



**HAL**  
open science

# Amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience

Vanessa Patricia Manotas Niño

## ► To cite this version:

Vanessa Patricia Manotas Niño. Amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience. Autre. Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, 2017. Français. NNT : 2017INPT0080 . tel-04228130

**HAL Id: tel-04228130**

**<https://theses.hal.science/tel-04228130>**

Submitted on 4 Oct 2023

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

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



Université  
de Toulouse

# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

**Délivré par :**

Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse)

**Discipline ou spécialité :**

Genie industriel

---

**Présentée et soutenue par :**

Mme VANESSA PATRICIA MANOTAS NINO

le mardi 26 septembre 2017

**Titre :**

Amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience.

---

**Ecole doctorale :**

Systemes (Systemes)

**Unité de recherche :**

Laboratoire Génie de Production de l'ENIT (E.N.I.T-L.G.P.)

**Directeur(s) de Thèse :**

M. LAURENT GENESTE

M. PHILIPPE CLERMONT

**Rapporteurs :**

M. ALI SIADAT, ENSAM - ARTS ET METIERS PARISTECH

M. FRANCK MARLE, ECOLE CENTRALE PARIS

**Membre(s) du jury :**

Mme NADA MATTA, UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE TROYES, Président

M. JAIRO MONTOYA, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES BOGOTA, Membre

M. LAURENT GENESTE, ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TARBES, Membre

M. PHILIPPE CLERMONT, ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TARBES, Membre



# Remerciements

Ce travail de recherche a été effectué dans le cadre d'une allocation doctorale au [Laboratoire Génie de Production \(LGP\)](#) de l'[École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes \(ENIT\)](#) et dans l'École Doctorale Systèmes (EDSYS). Je souhaite remercier toutes les membres de l'équipe [Systèmes Décisionnels et Cognitifs \(SDC\)](#), le [Centre de Ressources et de Compétences "Information, Décision et Communication en Entreprise "](#) (CRC-IDCE) et l'Universidad de La Sabana - Colombie pour m'avoir soutenu et avoir contribué à la réalisation de cette thèse.

Ma plus grande gratitude va à mon directeur de thèse, Monsieur Laurent GENESTE, pour sa disponibilité, la confiance qu'il m'a accordée et ses qualités humaines et scientifiques. Je remercie également mon encadrant, Monsieur Philippe CLERMONT pour ses critiques constructives et pour l'autonomie qu'il m'a accordée. Je vous remercie pour les nombreuses discussions, où vous avez partagé votre expertise des différents sujets abordés, et pour vos conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

J'exprime toute ma reconnaissance à Madame Nada MATTA pour avoir accepté de présider mon jury de thèse. Je remercie aussi Monsieur Fran MARLE et Monsieur Ali SIADAT pour avoir bien voulu évaluer mon mémoire de thèse. J'associe à ces remerciements Monsieur Jairo MONTOYA pour m'avoir fait l'honneur d'examiner mes travaux. Ils ont également contribué par leurs remarques et suggestions à améliorer la qualité de ce mémoire.

Je remercie également la plus belle rencontre inattendue de ma vie, Monsieur Luis MARTINEZ ARCONADA pour son soutien moral dans les moments difficiles de mon travail et ses encouragements qui ont été pour moi d'une grande importance dans le développement de cette recherche. Grâce à ses qualités scientifiques, linguistiques et personnelles, il m'a donné envie d'aller plus loin.

Par ailleurs, je tiens également à adresser mes sincères remerciements aux permanents, aux anciens et futurs docteurs que j'ai pu côtoyer ainsi qu'à mon collègue de bureau, Mamadou Bilo, pour son soutien et pour les échanges amicaux pendant ces années.

Je remercie très chaleureusement mes amis colombiens, Victor, Paula et Juan Diego pour m'avoir fait sentir, dès mon arrivée, comme chez moi, pour leur amitié, leur compagnie et leurs conseils.

Je souhaite remercier tout particulièrement ma petite sœur, Maria Camila et mes parents Maribel et Arturo car grâce à leurs prières et leurs encouragements, nous avons pu surmonter tous les obstacles dans cette aventure. *Los quiero mucho* ♥.

Je tiens enfin à remercier Dieu, tout puissant et miséricordieux, pour m'avoir donné la force d'achever ce travail, ainsi que l'audace pour surmonter toutes les difficultés rencontrées.

# Table des matières

Table des matières	v
Table des figures	viii
Liste des tableaux	ix
Liste des acronymes	xi
Introduction générale	1
<b>1 Fondamentaux de l'étude</b>	<b>5</b>
1.1 Introduction	5
1.2 Management de projet	7
1.2.1 Groupe de processus du management de projets	8
1.3 Management des risques	12
1.3.1 Processus de Management des risques	13
1.3.2 Méthodes de cotation des risques	16
1.3.3 Importance du Management des risques	18
1.4 Le Retour d'expériences	19
1.4.1 Définition de l'expérience	20
1.4.2 La démarche du Retour d'expérience	21
1.4.3 Le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)	23
1.5 Les interfaces entre les domaines	24
1.5.1 Interface (MP - MR)	24
1.5.2 Interface (MP - REx)	32
1.5.3 Interface (MR - REx)	35
1.5.4 Discussion	38
1.6 Formulation du problème	39
1.7 Synthèse	41

<b>2</b>	<b>Aspects méthodologiques</b>	<b>43</b>
2.1	Introduction . . . . .	43
2.2	Démarche générale de l'intégration d'un système REx . . . . .	44
2.3	Cadre général de la proposition . . . . .	45
2.4	Description détaillée de la démarche proposée . . . . .	47
2.4.1	Étape 1 : caractérisation du projet . . . . .	48
2.4.2	Étape 2 : analyse et évaluation des risques . . . . .	49
2.4.3	Étape 3 : traitement des risques . . . . .	50
2.4.4	Étape 4 : surveillance du déploiement des actions de maîtrise . . . . .	51
2.4.5	Étape 5 : mesure de la performance de l'analyse des risques . . . . .	52
2.4.6	Utilisation de taxonomies . . . . .	53
2.5	Synthèse . . . . .	56
<b>3</b>	<b>Modèle P.A.S.E support de la méthodologie</b>	<b>57</b>
3.1	Introduction . . . . .	57
3.2	Modèle P.A.S.E pour la caractérisation de l'expérience . . . . .	58
3.3	Caractérisation d'un projet . . . . .	60
3.3.1	Types d'objets caractéristiques d'un projet . . . . .	62
3.3.2	Types d'interactions entre objets d'un projet . . . . .	63
3.3.3	Représentation du contexte actuel du projet par un graphe orienté étiqueté . . . . .	64
3.4	Caractérisation des risques d'un projet . . . . .	69
3.4.1	Descripteur « Événement » . . . . .	72
3.4.2	Descripteur « Causes » . . . . .	74
3.4.3	Descripteur « Effets » . . . . .	75
3.4.4	Descripteur « Criticité » . . . . .	76
3.5	Caractérisation des actions de maîtrise . . . . .	77
3.5.1	Descripteur « Actions de maîtrise » . . . . .	78
3.6	Caractérisation de l'évaluation de la performance . . . . .	79
3.7	Synthèse . . . . .	81

---

<b>4 Mécanismes de réutilisation des Expériences</b>	<b>83</b>
4.1 Introduction . . . . .	83
4.2 Approche pour la réutilisation des expériences . . . . .	85
4.3 Étape 1 - Définition du problème à résoudre . . . . .	86
4.4 Étape 2 - Exploration de la base d'expérience à partir de la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés . . . . .	87
4.4.1 Définition des graphes à comparer . . . . .	88
4.4.2 Détermination d'une matrice de similarité entre sommets et entre arcs . . . . .	89
4.4.3 Construction de la matrice d'affinité par paire . . . . .	94
4.4.4 Formulation du problème de recherche de la correspondance optimale entre les graphes . . . . .	96
4.4.5 Proposition d'une approche basée sur un algorithme génétique pour la résolution du problème . . . . .	97
4.5 Étape 3 - Sélection des projets passés similaires au projet actuel . . . . .	104
4.6 Étape 4 - Analyse et adaptation des solutions . . . . .	105
4.7 Synthèse . . . . .	108
<b>5 Cas d'application</b>	<b>109</b>
5.1 Introduction . . . . .	109
5.2 Illustration sur un projet de construction des bâtiments . . . . .	110
5.2.1 Acteurs et activités dans les projets de construction . . . . .	110
5.2.2 Définition du Projet actuel . . . . .	112
5.2.3 Taxonomie des objets, des interactions entre objets et des types de risques caractérisant de projets de construction de bâtiments . . . . .	114
5.3 Présentation succincte de la méthode de recherche dans la base d'expériences	114
5.4 Synthèse . . . . .	131
<b>Conclusion générale</b>	<b>133</b>
<b>Glossaire</b>	<b>139</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>151</b>
<b>Annexe 1</b>	<b>154</b>





# Table des figures

1.1	Groupe de processus de Management de Projet . . . . .	9
1.2	Processus de Management des risques . . . . .	13
1.3	Méthode REx . . . . .	21
1.4	Interfaces entre deux domaines . . . . .	24
1.5	Comparaison entre méthodologies de Management des risques dans les projets	25
1.6	Processus de Management des Risques d'un Projet . . . . .	26
1.7	Diagrammes du management . . . . .	31
2.1	Modélisation du cadre de travail . . . . .	44
2.2	Articulation entre processus de gestion de projet et de gestion des risques .	46
2.3	Activités de traitement des risques . . . . .	51
2.4	Taxonomie des risques opérationnels liés à la cybersécurité . . . . .	54
2.5	Taxonomie des risques projet . . . . .	55
3.1	Caractérisation de l'expérience . . . . .	59
3.2	Éléments du modèle de caractérisation générale du contexte d'un projet . .	61
3.3	Exemple de représentation sagittale d'un graphe orienté étiqueté . . . . .	67
3.4	Exemple de taxonomie d'objets d'un projet . . . . .	68
3.5	Exemple de taxonomie des interactions . . . . .	69
3.6	Modèle conceptuel de caractérisation des risques d'un projet . . . . .	70

