Que sais-je, 1993.

[Burlat, 2002] Burlat P., Modélisation et pilotage des organisations en réseau, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et Université Jean Monnet, 6 décembre 2002.

[Buzan, 1995] Buzan T., Dessine-moi l'intelligence, Les Editions d'Organisation, 1995.

[Caroll, 1989] Caroll A.B., Business and society: ethics and stakeholder management, O.H.:South Western, Cincinatti, 1989.

[Carr *et al.*, 1993] Carr, Konda, Monarch, Taxonomy-Based Risk Identification, CMU/SEI, 1993.

[Carter *et al.*, 1994] Carter B., Hancock T., Morin J.-M., and Robins M., Introducing RISKMAN Methodology: The European Project Risk Management Methodology, NCC Blackwell Ltd., Oxford, UK, 1994.

[CGI, 2004] Rapport d'activité du Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2004.

[Chanas *et al.*, 2000] Chanas S., Zielinski P., The computational complexity of the interval critical path method, European Journal Operational Research, Volume 136, Issue 3, 1 February 2002, Pages 541-550.

[Chapman *et al.*, 1997] Chapman C., Ward S., Project risk management : processes techniques and insights, John Wiley & Sons, Chischter, England, 1997.

[Charlet *et al.*, 2000] Charlet J., Zackland M., Kassel G., Bourigault D., Ingénierie des connaissances : Evolutions récentes et nouveaux défis, Eyrolles, 2000.

[Chauvet *et al.*, 1999] Chauvet F. and Proth J.M, The PERT problem with alternatives: modelisation and optimisation, *Rapport de recherche de l'INRIA*, 1999.

[Chvidchenko *et al.*, 1994] Chvidchenko I., Chevallier J., Conduite et gestion de projets : principes et pratiques pour petits et grands projets, Cépaduès Editions, 1994.

[Cooper *et al.*, 1987] Cooper D.F., Chapman C, Risk analysis for Large Projects: models, methods and cases, John Wiley & Sons, Chischter, England, 1987.

[Cooper *et al.*, 1999] Cooper R.G., Edgett S.J., Kleinschmidt E.J., New Product Portfolio Management : Practices and Performances, Journal of Product Innovation Management, Vol 16, No.4, pp. 333-351.

[Corriveau, 1996] Corriveau G., Conceptualisation d'une logique du désordre constructif en gestion de projet : fondements, modélisation et hypothèses, thèse de doctorat de l'Université d'Aix-Marseille III, 1996.

[Costello, 1983] Costello D., A practical approach to R&D project selection, *Technological Forecasting and Social Change*, 23 : 353-368, 1983.

[Courtot, 1998] Courtot H., La Gestion des Risques dans les Projets, Economica, 1998.

[Cutting Edge, 2003] Pharmaceutical marketing speciality products displace blockbusters as strategy of choice, Cutting Edge information report, Ed. Cutting Edge, Durham USA, 2003.

[Damak-Ayadi, 2003] Damak-Ayadi S., La théorie des parties prenantes : théorie empirique ou théorie normative ?, 24e Congrès de l'Association francophone de comptabilité, Identification et maîtrise des risques : enjeux pour l'audit, la comptabilité et le contrôle de gestion, Louvain, 22-23 mai 2003.

[Danila, 1989] Danila N., Strategic evaluation and selection of R&D projects, *R&D Management*, 19(1) : 47-62, 1989.

[Davy, 1983] Davy M.F., Economic evaluation of research projects - a procedure, *AACE Transactions*, 1983.

[Dawson *et al.*, 1994] Dawson C.W., Dawson R.J., Clarification of node representation in generalized activity networks for practical project management, International Journal of Project Management, Vol. 12, No. 2, pp. 81-88, 1994.

[Dawson *et al.*, 1998a] Dawson R.J., Dawson C.W., Practical proposals for managing uncertainty and risk in project planning, International Journal Project Management, Vol. 16; No. 5, pp. 299-310, 1998.

[Dawson *et al.*, 1998b] Dawson R.J., Dawson C.W., Idées concrètes pour représenter les risques des projets sur les diagrammes, Revue La Cible, Vol. 74, pp. 41-46, 1998.

[Declerck *et al.*, 80] Declerck R.P., Emery P., Crener M.A., Le management stratégique des projets, Editions Hommes et Techniques, 1980.

[DGA/AQ 923] Le management des risques dans les programmes d'armement - Les concepts de base pour appréhender la démarche de management des risques et son apport à la conduite d'un programme d'armement, Direction Générale de l'Armement – DGA, 1995.

[DGA/AQ 924] DGA/AQ924, Manuel du management des risques dans les programmes d'armement, Direction Générale de l'Armement, Edition juin 1995.

[Dieng, 1993] Dieng R., Méthodes et outils d'acquisition des connaissances, in J.C. Sperandio (éd.), L'ergonomie dans la conception des projets informatiques, Octarès, août 1993, pp. 335-411.

[Dieng *et al.*, 2000] Dieng R., Corby O., Giboin A., Golebiowska J., Matta N., Ribière M., Méthodes et outils pour la gestion des connaissances, Dunod, 2000.

[Di Masi, 2002] Di Masi J., R&D efficiency savings viewed by tufts, Market letter, September 23, 2002.

[ECOSIP, 1993] Ouvrage collectif sous la direction de Giard V. et Midler C., Pilotages de projets et entreprises : diversités et convergences, Ed. Economica-Gestion, 1993.

[El Maghraby, 1964] El Maghraby S., An algebra for the analysis of generalized activity networks, Management science, Vol. 10, No. 4, pp. 494-514, 1964.

[Eisner, 1962] Eisner H., A generalized network approach to the planning and scheduling of a research projet, Journal of the ORSA, Vol. 10, No. 1, January-February 1962.

[Fernez-Walch *et al.*, 2004] Fernez-Walch S., Triomphe C., Le management multi projets, définitions et enjeux, dans [Garel et al., 2004].

[Floricel *et al.*, 2001] Floricel S., Miller R., Strategizing for anticipated risks and turbulence in large-scale engineering projects, International Journal of Project Management, No. 19, pp. 445-455, 2001.

[Forrester, 1980] Forrester JW, Principes des systèmes, MIT Press, Cambridge, Massachussets, 1961, traduit par P. Sylvestre-Baron, Presses Universtaires de Lyon, 1980.

[Freeman, 1984] Freeman E.R., Strategic Management: a stakeholder approach, Titman, Boston, 1984.

[Fumey, 2001] Fumey M., Méthode d'évaluation des risques agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations, thèse de l'INPT, 2001.

[Garel *et al.*, 2001] Garel G., Giard V., Midler C., Management de projet et gestion des ressources humaines, Cahier de recherche du Gregor, 2001-5, 34 pages.

[Garel, 2003] Garel G., Pour une histoire de la gestion de projet, Gérer et comprendre, n° 74, décembre 2003.

[Garel *et al.*, 2004] Ouvrage collectif coordonné par Garel G., Giard V. Midler C., Faire de la recherche en management de projet, FNEGE-VUIBERT, 2004.

[Gautier *et al.*, 1997] Gautier R., Truchot P., Gidel T., Management des risques/projets par la méthode ADIP, Actes du 2e congrès international de génie industriel, Albi, 3-5 septembre 1997.

[GEM, 2002] Groupe des Ecoles des Mines, Terminologie en science du risque, GEM Risque, 2002.

[Giard, 1991] Giard V., Gestion de Projet, Economica, Paris, 1991.

[Giard, 2003] Girad V., Gestion de la production et des flux, Economica, Paris, 2003.

[Gidel, 1999] Gidel T., La maîtrise des risques par la conduite effective du processus décisionnel dans les projets de conception de produits nouveaux, Thèse ENSAM, Paris, 1999.

[Gidel, 2004] Gidel T., Instrumentation du management multi projet, dans [Garel *et al.*, 2004].

[Girin, 1995a] Girin J., Le langage et la compétence des agencements organisationnels, Connexions, 1995.

[Girin, 1995b] Girin J., Les agencements organisationnels in Des savoirs en action, L'Harmattan – Logiques de gestion, 1995.

[Goldratt, 1997] Goldratt E.M., Critical chain, Great Barrington MA: North River Press, 1997.

[Gourc, 1997] Gourc D., Contribution à la réingénierie des systèmes de production, Thèse de doctorat de l'Université de Tours, 21 septembre 1997, Tours.

[Gourc *et al.*, 1999a] Gourc D., Bougaret S., Lacoste G., Difficultés liées à la collecte et capitalisation des informations relatives aux risques techniques des projets innovants dans une structure matricielle, 3e Congrès International de Génie Industriel, Montréal, 26-28 mai 1999, ISBN 2-553-00733-7.