3.7	Arbre de défaillance . . . . .	74
3.8	Modèle conceptuel pour caractériser des actions de maîtrise . . . . .	77
3.9	Modèle conceptuel pour caractériser des actions de maîtrise . . . . .	79
4.1	Démarche globale pour la réutilisation des expériences . . . . .	85
4.2	Exemple du contexte du projet actuel de la Figure 3.3 . . . . .	86
4.3	Factorisation de l'appariement entre graphes . . . . .	87
4.4	Exemple du calcul des matrices U et V . . . . .	89
4.5	Similarité sémantique dans une taxonomie . . . . .	91
4.6	Représentation de graphes pour mesurer la similarité . . . . .	92
4.7	Extrait d'une taxonomie d'objets d'un projet . . . . .	92
4.8	Exemple de calcul de la matrice $K^S$ . . . . .	93
4.9	Exemple de calcul de la matrice $K^A$ . . . . .	94
4.10	Exemple de calcul de la matrice $K$ . . . . .	95
4.11	Exemple de matrice de permutation X . . . . .	96
4.12	Niveaux d'organisation dans un algorithme génétique . . . . .	99
4.13	Codage de la matrice de permutation X . . . . .	99
4.14	Croisement en un point . . . . .	101
4.15	L'opérateur de mutation . . . . .	102
4.16	Résultat des essais testés par instance . . . . .	103
4.17	Représentation des projets similaires au projet actuel . . . . .	104
4.18	Cartographie associée au risque . . . . .	105
4.19	Exemple d'une matrice similarité-criticité . . . . .	107
5.1	Détail de la taxonomie d'objets d'un projet de construction . . . . .	118
5.2	Taxonomie des interactions entre objets d'un projet . . . . .	119
5.3	Taxonomie des risques d'un projet de construction . . . . .	120
5.4	Graphe orienté étiqueté du Projet actuel . . . . .	121
5.5	Graphe orienté étiqueté du Projet ( $P_1$ ) . . . . .	123
5.6	Graphe orienté étiqueté du Projet ( $P_2$ ) . . . . .	124
5.7	Matrice d'incidences $U_a, V_a$ pour le projet actuel . . . . .	125
5.8	Résultats de l'algorithme pour différentes configurations d'instances . . . . .	126
5.9	Évolution des scores en fonction du nombre de permutations . . . . .	128
5.10	Cartographie associée aux risques . . . . .	130

# Liste des tableaux

1.1	Évaluation de la probabilité d'occurrence d'un événement . . . . .	16
1.2	Évaluation de la gravité de survenance d'un risque . . . . .	17
1.3	Évaluation de la détectabilité d'un risque . . . . .	17
1.4	Méthodes d'analyse des risques . . . . .	28
3.1	Description des symboles pour le schéma conceptuel . . . . .	71
4.1	Rapport de projets passés similaires « RPPS » . . . . .	105
4.2	Exemple d'échelle de similarité entre projets . . . . .	106
4.3	Exemple d'échelle de criticité des risques d'un projet . . . . .	106
4.4	Exemple d'échelle d'évaluation des risques passés . . . . .	106
4.5	Rapport de projets similaires avec risques critiques <i>RPSC</i> . . . . .	108
5.1	Résultats détaillés pour l'algorithme des meilleures valeurs de $P_a$ , $P_1$ et $P_2$ pour chaque instance . . . . .	127
5.2	Exemple d'un Rapport de projets passés similaires « RPPS » pour le cas d'application . . . . .	129
5.3	Rapport de projets similaires avec risques critiques <i>RPSC</i> pour le cas d'application . . . . .	130
5.4	Niveau d'impact selon différentes normes . . . . .	154
5.5	Échelles de probabilité d'occurrence d'un événement selon différents normes	155
5.6	Niveau de criticité selon différentes normes . . . . .	156



# Liste des acronymes

- AFAT** *French Air Force Aerobatic Team*. 37
- AFNOR** Association française de Normalisation. 133
- AG** Algorithme génétique. 98
- AMDEC** Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité –ou *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA). 28, 29, 32
- APD** Avant-projet définitif. 111
- APR** Analyse préliminaire des risques. 32
- APS** Avant-projet sommaire. 111
- COSO II** *Committee of Sponsoring organizations of the Treadway Commission*. 1, 18
- CRC-IDCE** Centre de Ressources et de Compétences « Information, Décision et Communication en Entreprise ». iii, 122
- ENIT** École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes. iii, 2
- FD X50-117** Gestion du risque - Management des risques d'un projet. 25, 38, 43, 45, 133
- ISO** Organisation internationale de normalisation. 1
- LGP** Laboratoire Génie de Production. iii, 2, 134
- MOA** Maître d'ouvrage. 110–113
- MOE** Maître d'œuvre. 110, 111, 113
- MP** Management de Projets. 2, 7, 8, 10, 12, 24, 38, 44, 45, 48, 133, 134
- MR** Management des Risques. 2, 7, 12, 13, 24, 27, 36, 38, 39, 44, 45, 47, 48, 85, 110, 133, 134
- P.A.S.E.** Projet - Analyse - Solution - Évaluation. 56, 59, 60, 85, 130, 134
- PDCA** Planifier - Développer - Contrôler - Ajuster. 46
- PESTLE** *Political, economic, social and technological*. 28
- PMI** *Project Management Institute, Inc.* 7, 8, 10, 24, 50, 133

**PRAO** *Processus de réponse à appel d'offres.* 38

**PROMONT** *Project Management Ontology.* 11

**QAP** *Quadratic Assignment Problem.* 96

**RàPC** *Raisonnement à Partir de Cas.* 23, 85, 86

**REx** *Retour d'expériences.* 2, 7, 19–24, 26, 33–39, 41, 44, 47, 133, 134

**SDC** *Systèmes Décisionnels et Cognitifs.* iii

**SWOT** *Strengths* (forces), *Weaknesses* (faiblesses), *Opportunities* (opportunités), *Threats* (menaces). 14, 29

**Sylk** *Systemic Lessons Learned Knowledge.* 34

# Introduction générale

Depuis plusieurs années, les entreprises ont mis en place des organisations par projet pour être capables de répondre rapidement et de manière efficiente aux exigences des marchés.

Toutefois, la mise en place de ce type d'organisation n'est pas suffisante pour garantir le succès. Dans le contexte actuel où les contraintes financières, temporelles, humaines, matérielles et normatives sont de plus en plus rigoureuses et où la complexité des projets est croissante, la présence de risques et d'incertitudes est inéluctable avec des conséquences pouvant être, à court, moyen ou long terme, désastreuses pour la performance du projet.

Ainsi, pour tenir compte cette situation, il est apparu indispensable de mettre en place des systèmes efficaces de gestion des risques. La plupart des entreprises ont intégré au sein de leurs projets des programmes de management des risques. Cela a constitué le point de départ de nombreux travaux relatifs au management de projet et à la maîtrise des risques, menés à la fois dans les champs théoriques et pratiques, en vue d'améliorer les performances des projets et l'efficience des organisations.

Aujourd'hui, les gestionnaires de projet ont à leur disposition des référentiels et normes publiés par différents organismes comme l'[Organisation internationale de normalisation \(ISO\)](#) avec la série de normes l'ISO 31000 ou le [Committee of Sponsoring organizations of the Treadway Commission \(COSO II\)](#) avec le référentiel « *Enterprise Risk Management Framework* », en vue d'organiser, de soutenir et de déployer des démarches dédiées au management des risques dans les entreprises, processus ou projets. Ces référentiels, riches en informations, contiennent aussi bien les principes et vocabulaires du Management des risques, que les lignes directrices, outils et exigences pour faire accréditer son organisation. Toutefois, les recommandations disponibles dans ces normes et les démarches qui en découlent présentent des limitations en termes de capitalisation des expériences et de génération de règles de bonnes pratiques, et tout particulièrement dans le cadre des projets, où les équipes sont variables.

De ce constat nous pouvons conclure que, pour améliorer la situation actuelle, il sera utile de disposer de méthodologies de gestion des risques qui intègrent la réutilisation des expériences issues d'autres projets en tenant compte des caractéristiques du projet considéré.



Ainsi, pour améliorer l'analyse des risques dans les projets et renforcer leur efficacité, les gestionnaires de projet devraient pouvoir facilement utiliser les expériences et les bonnes pratiques acquises au cours de projets antérieurs. La nécessité de capitaliser les expériences positives (bonnes pratiques) et négatives (échecs) dans les projets n'est plus à démontrer : la fuite des savoirs, la dissolution de l'équipe de projet, le changement d'employeur, les départs en retraite, le manque de communication, entre autres, sont autant de facteurs qui peuvent mettre en danger la valeur première de la compétitivité d'une entreprise : leurs savoirs, leur savoir-faire et leurs expériences. C'est cette réutilisation que l'on va nommer le retour d'expérience, lequel constitue une source de connaissances importante pour réduire les niveaux d'incertitude et donc les risques dans les projets.

Au fur et à mesure que des méthodologies de retour d'expérience sont apparues, elles ont été reconnues et appliquées dans de nombreuses entreprises. Toutefois, les entreprises se sont souvent contentées de recueillir des informations en fin de projet en pensant que cela suffirait à générer les connaissances nécessaires pour améliorer leurs performances. Malheureusement, la capitalisation de ces expériences à la clôture du projet ne permet souvent que la capture de quelques événements mémorisés par les experts impliqués. De ce fait, l'information capitalisée est difficile à réutiliser directement dans une nouvelle analyse de risques.

Sur la base de ce constat, nos efforts se sont concentrés sur l'élaboration d'une méthode ayant pour but d'améliorer le processus de gestion des risques dans les projets en utilisant un système de retour d'expérience et, ainsi, de s'inscrire dans une logique d'amélioration continue.

La méthode envisagée dans ce travail de thèse est basée sur un système d'exploitation des expériences qui permet de développer des compétences clés comme : la capacité à prendre des décisions collectivement, la réflexion, l'apprentissage et la capacité prospective (capacité à envisager). Le modèle proposé est défini sur la base de l'étude de trois domaines centraux : le [Management de Projets \(MP\)](#), le [Management des Risques \(MR\)](#) et le [Retour d'expériences \(REx\)](#). Nous nous sommes basé sur la démarche de retour d'expérience développée depuis plusieurs années par le [LGP](#) de l'[ENIT](#) ([Botero Lopez, 2014](#)), ([Villeneuve, 2012](#)), ([Jabrouni, 2012](#)), ([Bertin, 2012](#)) et ([Rakoto, 2004](#)).

La singularité de nos travaux réside dans le fait d'intégrer explicitement un mécanisme de retour d'expérience en continu afin d'améliorer la performance des processus de gestion des risques dans les projets sans être obligé d'attendre la clôture du projet.

Il ne s'agit pas seulement d'une capitalisation de l'information mais aussi des expériences acquises pendant le projet, lesquelles pourront être utilisées dans le but de produire de l'apprentissage et des améliorations dans des projets futurs. Ce qui précède nous conduit à la création d'un système de retour d'expériences qui doit respecter un ensemble de conditions pour accomplir ses objectifs :

- Un système de Retour d'expérience doit permettre une capitalisation d'expériences et de connaissances et une exploitation de ces éléments au fil de l'eau.

- L'information capitalisée doit se baser en priorité sur des faits ou événements, et non sur des interprétations et avis pour pouvoir garantir l'objectivité.
- Les expériences doivent pouvoir être capitalisées sur des éléments clés.
- Le retour d'expérience doit être destiné à aider les experts à identifier les faits antérieurs pertinents et à évaluer les impacts des actions prises.

Compte tenu de ce qui précède, nous proposons de mettre en œuvre une démarche de modélisation des connaissances orientée retour d'expérience. Nous définissons un modèle permettant de caractériser les projets, les risques et les expériences en vue du repérage, de la capitalisation et de l'exploitation des expériences. La modélisation de ces éléments permet également de disposer d'une structuration facilitant une compréhension plus rapide du projet ou de ses éléments constitutifs.

Nous avons développé un modèle qui permet de représenter les éléments clés utilisés lors du processus de management des risques et ainsi de faciliter la capitalisation des expériences et la recherche des expériences antérieures similaires, permettant ensuite de standardiser et d'améliorer la démarche de management des risques.

Les résultats attendus de ces travaux de thèse sont à la fois techniques et méthodologiques :

- Création d'un guide méthodologique pour l'aide à la gestion des risques, principalement dans les phases de planification et d'exécution des projets.
- Élaboration d'un modèle conceptuel incluant les dimensions projet, risque et retour d'expérience.
- Élaboration de mécanismes d'inférence permettant d'améliorer la réutilisation des expériences et la création de connaissances en gestion des risques pour les projets.
- Développement d'un démonstrateur (logiciel) afin de vérifier l'applicabilité des techniques et de la méthodologie élaborée.

Ce mémoire s'organise en cinq chapitres.

Le premier chapitre présente une lecture globale et contextualisée de notre domaine d'étude, en conformité avec la problématique de recherche. Ce chapitre a pour objectif d'exposer le cadre du processus de Management de projets, de Management des risques et le Retour d'expérience, ainsi que des différents travaux de recherche à l'intersection entre ces domaines. Notre but est de montrer la nécessité de développer une méthode d'amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience.

Le chapitre 2, quant à lui, s'attache à décrire la méthodologie proposée.

Le chapitre 3 se concentre sur la définition d'un modèle permettant de caractériser les projets, les risques et les expériences en vue du repérage, de la capitalisation et de l'exploitation des connaissances.

Le chapitre 4 est consacré au développement d'un algorithme pour la recherche et l'exploitation des expériences capitalisées à partir d'une mesure de la similarité entre des graphes orientés étiquetés.

Dans le dernier chapitre, nous présentons un exemple simplifié d'implémentation en vue d'illustrer le modèle et l'exploration des expériences capitalisées dans une base d'expériences.

# Chapitre 1

## Fondamentaux de l'étude

### Sommaire

---

<b>1.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Management de projet</b>	<b>7</b>
1.2.1	Groupe de processus du management de projets	8
<b>1.3</b>	<b>Management des risques</b>	<b>12</b>
1.3.1	Processus de Management des risques	13
1.3.2	Méthodes de cotation des risques	16
1.3.3	Importance du Management des risques	18
<b>1.4</b>	<b>Le Retour d'expériences</b>	<b>19</b>
1.4.1	Définition de l'expérience	20
1.4.2	La démarche du Retour d'expérience	21
1.4.3	Le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)	23
<b>1.5</b>	<b>Les interfaces entre les domaines</b>	<b>24</b>
1.5.1	Interface (MP - MR)	24
1.5.2	Interface (MP - REx)	32
1.5.3	Interface (MR - REx)	35
1.5.4	Discussion	38
<b>1.6</b>	<b>Formulation du problème</b>	<b>39</b>
<b>1.7</b>	<b>Synthèse</b>	<b>41</b>

---

### 1.1 Introduction

Les projets sont des organisations spécifiques en vue d'atteindre un objectif donné qui est d'étudier, de développer ou de créer un produit ou un service pour répondre aux besoins d'un client (Gray et Larson, 2014). Les projets se caractérisent par leur caractère éphémère, leurs ressources limitées et leurs contraintes, lesquels génèrent des niveaux

élevés d'incertitudes et de risques (PMI, 2013). De nos jours, les entreprises s'intéressent, de plus en plus, à structurer leur organisation par projet et ce, pour l'ensemble des activités liées aux produits ou services, de l'analyse des besoins au recyclage. En effet, l'organisation par projet favorise les échanges entre les acteurs et le travail collaboratif, éléments fondamentaux pour aboutir à des décisions pluridisciplinaires robustes et en phase avec les objectifs à atteindre. Ces échanges répétés conduisent à un transfert et à un partage des expériences (bonnes pratiques) et écueils vécus par les membres du projet, dans d'autres projets, tel que le signale le référentiel [FD X50-115](#) (AFNOR, 2001). L'organisation par projet présente de nombreux avantages et notamment la réduction des délais, des coûts et des itérations lors des développements, l'opportunité d'apprentissage individuel et collectif, et le partage des informations (Jancourt et Simart, 2016). Néanmoins, l'organisation par projet ne conduit pas toujours au succès et les projets doivent faire face à de nombreux problèmes et variations de temps, de budget ou de disponibilité des ressources, le tout dans un contexte incertain et risqué. Enfin, force de constater un manque de systématisme dans l'élaboration des bilans de projet, bilans indispensables pour pouvoir inscrire dans une logique d'amélioration continue.

Afin de pouvoir atteindre ce succès malgré les multiples contraintes et incertitudes, les entreprises ont mis en œuvre de nombreuses pratiques de Management de Projet, permettant de consolider les connaissances et les compétences nécessaires à la construction d'une réponse adaptée aux multiples exigences d'un projet. Ces pratiques couvrent ainsi l'ensemble du cycle de vie d'un projet, depuis l'identification des besoins des clients et jusqu'à la satisfaction de leurs attentes, parfois contradictoires. Toutefois, comme le prouvent les nombreuses études tel que (Kerzner, 2013) ou (TSG, 2014), leur mise en œuvre a permis, au fil du temps d'augmenter la probabilité de succès mais aussi la compétitivité des organisations dans lesquelles sont développés les projets.

Parmi toutes ces pratiques, il faut souligner celles relatives à la gestion des risques divers et variés inhérents à tout projet. En effet, au vu des niveaux d'incertitude existants dans les projets, les risques et leur management constituent un facteur clef de réussite quant à la capacité de l'organisation à atteindre les objectifs de tout projet. Ainsi, les gestionnaires de projet (ou responsables de projet) ont progressivement implémenté des pratiques de Management des risques afin d'améliorer leur capacité à identifier et à gérer les risques connus ou inconnus (Bartlett, 2007) et donc à atteindre le succès. Ce domaine constitue d'ailleurs un axe majeur de développement des projets mais aussi des autres processus de l'entreprise tel que le montrent les évolutions de la norme [Norme ISO 9000](#) avec la version 2015 (ISO, 2015).

Face à ces constats, nous avons décidé d'axer nos travaux de recherche sur l'amélioration du Management des risques dans les projets par l'élaboration d'une méthodologie dont la spécificité est d'être orientée sur la capitalisation et l'exploitation des expériences passées. Conformément à la vocation des méthodes de Management des risques, nous proposons une méthodologie d'amélioration de l'efficacité des processus d'identification, d'analyse et de mitigation des risques d'un projet par la réutilisation des expériences et connaissances issues de l'exécution de projets passés.

Dans ces travaux, nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'étude de trois domaines principaux : le **MP**, le **MR** et le **REx**. Nous allons commencer par présenter chaque domaine, l'approche globale et les axes de travaux permettant de justifier l'utilisation de ces domaines par les organisations. Toutefois, ces trois domaines étant particulièrement vastes et dans un souci de concision, nous avons décidé de ne mettre l'accent que sur les éléments d'intérêt commun.

Dans un premier temps, nous ferons une introduction sur le Management de projet et les fondements qui permettent de comprendre sa mise en œuvre. Par la suite, nous exposerons les méthodes classiques pour gérer les projets, les risques et les expériences. Nous finirons ce chapitre par une analyse des actions scientifiques à l'interface entre les domaines considérés deux à deux.

## 1.2 Management de projet

Parmi les nombreuses définitions du **Management de Projets**, nous avons retenu celle proposée par le *Project Management Institute, Inc* (PMI) (PMI, 2013) : « un projet peut être défini comme une séquence d'activités temporaires visant à produire un résultat (tangible ou intangible) spécifique appelé « contenu » (livrable majeur) ». Les produits et/ou services obtenus représentent la cible du projet et doivent répondre aux besoins des multiples clients. Par conséquent, un projet doit comporter l'ensemble des processus nécessaires à l'atteinte de la cible tout en respectant les objectifs et les obligations inhérents à tout projet. Par obligations, nous entendons les aspects auxquels tout responsable de projet doit répondre, à savoir, garantir la sécurité de ses personnels, la sûreté des équipements et infrastructures et le respect de la réglementation en vigueur. En ce qui concerne les objectifs, ils sont souvent présentés sous la forme du Triangle des Équilibres « Contenu, Coût, Délai » (Gray et Larson, 2014), triangle qui est toujours déséquilibré.