[Gourc *et al.*, 1999b] Gourc D., Bougaret S., Le management des risques appliqué au management de projet et de portefeuille de projets de Recherche & Développement, Actes du Congrès Francophone du Management de Projet, Paris, 26-27 octobre 1999, ISBN 2-9510150-4-6.

[Gourc, 2000] Gourc, D., L'organisation générale des projets pharmaceutiques, La Cible, n° 81, 2000, pp. 9-13, ISSN 0752 5214, Paris.

[Gourc *et al.*, 2000] Gourc D., Bougaret S., L'industrie pharmaceutique : ses projets de développement, leurs caractéristiques et leur management, Revue La Cible, n° 81, Paris, février 2000, pp. 4-8, ISSN 0572 5214.

[Gourc *et al.*, 2001a] Gourc D., Bougaret S., Lacoste G., Le management de l'incertitude dans les projets de conception de nouveaux produits : une approche originale basée sur la spéculation menace / opportunité, Revue Internationale de Gestion et Management de Projets, Vol. III, n° 2, 2001, ISSN 1192-9480.

[Burtin *et al.*, 2001] Burtin B., Gourc D., Bougaret S., Masse J.R., Le management des projets innovants dans le secteur pharmaceutique, Revue La Cible, n° 88, Paris, juin 2001, pp. 15-19, ISSN 0752 5214.

[Esper, 2005] Esper (Estimation Personalisée des Risques), Site Web http://www.hegp.bhdc.jussieu.fr/esper/, 2005

[Gourc *et al.*, 2001b] Gourc D., Vacher B., Pingaud H., Manager les risques en projets : de la prise de conscience à la mise en confiance, Communication & Organisation, décembre 2001.

[Gourc *et al.*, 2002] Gourc D., Bougaret S., La capitalisation des connaissances sur les risques : un outil indispensable pour une bonne maîtrise des risques dans les projets de R&D, Colloque Conduite Economique des Projets, Lille, 27 mai 2002.

[Gourc *et al.*, 2004] Gourc D., Bougaret S., Lacoste G., Un modèle pour l'évaluation de stratégies de développement de nouveaux produits en situation d'incertitude : comment mesurer l'intérêt de réaliser une étude préliminaire dans un projet de R&D pharmaceutique ?, Journal Européen des Systèmes Automatisés, Vol. 38, n° 7-8/2004, 2004.

[Holzinger, 2003] Holzinger E., Monte Carlo – the future of pharmaceutical forecasting?, The Wood MACKENZIE Solution - Wood Mackenzie Consulting – Issue 1, May 2003.

[Info, 1999] Texte collectif de la commission Management des projets de système d'information de l'AFITEP, Un triple regard sur le risque d'un projet de système d'information, Revue La Cible, n° 80, 1999.

[Jolly *et al.*, 1994] Jolly M., Muller J.L., De la gestion de projet au management par projet, AFNOR, 1994.

[Jullien, 1995] Jullien J.P., Manuel du management des risques dans un programme d'armement, DGA, juin 1995

[Kervern *et al.*, 1991] Kervern G.Y., Rubise P., L'archipel du danger, Editions Economica, 1991, 444 pages.

[Knight, 1921] Knight F.H., Risk, Uncertainty and Profit, New York, A.M. Kelley, 1921.

[Lamand, 1993] Lamand G., La maîtrise des risques dans les contrats de vente, AFNOR Paris, 1993.

[Leach, 1999] Leach L.P., Critical Chain project management improves project performance, Project Management Journal, 30 (2) June 1999. pp. 39–51.

[le Bissonnais, 1996] le Bissonnais J., Le risk management et le goût du risque, Revue La Cible, n° 63, juillet 1996.

[Lehman Brothers, 1997] Lehman Brothers, Expectations of R&D returns raised by access to enabling technologies. Building value from innovation, Rapport Lehman Brothers, 1997.

[Lemoigne, 1994] Lemoigne, J.-L., La théorie du système général – théorie de modélisation, éd. Presses Universitaires de France, 1ère édition 1977, 4e édition, 1994.

[Lépineux, 2003] Lépineux F., Dans quelle mesure une entreprise peut-elle être responsable à l'égard de la cohésion sociale ?, Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, CNAM, Paris, 2003.

[Loch *et al.*, 2001] Loch C.H., Bode-Greuel K., Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects, R&D Management, 31(2), 2001.