Ainsi, un projet est une séquence unique et éphémère d'activités complexes, coordonnées et interconnectées, qui est destinée à trouver de nouveaux moyens ou paradigmes pour satisfaire les attentes de clients spécifiques. Notons que dans un projet, nous définissons la notion de clients par « Ensemble des personnes, physiques ou morales, auxquels il est nécessaire de fournir un ou plusieurs livrables au long ou à la fin du projet, pour permettre une exécution sans encombre des activités du projet ».

Ils existent différents facteurs associés aux causes de succès et d'échec d'un projet, parmi lesquelles se distinguent la complexité du projet et les interactions entre les différents éléments constitutifs d'un projet (Marle, 2002). Selon cet auteur, un projet peut être classé par objet (projet, livrable, objectif, activité, acteur, décision et existant impacté) avec des propriétés distinctes qui permettent de maîtriser sa complexité et d'anticiper son comportement. Ces objets comportent différents types de liens (hiérarchique, de ressource, séquentiel, de contribution, d'influence, de ressemblance et d'échange) qui représentent les interactions possibles. Cette formalisation du projet en objets et en liens permet de

mieux définir les actions à mener, de réduire la complexité du projet ou d'attribuer les responsabilités entre les acteurs. La décomposition d'un projet en éléments plus simples à « manipuler », l'affectation des ressources et la gestion de l'état d'avancement sont des basiques de l'élaboration d'un projet. De plus, cette décomposition permet de faciliter les opérations d'identification des risques associés aux objets et de mise en œuvre des actions préventives et/ou curatives.

Selon le référentiel [FD X50-115 \(AFNOR, 2001\)](#), la Direction de projet est responsable des fonctions d'orienter, de piloter et de développer les stratégies concernant l'organisation du projet, l'animation de l'équipe et la maîtrise des risques. La Direction de projet est composée des activités nécessaires au déroulement opérationnel du projet. Elle a donc en charge la gestion de projet, c'est-à-dire la mise en œuvre du plan, l'analyse des risques, et le contrôle et le suivi des risques et des coûts. Toutefois, le projet évoluant dans un environnement variable, la Direction de projet doit continuellement faire évoluer l'organisation du projet pour l'actualiser en fonction du « Reste à faire », tout en prenant en compte les risques internes et externes susceptibles d'impacter en positif ou en négatif l'atteinte des objectifs ([ISO, 2012](#)).

### 1.2.1 Groupe de processus du management de projets

Il existe un ensemble de documents normatifs relatifs aux projets et au [MP](#), offrant des directives pour conduire un projet au succès. Depuis 1980, différentes institutions et centres de recherche ont élaboré des normes en matière de [MP](#) impliquant des projets, des personnes et des organisations ([Crawford, 2007](#)). Ces normes ont été organisées suivant trois dimensions :

- Projets : connaissances et pratiques pour la gestion de projets individuels
- Organisations : connaissances et pratiques en gestion de projets d'entreprise
- Personnes : certification du développement, de l'évaluation et de l'enregistrement des personnes

Dans ce travail de thèse, nous nous appuyons sur le modèle proposé par le [PMI \(PMI, 2013\)](#), dans la dimension projets, car il propose des pratiques reconnues et éprouvées par de nombreuses entreprises pour réussir un projet. Nous reprendrons donc l'approche de planification d'un projet par décomposition successive du travail et la charte du projet (document qui autorise l'initialisation du projet) permettant de définir toutes les étapes de démarrage du projet et les exigences initiales. Selon le [PMI](#) (cf. figure 1.1), le [MP](#) est composé de cinq processus (Démarrage - Planification - Exécution - Suivi et contrôle - Clôture) ayant des interfaces et des flux d'information clairement spécifiés.

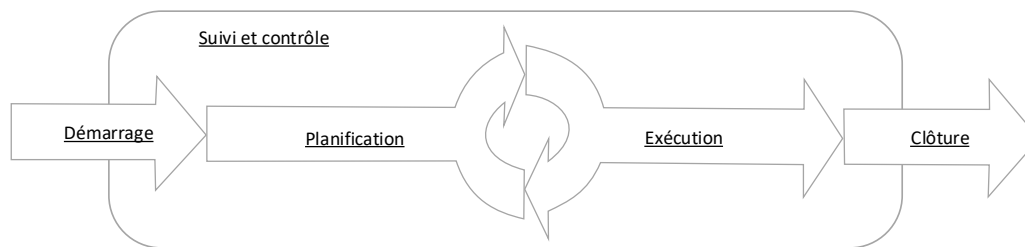


FIGURE 1.1 – Groupe de processus de Management de Projet, selon (PMI, 2013)

Ces processus permettent de faciliter l'utilisation de connaissances, d'outils et de techniques afin de contribuer et de garantir la progression effective du projet tout au long de son cycle de vie.

Ainsi, le management d'un projet est effectué par l'intégration de ces cinq processus complémentaires :

1. **Démarrage** : ce processus vise à définir un nouveau projet, ou une phase émergente d'un projet existant et de présenter l'ensemble des informations nécessaires pour obtenir l'autorisation de démarrage du projet. Dans ce processus, il faut spécifier clairement la justification et l'origine du projet, les ressources à prévoir, ainsi que l'identification du chef de projet. Cette affectation de responsabilité fait l'objet d'une charte projet regroupant toutes les informations et qui doit être signée par le sponsor du projet.
2. **Planification** : ce processus vise à définir l'ensemble des phases, activités et jalons nécessaires pour transformer les attentes des clients à l'origine du projet, en leur satisfaction. Le processus consiste à établir une décomposition successive des livrables à fournir en éléments plus simples à appréhender selon le principe de Descartes, puis à identifier les actions à mener et leurs dépendances pour être en mesure d'élaborer chacun des livrables. L'ensemble des actions à mener sont, par la suite, ordonnancées en intégrant les ressources et les budgets nécessaires. Le résultat est le plan du projet qui constitue la feuille de route à suivre.
3. **Exécution** : ce processus rassemble l'ensemble des tâches à mener pour accomplir le travail ayant été défini lors du plan de projet, tout en respectant les spécifications et les exigences du projet. Dans ces processus vont être exécutées :
  - Les actions qui ont été planifiées au préalable dans le plan de projet,
  - Les actions correctives ayant été prévues ou pas dans le plan de projet, en tenant compte des dérives des objectifs et du plan de projet.
4. **Suivi et contrôle** : ce processus vise à suivre, à revoir et à réguler l'avancement et les performances du projet. Il vise aussi à identifier les « emplacements » dans le plan de projet initial où des modifications sont obligatoires, et de faire les ajustements nécessaires. Le processus consiste à mesurer de façon régulière l'avancement du



projet en termes de coût, de délai, de ressources et de livrables, et à définir les corrections nécessaires pour revenir à une situation acceptable.

De plus, lors des processus de suivi, la direction doit constituer un système de contrôle axé sur la bonne exécution du projet, à travers l'emploi d'outils spécifiques de maîtrise de risques et de gestion des conflits et des problèmes, pour atteindre les objectifs attendus du projet.

Il est à noter que ce processus de Suivi et Contrôle du projet sera une cible privilégiée dans la suite de nos travaux.

5. **Clôture** : ce processus vise, dans tous les groupes de processus, à clore officiellement toutes activités du projet ou d'une phase du processus. Le processus consiste à vérifier l'acceptation formelle des différents livrables et l'exhaustivité des documents relatifs à la clôture des tâches et phases.

Cette modélisation du Management de projet à l'aide de 5 processus interactifs s'applique intégralement à tous types de projets ou à certaines phases sous certaines conditions comme qu'elles soient pilotées par une équipe différente, que la clôture soit conditionnée par un jalon de décision, ou que la planification ne puisse être entièrement réalisée du début à la fin du projet (PMI, 2014).

Le PMI (PMI, 2014) structure le MP dans le PMBOK® autour de dix domaines de connaissances : le management de l'intégration du projet, le management du contenu du projet, le management des délais du projet, le management des coûts du projet, le management de la qualité du projet, le management des ressources humaines du projet, le management des communications du projet, le Management des risques du projet, le management des approvisionnements du projet et le management des parties prenantes. Ces domaines de connaissances comprennent les aspects relatifs aux exigences d'un projet qui doivent être précisés.

Parmi ces 10 domaines de connaissances, le « management des communications » du projet est un domaine clef de nombreux travaux.

La communication a pour mission d'offrir aux acteurs du projet la possibilité d'échanger des informations pertinentes telles que les politiques d'acceptation, les problèmes mineurs ou majeurs, les éclaircissements et les résolutions ou demandes de modification. Dans le but de renforcer le management des communications, différents modèles de systèmes d'information ont été développés comportant divers outils et méthodes de communication entre les parties prenantes. L'objectif principal d'un système d'information d'un projet est de centraliser l'état d'avancement de chaque composante du projet et de tracer les évolutions du projet au fil de son exécution en vue d'apporter une assistance aux gestionnaires de projet dans l'organisation, la préparation et le choix de l'information. De plus, il doit permettre de contrôler les accès à l'information. Ils servent aussi à collecter et à communiquer des données, des informations et des rapports concernant l'état de performance du projet, de son évolution et des prévisions.

D'après le PMI (PMI, 2014), il existe trois types d'informations recueillies, analysées, transformées et distribuées dans un projet pour établir des décisions stratégiques, tactiques ou opérationnelles :

- **Données de performance du travail** : observations et mesures brutes relevées au cours de l'exécution des activités menées pour accomplir le travail du projet : taux d'avancement des travaux effectivement exécutés, mesures de qualité, performances techniques, dates de début et de fin, nombre de demandes de modification, nombre de défauts, coûts réels, taux d'engagement des ressources, les risques identifiés et non identifiés qui sont survenus, combien de nouveaux risques sont identifiés, l'efficacité du plan d'intervention en cas de risque, l'impact des risques sur les objectifs et les obligations du projet.
- **Information sur la performance du travail** : données de performance recueillies à travers les divers processus de maîtrise, analysées dans leur contexte et intégrées sur la base des liens entre les domaines. Ici, les experts analysent les données sur le rendement du travail et ils comparèrent les performances prévues avec les performances réelles. En fonction du nombre d'informations de performance, il est possible d'évaluer l'état des livrables, l'état de la mise en œuvre des demandes de modification, les coûts estimés pour achèvement.
- **Rapports sur la performance du travail** : représentation physique ou électronique des informations sur la performance du travail rassemblées dans les documents du projet, destinés à générer des prises de décision, à soulever des questions, à engager des actions ou à sensibiliser. Comme exemple, nous pouvons citer, entre autres, les rapports d'état, les mémos, les justifications, les notes d'information, les tableaux de bord, les recommandations ou les mises à jour.

L'implantation d'un système d'information dans un projet doit aboutir au développement de processus d'apprentissage des pratiques antérieures. Cette action permettra de tenir compte de l'évolution subordonnée des conditions du projet à partir de l'actualisation, de l'enrichissement et de la valorisation des expériences ayant été capitalisées et contribuant à parfaire les analyses futures (Sonou et Abric, 2010). Suite aux éléments exposés antérieurement, la capitalisation doit intervenir pendant tout le cycle de vie du projet.

Comme exemple de système d'information, nous pouvons considérer l'article de (Abels *et al.*, 2006) dans lequel les auteurs proposent un modèle d'échange de données de projet. Pour cela, ils ont tout d'abord développé une ontologie de projet pour créer une hiérarchie des concepts mettant les termes du domaine de la gestion de projet dans des sous-concepts de relation. Ensuite, ils ont classé et interprété les relations entre les concepts à l'aide d'un algorithme appelé *Project Management Ontology (PROMONT)*. Celui-ci résume tous les termes importants de la gestion de projet et leur signification sémantique exacte. Ils ont ainsi proposé un glossaire pour éviter les problèmes d'interprétation et donc faciliter la communication et l'échange de données au sein du projet et des projets.

Le modèle **PROMONT** constitue un exemple significatif pour montrer les avantages d'utiliser un outil de standardisation des données d'un projet et d'homogénéisation des termes importants avec les significations sémantiques. Par ailleurs, nous pouvons souligner que ce modèle de standardisation des données ou concepts permet d'améliorer la communication par l'utilisation des facteurs de succès trouvés dans des projets similaires.

Pour conclure, l'objectif principal de **MP** est d'adapter les processus de planification, de suivi et de gestion pour mener à bien les spécifications du plan de projet en fonction d'une gestion basée sur l'incertitude inhérente à tous projets ([De Meyer et al., 2002](#)). De plus, selon De Meyer, un projet peut comporter quatre types d'incertitudes :

- La variation : résulte de nombreuses petites influences et donne une gamme de valeurs sur une activité particulière projetée.
- L'incertitude prévue : résulte d'influences identifiables et comprises dont l'occurrence est incertaine.
- L'incertitude imprévue : résulte d'influences considérées comme non identifiables ou improbables lors de la planification du projet.
- Le chaos : résulte d'influences imprévisibles par le manque d'hypothèses et d'objectifs stables dans le projet en général.

Face à ces nombreuses incertitudes et à l'importance d'atteindre « in one shot » les objectifs visés, les gestionnaires de projet ont intégré peu à peu des méthodes de **MR**. Ces méthodes ont progressivement été adaptées à la complexité des projets pour permettre un meilleur contrôle des résultats attendus.

### 1.3 Management des risques

Comme nous venons de le présenter, le **Management des Risques** est avant tout un processus spécifique déployé pour faire face aux nombreuses incertitudes d'un projet. Ce processus préventif vise à ([Larson et Gray, 2013](#)) :

- Éliminer les menaces (événements indésirables) ou minimiser leurs conséquences négatives sur la capacité du projet à atteindre les objectifs et à respecter les obligations.
- Promouvoir les opportunités (événements désirables) ou maximiser leurs conséquences positives.

La définition d'une sémantique exacte constituant la base d'une communication sans ambiguïté, nous commençons par présenter quelques définitions liées au Management des risques. Selon la **Norme ISO 31000** « Management des risques » ([AFNOR, 2010b](#)) un risque est « l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs ». La notion d'incertitude correspond à « l'état, même partiel, de défaut d'information concernant la compréhension ou la connaissance d'un événement, de ses conséquences ou de sa vraisemblance ». Cette définition étant applicable à tout type de contexte d'étude, elle est globale. Aussi, pour clarifier nos propos dans ces travaux, nous allons poser la définition suivante : « un risque est un événement probable dont l'apparition peut avoir un effet positif (opportunité) et/ou

négalif (menaces) sur la capacité du système ou de l'organisme considéré à atteindre les objectifs fixés ou à satisfaire les obligations ». Il est à noter que la nature des effets positifs ou négatifs varie selon le contexte d'étude.

Le concept de la gestion du risque est très ancien (Dionne, 2013) mais il a commencé à être reconnu comme une discipline de gestion à partir de 1950 avec l'utilisation de l'assurance sur le marché pour protéger les entreprises et les particuliers (Carayannis *et al.*, 2005), (Cleland et Gareis, 2006), (Harrington et Niehaus, 2004).

### 1.3.1 Processus de Management des risques

Le Management des risques est une démarche stratégique pouvant être appliquée par toutes organisations, quel que soit le type d'industrie, le secteur ou l'entreprise considérée. Le MR a pour objectif de faciliter l'atteinte des objectifs propres à l'organisme considéré (livrer des produits ou services de qualité et garantir la sécurité de ses personnels), à partir de l'identification, de la compréhension, de la gestion et de la vérification de risques en conformité avec les exigences de l'entreprise.

La Norme ISO 31000 (AFNOR, 2010b) présente une méthode dédiée à l'identification, l'analyse et l'intégration de plans d'action et de surveillance pour mieux maîtriser les risques et pour assurer le suivi des actions et l'amélioration continue des performances.

Selon la Norme ISO 31000, le processus de Management des risques présenté sur la Figure 1.2 ci-après est composé des actions suivantes :

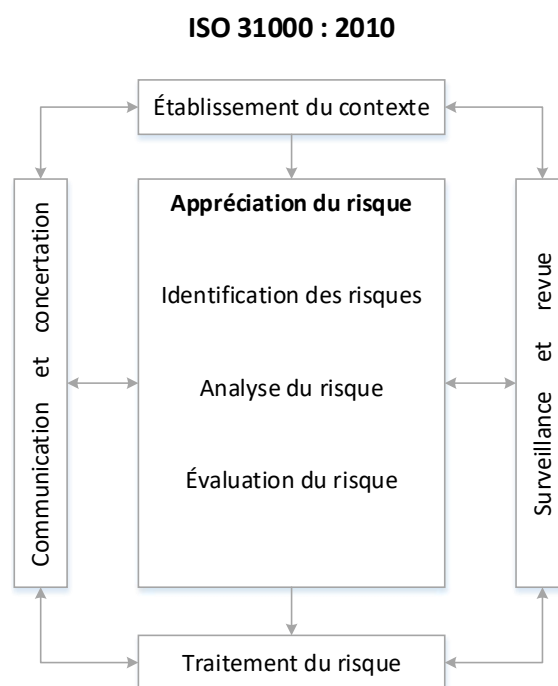


FIGURE 1.2 – Processus de Management des risques, adapté de (AFNOR, 2010b)

- **Établissement du contexte** : cette activité vise à définir les éléments à prendre en compte dans l'étude, à savoir les objectifs du Management des risques, les cibles et le contexte de l'analyse des risques à mener. Elle permet aussi de préciser la méthode de cotation (critères permettant de définir l'importance du risque). De cette action, il est découlé une note de cadrage permettant de statuer sur le contexte de l'étude.
- **Appréciation des risques** : cette partie de la démarche comporte la recherche, la reconnaissance et l'enregistrement des risques pouvant affecter le contexte d'étude considéré. Le but est d'identifier les raisons pour lesquelles les objectifs de la cible considérée pourraient ne pas être atteints ou pourraient être plus facilement atteints. Elle est composée des activités suivantes :
  - **Identification des risques** : cette activité consiste à faire un inventaire de tous les risques susceptibles d'affecter le bon déroulement de l'organisation considérée et de documenter leurs caractéristiques. Il existe plusieurs outils pour structurer et formaliser l'identification des risques, comme par exemple : l'analyse documentaire systématique, la technique Delphi, les interviews, les analyses *Strengths* (forces), *Weaknesses* (faiblesses), *Opportunities* (opportunités), *Threats* (menaces) (SWOT), le diagramme d'Ishikawa ou les diagrammes d'influence. De plus, il faut aussi considérer le profil de risques présenté comme un outil majeur par (Gray *et al.*, 2007). Cet outil est composé d'une liste de questions clefs couvrant les facteurs habituels d'incertitude. Il rassemble ainsi l'ensemble des points à considérer et/ou à analyser en début d'activité ou de processus pour identifier les risques potentiels connus. L'identification des risques est un travail complexe car il existe une grande variété d'événements potentiels pouvant avoir un impact positif ou négatif sur le respect des objectifs. Cette identification est donc un travail d'équipe qui nécessite l'engagement de plusieurs experts métier ayant déjà œuvré dans des contextes d'étude similaires au contexte courant.
  - **Analyse des risques** : cette activité consiste à comprendre le risque, c'est-à-dire à préciser l'événement redouté, les causes d'apparition, les conséquences à la suite de son apparition et la capacité du système ou de l'organisme étudié à détecter le risque avant ou après son apparition. L'objectif est d'attribuer, à chaque risque identifié, un niveau de risque afin de les hiérarchiser. Face à la grande diversité de risques, il est nécessaire de mettre en place un référentiel d'évaluation fiable, capable de classer quantitativement ou qualitativement les risques par ordre d'importance. Il est à noter que le niveau de risque dépend du contexte et des cibles étudiées.
  - **Évaluation des risques** : l'objectif est, à partir de la classification des risques selon leur niveau de criticité, de permettre aux experts de déterminer les risques qui nécessitent un traitement prioritaires dans la mise en œuvre des actions de contrôle. L'objectif est de comparer les résultats de l'analyse du risque avec les critères de risque et de déterminer quel risque n'est pas acceptable. Il permet de déterminer un « seuil de tolérance ou significativité » au-dessus duquel le traitement est obligatoire.