[Lopez Monsalvo, 1998] Lopez Monsalvo C., Incertitude en pilotage de projets innovants : approche conceptuelle et contribution méthodologique, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 14 décembre 1998.

[Louyot, 1997] Louyot G., Prise en compte des risques dans les projets de développement de produits, Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – Centre de Paris, 10 décembre 1997.

[MADS-MOSAR, 1999] Logiciel Mads-Mosar II, CD Rom version 2.09, Ed. Fox Média, Grenoble, 1999.

[McGraw *et al.*, 1988] McGraw K.L., Seale M.R., Knowledge elicitation with multiple experts: considerations and techniques, Artificial Intelligence Review, (2) : 31-44, 1988.

[Marmuse *et al.*, 1989] Marmuse C., Montaigne X., Management du risque, Vuibert Entreprise, 1989.

[Mercier, 1999] Mercier S., L'éthique dans les entreprises, Ed. La découverte, collection Repères, Paris, 1999.

[Miller et Lessard, 2001] Miller R., Lessard D., Understanding and managing risks in large engineering projects, International Journal of Project Management, No. 19, pp. 437-443, 2001.

[Mira, 1993] Mira S., Elaboration d'une méthode de gestion des risques de développement pour maîtriser le temps de l'innovation technologique et renforcer la compétitivité de l'entreprise, thèse en sciences de gestion de l'Université Jean Moulin Lyon III, mai 1993.

[Morris, 1981] Morris Peter W.G., Managing Project Interfaces: Key Points for Project Success, David I. Cleland Editor, Project Management Handbook, second Edition, 1981, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall.

[Muench, 1994] Muench D., The Sybase Development Framework, 1989, Oakland, Calif., Sybase Inc.

[Murphy, 1989] Murphy Patrice L., Pharmaceutical Project Management: Is It Different?, Project Management Journal, September, 1989.

[Mustafa *et al.*, 1991] Mustafa M. A., Al-Bahar J., Project risk assessment using the Analytical Hierarchy Process, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 38, No. 1, 1991.

[Newbold, 1998] Newbold R. C., Project management in the fast lane, Applying the Theory of Constraints. BocaRaton FL, St-Lucie Press, 1998.

[Peillon, 2001] Peillon S., Le pilotage des coopérations interentreprises : le cas des groupements de PME, Thèse de l'Université Jean Monet, 2001.

[Pelle-Culpin, 1998] Pelle-Culpin C.I., Du paradoxe de la diffusion d'informations environnementales par les entreprises européennes, Thèse de doctorat, Université Paris IX Dauphine, 1998.

[Perilhon, 1999a] Perilhon P., Réflexions sur les modèles de la science du danger, Actes de l'Ecole d'Eté Gestion Scientifique du Risque, 6-10 septembre 1999, Albi.

[Perilhon, 1999b] Perilhon P., MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques), Actes de l'Ecole d'Eté Gestion Scientifique du Risque, 6-10 septembre 1999, Albi.

[Pesqueux, 2002] Pesqueux Y., Organisations : modèles et représentations, Ed. PUF, Paris, 2002.

[Pingaud *et al.*, 2004] Pingaud H., Gourc D., Démarche de pilotage d'un projet industriel par l'analyse des risques, Revue Française de Gestion Industrielle, Vol. 23, n° 2, 2004, , ISSN 0242-9780.

[PMBOK, 2000] A guide to the Project Management Body of Knowledge, Ed. PMI, 2000.

[PMI, 2003] Project Management Institute, Formation Management de Projet, France 2003.

[Porkolab, 2002] Porkolab L., Evaluating R&D projects and portfolios, Drug Discovery Today, 7(4) : 230-231, 2002.

[Pourcel et Gourc, 2005] Pourcel C., Gourc D., Modélisation d'entreprise par les processus : activités, organisation & applications, Ed. Cépaduès, 2005.

[Ravalison, 2004] Ravalison B., Méthodologie d'identification des risques des projets de système d'information : quelle place pour les acteurs ?, Congrès EDSYS, Toulouse, 2004.

[Ravalison, 2005] Ravalison B., Identification des risques d'un projet de construction de portail collaboratif, Rapport confidentiel, Albi, 2005.

[Remu, 2001] REMU - Groupe de Recherches Mulhousien, colloque Le risque dans sa genèse, table ronde interdisciplinaire, Mulhouse, 2001.