- **Traitement des risques** : cette activité vise à définir et à détailler les actions de maîtrise ou de mitigation à entreprendre avec la définition des pilotes (personnes responsables de l'implémentation), du coût et délai de réalisation, des moyens nécessaires et des éléments déclencheurs. Il est à noter que certaines actions sont curatives, c'est-à-dire qu'elles ne sont mises en œuvre qu'après détection du problème, problème correspondant à la concrétisation d'un risque. Pour cela, il est possible d'adopter une stratégie appropriée parmi les six types de stratégie de gestion du risque :
  - l'acceptation du risque : cette attitude consiste à délibérément n'engager aucune action spécifique pour se protéger contre un risque donné,
  - l'annulation du risque : cette stratégie consiste à revoir la cible en termes d'objectifs à atteindre, de solutions techniques déployées, d'organisation des tâches ou d'affectation des ressources de sorte, soit à faire disparaître le risque, soit à protéger les objectifs ou les rendre insensibles à l'occurrence du risque,
  - la prévention du risque : cette stratégie consiste à trouver des solutions ou des moyens pour amener la probabilité d'occurrence du risque en dessous d'un seuil acceptable,
  - la protection du risque : cette stratégie consiste à trouver des solutions ou des moyens pour réduire la gravité, c'est-à-dire les conséquences sur les objectifs et/ou obligations,
  - la surveillance du risque : cette stratégie vise à identifier les symptômes précurseurs permettant de prédire l'apparition d'événements déclencheurs et de les surveiller,
  - le transfert du risque : cette dernière stratégie consiste à trouver une tierce partie qui accepte de prendre à son compte les conséquences de l'occurrence du risque. Cette tierce partie devient alors propriétaire des plans de réponse du risque en question. Par ce biais, le risque n'est pas éliminé mais les conséquences sont gérées par un tiers, moyennant une contrepartie financière.
- **Surveillance et revue** : cette activité consiste d'une part, à vérifier que le déploiement des actions de maîtrise est conforme aux décisions prises et, d'autre part, à rendre compte à la direction des progrès et avancées suite au déploiement des actions de maîtrise et à évaluer la performance, la cohérence et les écarts par rapport à l'efficacité du changement. Par ailleurs, la norme établit que cette activité doit être un processus de contrôle en continu accompli pendant tous les processus de Management des risques afin d'identifier des opportunités d'amélioration et d'apprentissage de nouvelles connaissances.
- **Communication et concertation** : cette activité transversale a pour finalité d'élaborer des plans de « communication et de concertation » avec les parties prenantes. En effet, il est important de mettre en place un système d'échange d'informations avec des protocoles suffisants pour que les acteurs impliqués dans le processus de Management des risques puissent confronter et connaître l'ensemble des points de vue et des actions ou décisions en cours.

### 1.3.2 Méthodes de cotation des risques

La cotation d'un risque consiste à évaluer quantitativement les effets de l'apparition d'un risque sur l'atteinte des objectifs et le respect des obligations. Cette cotation est classiquement réalisée à l'aide de trois critères :

- La gravité ( $G$ ) ou impact, qui représente les gains ou les pertes de capacité à atteindre les critères constituant les objectifs (financiers, image de marque, livrables, délai...) et à satisfaire aux obligations (contenu, coût, délai).
- La probabilité d'occurrence ( $O$ ) ou d'apparition de l'événement considéré, ce dernier pouvant être redouté ou recherché.
- La détectabilité ( $D$ ) ou contrôlabilité du risque qui représente la probabilité de pouvoir détecter le risque avant (symptôme précurseur), pendant ou après (constat des effets) son apparition.

Pour évaluer le niveau de gravité potentielle d'un risque, il faut considérer les conséquences de l'apparition du risque sur les cibles considérées dans le contexte étudié. Par exemple, le risque « Être coincé dans un embouteillage » n'a pas la même gravité si le contexte considéré est « Rentrer chez soi », « Avoir un entretien d'embauche » ou « Être sur le point d'accoucher ». De la même manière, la probabilité d'occurrence est fonction du contexte étudié. En effet, la probabilité dépend du nombre de personnes exposées (cible), de la probabilité des causes origine de l'apparition et de leur combinaison (ET, OU, OU exclusif), et de la durée de l'exposition au risque.

Pour avoir des échelles d'évaluation et donc de comparaison, les acteurs en charge de la cotation des risques s'appuient sur des règles de cotation comme celles présentées dans les tableaux 1.1, 1.2 et 1.3 suivants.

Tableau 1.1 – Évaluation de la probabilité d'occurrence d'un événement

Niveau de probabilité	Échelle	Description
1	Improbable	1 fois par an ou peu vraisemblable ou jamais rencontré
2	Rare	Pouvant survenir plusieurs fois par an sur le lieu du travail
3	Probable	Pouvant se produire une fois par mois sur le lieu du travail
4	Inévitable	Pouvant se produire plusieurs fois par mois sur le lieu du travail

Tableau 1.2 – Évaluation de la gravité de survenance d'un risque

Niveau de gravité	Échelle	Description
1	Faible	Pas ou peu de dommage sans arrêt de travail
2	Moyen	Dommages faibles, avec arrêt du travail
3	Grave	Dommages réversibles, entraînant une incapacité permanente partielle
4	Très grave	Dommages irréversibles, incapacité totale ou décès

Tableau 1.3 – Évaluation de la détectabilité d'un risque

Niveau de détectabilité	Échelle	Description
1	Évident	Défaut très facilement détectable
2	Possible	Grande probabilité de détecter le défaut mais quelques erreurs peuvent subsister
3	Improbable	Défaut difficile à détecter car analyse non systématique
4	Impossible	Faible probabilité de détecter le défaut

Le niveau de risque correspond classiquement au calcul de l'indice de criticité ( $C$ ). L'indice de criticité d'un risque considéré, correspond au produit des critères de risques susnommés :  $C = P \times G \times D$ .

Cet indice permet de hiérarchiser par ordre d'importance l'ensemble des risques identifiés afin d'établir des priorités de traitement. De plus, la nécessité de devoir renseigner ces trois critères permet une meilleure connaissance et une bonne compréhension de chaque risque et de débattre avec un référentiel commun, des priorités à donner à chaque action de traitement.

Le classement des risques est fait par rapport à l'indice de criticité. Toutefois, il convient d'identifier des seuils de traitement, c'est-à-dire des valeurs de criticité à partir desquelles les risques sont analysés ou pas. Une échelle de priorité est ainsi définie en fonction de la valeur de l'indice de criticité. En général, trois niveaux de criticité sont établis (risque acceptable, risque moyen et risque inacceptable) en fonction de la valeur de l'indice de criticité mais aussi de la valeur de chaque critère. En ce qui concerne le niveau de seuil d'acceptabilité, chaque organisation définit et adopte son propre niveau.

Il convient d'utiliser des grilles d'évaluation pour chaque critère de risque dans une échelle de notes déterminée par le groupe de travail. La description détaillée des grilles pour évaluer la gravité, la probabilité d'occurrence, la non-détection et la criticité sont disponibles dans l'Annexe 1 en fin de mémoire.



### 1.3.3 Importance du Management des risques

D'après le [COSO II \(Christelle \*et al.\*, 2005\)](#), qui constitue un référentiel de Management des risques dans l'entreprise, un système de Management des risques permet de distinguer « le niveau de risque qu'il est acceptable de prendre pour répondre à un objectif fixé ». Il permet aussi d'aider la direction à déterminer une stratégie en adéquation avec la capacité de l'organisme et le niveau de risque considéré.

Le Management des risques se fait de plus en plus vital pour une entreprise en raison de la complexité grandissante de ses activités et ce, sur de nombreux points de vue :

- technique, logistique et organisationnel,
- coopératif ou partenarial,
- international et culturel,
- actionnarial,
- marché et concurrentiel,
- médiatique des résultats,

pour ne citer que quelques exemples ([AFNOR, 2010b](#)).

En complément de ces évolutions liées à l'entreprise et à son environnement, nous pouvons aussi considérer les écueils inhérents au Management des risques :

- une mauvaise gestion des risques dans le déroulement des activités,
- une sous-estimation des incertitudes pesant sur les facteurs-clés de l'entreprise (objectifs et obligations) et pouvant compromettre son succès,
- l'inexistence d'informations explicites sur les risques,
- une détection et/ou déclaration tardive des risques et de leurs conséquences,
- une difficulté des acteurs à imaginer les risques ou à vouloir se souvenir des problèmes passés.

Face à ces constats, le Management des risques est progressivement devenu un levier majeur de performances pour les gestionnaires d'entreprise mais aussi de projet, quel que soit le domaine industriel considéré. Dans cette logique de recherche de performances par une réduction des risques, la mise en place d'un système de retour d'expérience peut être une clef de réussite.

## 1.4 Le Retour d'expériences

Le **REx** est un outil de management de la connaissance qui présente plusieurs définitions et différentes désignations. En France, le terme plus couramment employé est le « Retour d'expérience » **REx**. C'est donc le terme que nous emploierons dans ce mémoire. Aux Etats-Unis, la terminologie la plus utilisée est « *Lesson Learned* » pour apprentissage des leçons (Weber *et al.*, 2000), (Davenport et Prusak, 2000), (Van Heijst *et al.*, 1996), mais nous pouvons également le trouver sous la traduction littérale du français « *Experience feedback* » (Meiling, 2010), (David *et al.*, 2005), (Revuelta, 2004).

Pour définir la notion de **Retour d'expériences**, nous avons retenu celle proposée par (Rakoto, 2004) décrivant le **REx** comme « une démarche structurée de capitalisation et d'exploitation des informations issues de l'analyse d'événements positifs et/ou négatifs. Elle met en œuvre un ensemble de ressources humaines et technologiques qui doivent être managées pour contribuer à réduire les répétitions d'erreurs et à favoriser certaines pratiques performantes ».

Le **REx** constitue donc un outil pour collecter, organiser et stocker des informations pertinentes permettant :

- de caractériser des expériences par nature passées, c'est-à-dire les informations importantes issues de l'organisation et de l'exécution d'activités mises en œuvre pour répondre à un événement ou un objectif donné,
- de généraliser ces expériences en connaissances métier, c'est-à-dire en règles ou procédures de travail éprouvées,
- d'injecter ces expériences et connaissances pour faciliter la prise de décision pour l'organisation et l'exécution d'activités futures.

Ainsi, l'objectif du **REx** est de tirer profit du passé pour minimiser la répétition d'erreurs et de dysfonctionnements et d'augmenter les performances d'une activité, processus ou entreprise (Balmisse, 2005). De ce fait, le retour d'expérience peut être perçu comme un outil dérivé du management des connaissances (Bergmann, 2002).

Depuis quelques décennies, les entreprises préoccupées par la préservation de leur capital immatériel ont intégré le **REx** dans leur plan continu d'amélioration. Par capital immatériel, nous considérons le capital intellectuel de l'entreprise, c'est-à-dire les informations et les connaissances issues des savoirs et savoir-faire du personnel et la culture entreprise (Bertin, 2012). Facilement compris par les personnels, le **REx** a largement fait ses preuves et montré son efficacité dans des nombreux secteurs (Duffield et Whitty, 2015). Ainsi, il existe de nombreux exemples de réussite dans des domaines divers et variés tels la santé, l'énergie nucléaire, le ferroviaire, l'aviation et spatial, notamment avec les multiples travaux de la NASA (Martin, 2012).

Le **REx** est dit positif quand il a pour vocation d'identifier et de formaliser des bonnes pratiques, et négatif, quand il porte sur la génération de règles issues d'erreurs ou de problèmes. De même, sa portée est dite :

- locale si les expériences et connaissances générées sont exploitées par le processus d'origine, dit processus source
- globale quand l'exploitation est ouverte à d'autres processus ([Bertin, 2012](#)).

Par ailleurs, le [REx](#) s'appuie sur des concepts extraits de la gestion de connaissance, tels que données, informations et connaissances. Les données, considérées au départ comme de simples faits épars vont, une fois sélectionnées et classées, devenir des informations. Ces informations une fois contextualisées et organisées suivant un processus vont constituer une expérience, la réponse à un événement donné. Enfin, une fois généralisée et exprimée selon une trame ou un modèle préétabli (type procédure) propre au métier considéré, cette expérience va permettre de générer une connaissance ([Argote et Ingram, 2000](#)).

Une donnée est un élément brut pris en dehors de tout contexte sémantique et interprétable grâce à un système de gestion de données. La notion d'information représente des données articulées en contexte pour donner un sens et qui peuvent être capitalisées sous une forme explicite ([Prax, 2003](#)). L'expérience peut être définie comme « une interprétation de ce qui a été perçu du processus (ou de l'activité) de travail » ([Renaud et al., 2008](#)). La connaissance est l'information assimilée et interprétée pour réaliser une action ([Balmisse, 2006](#)). La connaissance permet de traiter, d'adapter et de prendre des décisions. Constituant le patrimoine immatériel de l'entreprise, elle doit être sauvegardée afin d'éviter de perdre le savoir-faire de l'entreprise et donc sa capacité à être concurrentielle. Ainsi donc, selon Balmisse « la connaissance ne détermine pas seulement un savoir qui a été acquis par l'instruction ou à travers une étude déductive, mais aussi à travers de l'expérimentation ou mieux encore tout au long de la pratique et de l'expérience ».

### 1.4.1 Définition de l'expérience

Selon ([Bertin et al., 2012](#)), toute expérience peut être définie comme « la réponse à un événement déclencheur, positif ou négatif, rassemblant l'ensemble des informations générées, permettant de caractériser ce qui s'est passé depuis l'apparition de l'événement jusqu'à la vérification des performances obtenues, et des connaissances explicites employées pour construire la réponse appropriée à l'événement ».

L'expérience est l'élément de base pour la création du capital de connaissances ([Chatzkel, 2003](#)) mais ne constitue qu'un fragment de la connaissance, fragment à raffiner et à généraliser. C'est dans l'expérience que vont être capitalisées les informations permettant de caractériser la réponse à l'événement, ainsi que l'événement en lui-même. Ces informations vont indiquer le contexte d'apparition, la description de l'événement, l'organisation mise en place pour répondre à l'événement et les résultats obtenus. Ainsi donc, la caractérisation de l'expérience consiste à préciser tout ce qui s'est produit depuis l'occurrence du mentionné événement jusqu'à la vérification de l'efficacité de la réponse au regard de l'événement, avec les savoirs employés pour élaborer la réponse adéquate :

contexte d'apparition, problématique considérée, acteurs, démarche de travail appliquée, résultats obtenus... (Rakoto *et al.*, 2002).

Pour capitaliser une expérience, il faut commencer par définir un modèle de formalisation d'une expérience pour une réutilisation ultérieure (Balmisse, 2005). Quelques auteurs ont proposé d'utiliser de modèles vectoriels pour caractériser le concept d'expériences. Par exemple, dans (Chebel-Morello, 2008), l'auteur propose une caractérisation de l'expérience capitalisée ( $E$ ) en utilisant le contexte décrivant le contexte ( $C$ ), l'analyse effectuée ( $A$ ) et la solution mise en œuvre ( $S$ ). Bertin (Bertin *et al.*, 2012) complète ce modèle par d'autres éléments, comme les processus engagés ( $P$ ), les processus de déploiement ( $D$ ) et les résultats obtenus ( $R$ ). Le vecteur de l'expérience prend alors la forme suivante :  $E = C, A, S, P, D, R$ .

Au-delà de la définition des éléments à considérer ou pas pour composer une expérience, il faut se rappeler son intérêt. Elle constitue la base de la création de connaissance propre à un contexte donné. La définition de l'expérience doit donc être adaptée à sa vocation :

- le formalisme de capitalisation doit être accepté et compris par les acteurs du processus source,
- les éléments collectés doivent être suffisants pour pouvoir générer des connaissances exploitables par les acteurs des processus consommateur.

Il est à noter que l'une des particularités de notre étude consiste à collecter les informations importantes au fil de l'eau, c'est-à-dire lors du déroulé du processus déployé en réponse à l'événement déclencheur, elle ne se limite pas à une simple réunion ou à un entretien à la fin du processus considéré.

### 1.4.2 La démarche du Retour d'expérience

Le **Retour d'expériences** constitue une démarche fondée sur l'analyse des informations collectées et sur les expériences capitalisées (Desus, 2007). Composé de trois phases principales (cf. Figure 1.3), le **REx** a pour vocation de générer des connaissances nouvelles, ou de les mettre à jour, à partir de la généralisation d'une ou de plusieurs expériences.

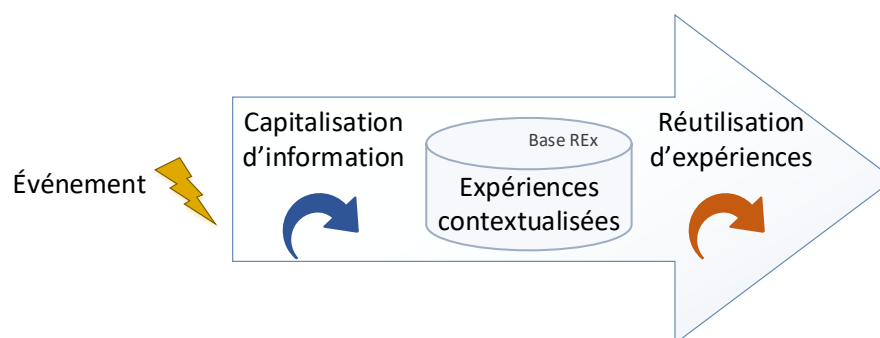


FIGURE 1.3 – Méthode **REx**, adaptée du modèle de (Bertin, 2012)

La vocation des trois phases du **REx** est la suivante :

- **Capitalisation** : cette phase consiste à localiser, à collecter et à stocker l'information relative et appropriée relative à la réalisation d'une activité ou d'un processus en vue de créer une expérience. Ainsi, chaque événement traité à l'aide d'un processus ou projet source constitue une expérience utile et essentielle. La capitalisation constituant les fondements de la génération de la connaissance, elle doit faire l'objet de la plus grande attention, pour être suffisante, mais sans être intrusive et contraignante pour les acteurs. De plus, les expériences doivent être modélisées à l'aide d'un formalisme compréhensible par les acteurs qui vont l'exploiter en support de leurs prises de décision dans les processus consommateurs. Enfin, il faut les rendre accessibles tout en répondant aux règles de confidentialité.
- **Traitement** : cette phase consiste à créer des connaissances nouvelles ou à réactualiser des anciennes à partir de la généralisation des expériences enregistrées. Cette valorisation est faite par un expert ou un groupe d'experts qui, à partir de ce qui s'est passé et qui a conduit à un succès ou à un échec, va établir des règles pour reproduire le succès (bonnes pratiques) ou éradiquer l'échec (interdiction). Les connaissances doivent ainsi être exprimées selon des formalismes adaptés à leur emploi, c'est-à-dire non pas uniquement par les experts qui les ont créées, mais par les acteurs du processus ou activité consommateur.
- **Exploitation** : cette dernière phase du REx vise à mettre à disposition et à favoriser l'utilisation des expériences et des connaissances en support de la prise de décision du processus ou projet courant. Il est à noter que cette phase est l'activité la plus importante du management de l'expérience, mais comme le signal ([Bertin, 2012](#)), la plus compliquée à mettre en œuvre.

L'intérêt des méthodes de retour d'expériences est reconnu par la quasi-totalité des entreprises, tous domaines ou industries confondus et nombreuses sont celles qui ont déployé de telles méthodologies. Toutefois, le nombre d'entreprises les ayant appliqués avec succès est faible. En effet, les efforts sont souvent concentrés sur la Phase Capitalisation pensant que c'est suffisant pour pouvoir produire la connaissance nécessaire pour améliorer les résultats. Focalisées sur le recueil des informations, elles ont sous-estimé l'importance de la formalisation, de la communication et du partage des expériences et connaissances générées mais aussi du management du changement nécessaire à la mise en œuvre de cette démarche ([Jocelyn et al., 2016](#)).