[Saaty, 1980] Saaty T.L., The Analytical Hierarchy Process, McGraw Hill, New York, 1980.

[Sabelli, 1999] Sabelli F., Les risques de l'économie et l'économie des risques : le point de vue d'un anthropologue, intervention au 5e Congrès annuel de la Société Suisse de Management de Projet, 22-23 mars 1999, Lausanne.

[Schwartz *et al.*, 1977] Schwartz S.L., Vertinsky I., Multi-attributes investment decision: a study of R&D project selection, Management Science, 24(3) : 285-301, 1977.

[Schmidt, 1996] Schmidt C., Une nouvelle problématique des anticipations : risque et incertitude, pp. 75-87, dans "Stratégies d'incertitude", B. Cova, Ed. Economica, 1996.

[Serre, 1991] Serre C., Les insuffisances du modèle PERT en gestion de projets industriels, 7e convention nationale de l'AFITEP, Paris, 1991.

[Shannon *et al.*, 1949] Shannon C. et al., Théorie mathématique de la communication, Retz-CEPL, Paris (traduction de 1975), 1949.

[Simon *et al.*, 1997] Simon P., Hillson D., Newland K. (eds), Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM), Association for Project Management, 1997.

[Sinclair-Desgagné *et al.*, 1999] Sinclair-Desgagné B., Vachon C., Dealing with major technological risks, CIRANO, Cahier Série Scientifique, 1999.

[Smith *et al.*, 2002] Smith P.G., Meritt G.M., Proactive Risk Management: controlling uncertainty in product development, New York, Productivity Press, 2002.

[Themistocleous *et al.*, 2001]Themistocleous G., Wearne S.H., Project management topic coverage in journals, International Journal of Project Management, Vol. 18, pp. 7-11, 2001.

[Trentesaux, 2002] Trentesaux D., Pilotage hétérarchique des systèmes de production, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 19 décembre 2002.

[Turner, 2000] Turner J.R., The global body of knowledge, and its coverage by the referees and members of the international editorial board of this journal, Editorial of the International Journal of Project Management review, Vol. 18, 2000.

[Urso *et al.*, 2004] Urso D., Vacher B., Un homme à tout savoir ? Les limites de l'approche par les connaissances. Le cas exemplaire de l'outillage de mise en forme, Gérer et comprendre, (76) : 31–42, 2004.

[Villarreal, 2004] Villarreal C., Typologies des risques projets, Rapport interne Centre de Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2004.

[Villarreal *et al.*, 2005] Villarreal C., Gourc D., Zambaa F.A., Pingaud H., L'organisation et les modes de fonctionnement d'un groupement d'entreprises : une analyse par les risques, Rapport confidentiel, Albi, 2005.

[Villarreal, 2005] Villarreal C., Contribution au pilotage des projets partagés par des PME en groupement basée sur al gestion des risques, thèse de l'INPT, 18 octobre 2005.

[Voropajev *et al.*, 2000] Voropajev V.I., S.M. Ljubkin, B.P. Titarenko and D. Golenko-Ginzburg, Structural classification of network models, International Journal of Project Management, Vol. 18, pp. 361-368, 2000.

[Vuillod *et al.*, 2004] Vuillod M., Kesselman D., La négociation de projet : des objectifs à la réalisation, Editions Technip, Paris, 2004.

[Ward, 1995] Ward S., Risk-management perspective on the project lifecycle, International Journal of Project Management, 13:3, pp.145-149, 1995.

[Ward, 1999] Ward S., Assessing and managing important risks, International Journal of Project Management, 17:6, pp. 331-336, 1999.

[Ward *et al.*, 2003] Ward S., Chapman C., Transforming project risk management into project uncertainty management, International Journal of Project Management, 21: 97-105, 2003.

[Williams, 1995] Williams T., A classified bibliography of recent research relating to project risk management, European Journal of Operational Research, Vol. 85, No. 1, 1995.

ANNEXES

ANNEXE I : RESUME DES THESES

Résumé de la thèse de Pierre Bonnal (Th1)

Planification possibiliste d'un grand projet industriel s'appuyant sur l'approche de la chaîne critique

Les planificateurs de projet ont parfois à faire face à de difficiles dilemmes lorsqu'ils ont à choisir un outil de planification approprié à leurs projets : les modèles trop simples sont sources de confusions, ceux plus sophistiqués s'avèrent finalement inutiles à cause de leur piètre réactivité. Les approches de la chaîne critique et de planification floue peuvent constituer un bon compromis. Prises séparément, elles peuvent sembler théoriques, mais lorsque utilisées conjointement elles s'avèrent complémentaires et fournissent un cadre de planification très bien adapté aux grands projets industriels. Après une revue des diverses approches de planification floue, cette thèse propose un environnement de planification multiniveaux complet, pour la planification de grands projets industriels.

Des chercheurs ont récemment mis en évidence que dans un environnement de planification possibiliste, l'identification des activités critiques constituait un problème qui ne pouvait être résolu en un temps de calcul polynomial. Un algorithme est proposé pour fournir une approximation à l'ensemble des activités critiques d'un projet.

Les descripteurs linguistiques sont au nombre des fonctionnalités intéressantes que propose la théorie des ensembles flous. Des descripteurs linguistiques temporels de dates et de durées sont aussi proposés pour la quantification des informations au niveau du planning de coordination, et pour la restitution de celle-ci à l'issue de l'exercice de planification.

Enfin, une arithmétique floue atténuatrice de l'imprécision est proposée afin que les srésultats des calculs soient exploitables.

Mots clés : management de projet, gestion de projet, planification de projet, planification possibiliste, planification floue, chaîne critique, grands projets industriels

Résumé de la thèse de Sophie Bougaret (Th2)

Prise en compte de l'incertitude dans la valorisation des projets de recherche et développement : la valeur de l'information nouvelle

Le devoir de lisibilité vis-à-vis des investisseurs et la nécessité de donner une priorité pour opérer des choix dans un portefeuille de projets ont rendu nécessaire l'optimisation des méthodes d'évaluation des projets. Les travaux présentés dans cette thèse se sont intéressés plus particulièrement aux méthodes de valorisation des projets innovants, dans la perspective de décider ou non d'investir.

Les méthodes classiques ne prennent pas en compte la vision dynamique du projet et considèrent cette décision comme irréversible, pénalisant les projets qui se sont offerts, par le biais d'un plan de développement adéquat, la flexibilité de plusieurs scénarios. Une revue des méthodes plus récentes utilisées dans le management des risques spéculatifs (options réelles, valeurs nettes séquentielles) est réalisée. Un parallèle est établi entre les spéculations boursières et les spéculations sur les résultats d'un projet de Recherche et Développement. Au regard des similitudes identifiées, la comparaison des méthodes développées dans chacun de ces domaines est effectuée.

A partir de là, nous proposons un processus de valorisation applicable aux projets de R&D, et un modèle dont l'objectif est d'attribuer une valeur au projet qui tienne compte des changements ultérieurs possibles et de la flexibilité du plan de développement qui accompagne le projet. Ce modèle détermine une valorisation de l'information scientifique nouvelle, supposée diminuer l'incertitude du projet, et prend en compte l'attitude du décideur face au risque. Sur la base de l'arbre des décisions possibles, une évaluation du risque de conclure à tort est effectuée, associée à l'optimisation du choix de scénario de développement, en fonction de la prédictivité de l'information scientifique délivrée par la R&D. L'application de ce modèle est faite sur un projet pharmaceutique, complétée par une analyse de sensibilité sur les données d'entrée du modèle.

Mots clés : incertitude, projets de R&D, volatilité, scénario, VAN séquentielles, arbre de décisions, risques spéculatifs, valeur de l'information

Résumé de la thèse de Schéhérazade Bakir (Th3)

Contribution à une démarche d'intégration des processus de gestion des risques : étude de la fonction planification

Dans un contexte industriel en forte évolution, induisant des mutations continuelles, ce travail s'est intéressé aux techniques de gestion de projet et à leur utilisation dans un environnement incertain. Nous nous sommes intéressés tout particulièrement au processus et outils de planification du projet et aux impacts de la manifestation de risques du projet sur sa planification. Les méthodes de gestion des risques permettent classiquement d'identifier et de mettre en œuvre les plans de contingence adaptés à chaque risque. Ces plans de contingence conduisent à engager des actions de traitement qui viennent modifier la planification initiale (nouvelles actions à réaliser, actions alternatives, etc.).

Nous proposons dans cette thèse une approche dynamique d'intégration du processus de gestion des risques dans la planification de projet. Nous réalisons cette intégration par la mise en œuvre d'une synchronisation entre plusieurs étapes des deux processus. En outre, nous étendons le formalisme de représentation des plannings afin de pouvoir décrire les alternatives induites par l'analyse des risques. Ce formalisme, inspiré des modèles de représentation de type réseaux d'activités généralisés (GAN), permet de déterminer et modéliser l'ensemble des scénarios de réalisation du projet. Pour évaluer le niveau de risque global du projet, nous présentons un prototype informatique, basé sur le logiciel de gestion des risques @Risk for Project, permettant d'analyser les différents scénarios possibles du projet, leur durée et probabilité de survenue. Nous présentons, pour terminer, une application industrielle qui nous a permis de valider nos propositions ainsi que les résultats obtenus.

Mots clés : risque, incertitude, planification réseau, réseau d'activités alternatives, scénario, simulation Monte Carlo

Résumé de la thèse de Bénalisoa Ravalison (Th4)

Mise en scène des projets de système d'information : apports de la maîtrise des risques dans les projets de système d'information

Ce travail s'intéresse à l'analyse ds risques dans les projets de système d'information. L'analyse bibliographique des outils et méthodes proposées dans ce cadre nous a permis d'identifier une absence d'outillage portant sur la prise en compte des dimensions portées par les acteurs dans ce type de démarche. Nous avons donc porté une attention toute particulière sur le déploiement de méthodologies intégrant la prise en compte des acteurs dans l'analyse des risques.

Nous proposons ainsi une lecture du projet et de son pilotage au travers de la métaphore de la "mise en scéne". Cette notion nous permet de mettre en exergue les acteurs et les jeux d'acteurs sous-jacents.

Nos apports sont le résultat d'un croisement de plusieurs disciplines complémentaires issues des sciences humaines et sociales et de sciences de l'ingénieur. Les propositions que nous formulons portent essentiellement sur les deux premières phases du processus d'analyse des risques : l'identification et l'évaluation-hiérarchisation. Pour chacune des phases, nous proposons des outils originaux. La première proposition porte sur une démarche d'analyse du projet et de recherche des risques potentiels s'appuyant sur le concept de marguerite des thèmes de risque.

En deuxième intention, nous proposons une méthode d'évaluation multicritère des risques, basée sur la méthode AHP..

Résumé de la thèse de Carmen Villarreal (Th5)

Contribution au pilotage opérationnel et tactique d'un projet partagé par des PME en groupement basé sur la gestion des risques

Ce travail s'intéresse aux réseaux (ou groupements) de PME. Un réseau est constitué de PME, généralement localisées dans une même région, qui décident de se regrouper de manière plus ou moins durable et de coopérer entre elles sur un projet fédérateur : partager une ressource rare, jouer l'effet de volume face aux grands donneurs d'ordre, répondre à une proposition d'affaire. Notre étude porte plus spécifiquement sur les groupements constitués en vue de réaliser des productions spécifiques en réponse à des appels d'offre. Ces PME organisent leur travail commun sous la forme d'un projet partagé défini comme un ensemble d'activités et d'opérations qui doivent être réalisées par le groupement dans un temps défini.

Si la gestion de projet classique peut s'appliquer au projet partagé, par définition, l'incertitude est plus difficile à gérer dans de telles organisations. La gestion des risques devient nécessaire pour répondre aux besoins de réactivité. C'est la raison pour laquelle l'intégration des risques à la gestion du projet partagé apparaît comme une facteur important pour définir le cadre de pilotage. De plus, même si les niveaux de pilotage du groupement présentent des similarités avec ceux d'une entreprise, la coordination collective des activités exige de réaliser quelques adaptations et des recommandations spécifiques.

L'objectif de ce travail est de définir les principales caractéristiques d'un cadre de pilotage du projet partagé en se fondant sur la gestion des projets et la gestion des risques. Nos propositions portent sur l'élaboration d'une architecture de pilotage adaptée au pilotage des projets partagés tout en satisfaisant les besoins propres du pilotage du groupement. Pour cela, nous avons établi une classification des risques spécifiques à ce type de groupement permettant de faciliter l'analyse des risques. Une typologie originale, permettant de décrire l'état du groupement et sa dynamique, construite sur les trois dimensions projet partagé, activités partagées, implication des partenaires vient compléter l'architecture de pilotage. Les propositions s'appuient sur une étude empirique réalisée dans un groupement de douze PME du secteur aéronautique situé à Toulouse, France.

Mots clés : projet partagé, groupement de PME, gestion des projets et gestion des risques