Dans le but d'améliorer la gestion des expériences, il est nécessaire d'évaluer l'apport de l'expérience ayant été utilisée en support de la prise de décision. Toutefois, cette évaluation est complexe car elle est réalisée au travers des performances du processus consommateur.

Par ailleurs, les expériences exploitées doivent systématiquement être mises à jour pour enrichir la base d'expériences et/ou créer de nouvelles connaissances. En fonction des résultats de l'efficacité des performances obtenues, les expériences doivent être évaluées, modifiées ou purement retirées des bases de données.

Pour réaliser notre travail, nous nous sommes basés sur l'approche développée par (Rakoto, 2004) et (Bertin *et al.*, 2012) qui décrivent les trois étapes fondamentales du Retour d'Expérience mais en utilisant un système de Raisonement à Partir de Cas (RàPC) comme modèle pour la phase Exploitation du REX.

### 1.4.3 Le Raisonement à Partir de Cas (RàPC)

Le Raisonement à Partir de Cas est une technique pour la résolution de problèmes qui s'appuie sur une base de cas (expériences) passés résolus, dans le but de résoudre de nouveaux problèmes (Cordier et Fuchs, 2005). Cette technique prévoit deux possibilités de réponse : d'une part, la réutilisation de la solution du cas précédent et d'autre part, l'application d'une solution adaptée aux spécificités du problème courant. Dans nos travaux, nous avons considéré le modèle RàPC en quatre phases (recherche, réutilisation, révision et apprentissage) des auteurs (Aamodt et Plaza, 1994).

**Recherche** : le cycle commence quand l'utilisateur introduit une nouvelle requête sur le système, en indiquant un nouveau cas, qui comprend la description du nouveau problème. La phase de recherche consiste à trouver, dans la base de cas, les cas les mieux adaptés au nouveau problème. La méthode la plus utilisée consiste à comparer et à identifier la correspondance entre les descripteurs qui caractérisent le nouveau cas avec ceux qui sont dans la base de cas, en attribuant une fonction de similarité globale (mesure du degré d'appariement entre deux cas).

**Réutilisation** : cette phase consiste à réutiliser la solution du cas le plus similaire pour résoudre le problème courant en supposant qu'il est possible d'adapter le cas. Le processus d'adaptation comprend deux pas : d'abord, la substitution des composantes du contexte identifié par les composantes différentes du contexte du cas courant, puis la répétition du raisonnement passé avec les nouvelles composantes.

**Révision** : cette phase détermine si la solution sélectionnée permet d'atteindre les objectifs escomptés ou si elle doit être corrigée ou améliorée. En effet, l'objectif est de faire un bilan du résultat de la solution implémentée avant sa mémorisation dans le système d'apprentissage.

**Apprentissage** : cette phase consiste à mémoriser ou à ajouter le cas courant dans la base. Le nouveau cas stocké devient disponible pour une réutilisation dans la résolution des problèmes futurs. Il est important de définir les connaissances nouvelles apprises dans le processus de résolution du problème afin d'être réutilisées de futures résolutions.

Nous pouvons conclure que le RàPC est un système établi pour améliorer les performances d'un processus ou d'une activité à partir de la réutilisation des connaissances mémorisées lors d'un ou de cas en général. Cependant, l'implémentation d'un système RàPC constitue un défi pour les entreprises (Rakoto, 2004). Toutefois, cela implique d'importantes améliorations dans les processus de l'entreprise et apporte une aide précieuse aux experts en support de leurs décisions ou en protection contre des erreurs passées (Bergmann, 2002).

## 1.5 Les interfaces entre les domaines

Dans les paragraphes précédents, nous avons rapidement présenté séparément les trois domaines en lien avec ces travaux de recherche, à savoir : le [Management de Projets](#), le [Management des Risques](#) et le [Retour d'expériences](#).

Dans ce paragraphe, nous allons nous focaliser sur les travaux de recherche à l'interface de ces domaines en les considérant deux par deux, tel que l'illustre la [Figure 1.4](#).

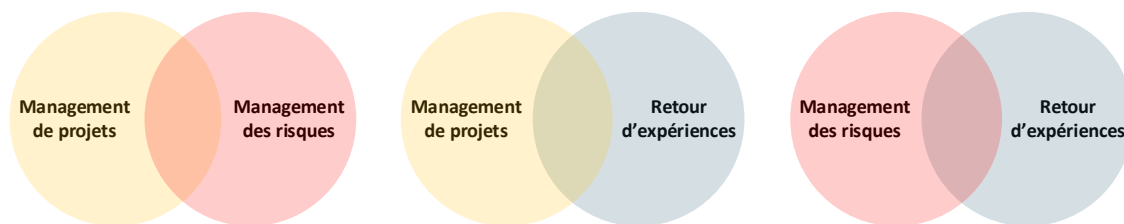


FIGURE 1.4 – Interfaces entre deux domaines

### 1.5.1 Interface (MP - MR)

La littérature met en évidence une forte augmentation des publications sur la standardisation des processus de Management des Risques dans les projets. Nous présentons dans la [Figure 1.5](#) suivante, une rapide comparaison de méthodologies classiquement employées pour manager les risques dans les projets : [PMBOK®](#) (PMI, 2014), [RAMP](#) (ICE et IFA, 2014), [PRAM](#) (Bartlett, 2007) et [SHAMPU](#) (Chapman et Ward, 2003).

Même si des différences apparaissent sur l'organisation des activités, nous pouvons affirmer que toutes les méthodologies développées pour le Management des Risques dans les projets ont le même objectif : définir les meilleures stratégies pour faire face aux risques identifiés, c'est-à-dire de maximiser la probabilité et les conséquences des événements positifs (opportunités) et de minimiser la probabilité et les conséquences des événements négatifs (menaces) en regard des objectifs à atteindre du projet.

Selon le [PMI](#) (PMI, 2013), les processus de Management des risques dans les projets concentrent leurs efforts sur l'amélioration :

- d'une part, de la prise de décision en ajoutant une valeur pour les organisations et leurs parties prenantes,
- d'autre part, de l'utilisation du capital et des ressources, en fournissant un cadre organisationnel conduisant à une meilleure efficacité opérationnelle.

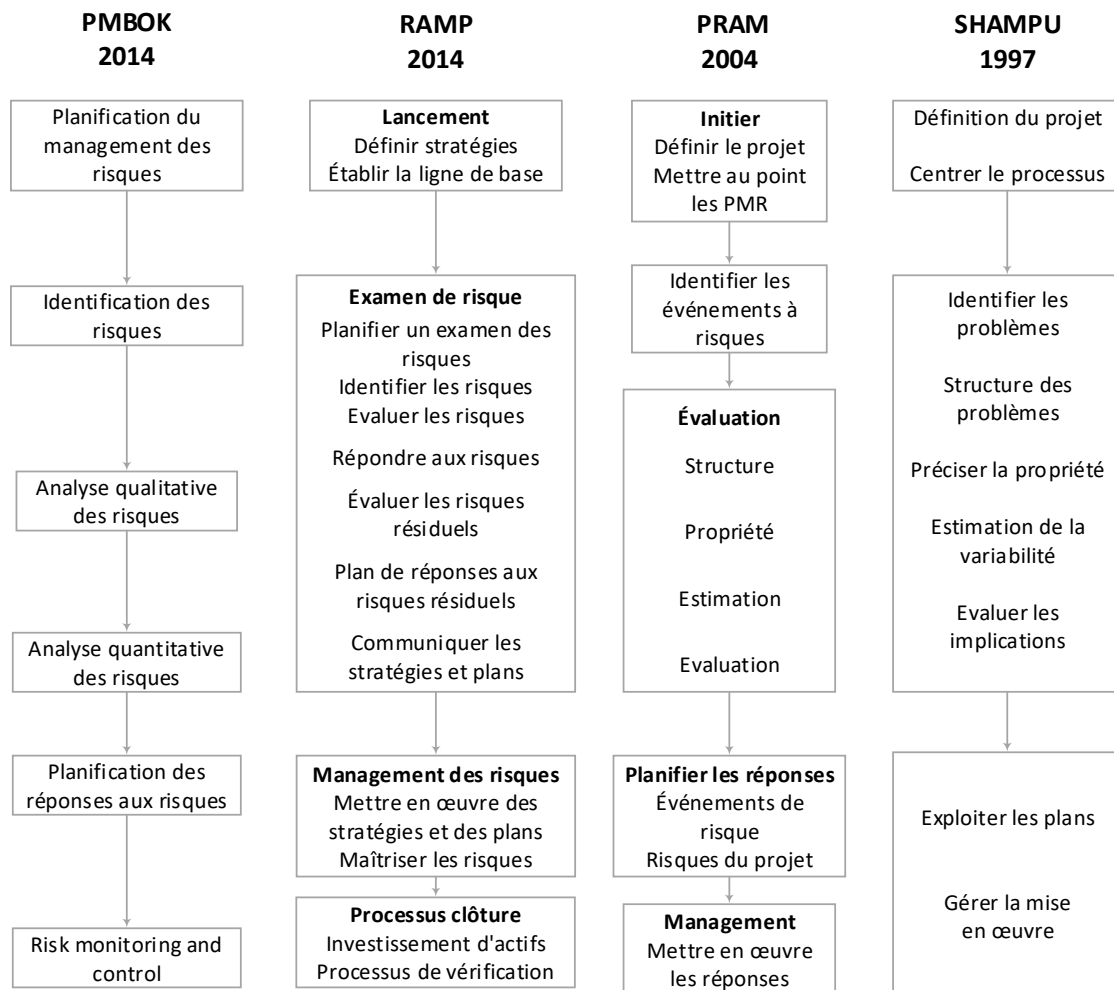


FIGURE 1.5 – Comparaison entre méthodologies de Management des risques dans les projets, adaptée de (Manotas Niño *et al.*, 2014)

Il convient de noter que la première action de toutes les méthodologies de Management des risques dans les projets, consiste à consolider la connaissance des paramètres internes et externes du projet tel que : la taille, la durée, la cible, le budget, les objectifs, les parties prenantes, les rôles et responsabilités des équipes, les processus, les documents, les outils et les méthodes... (Chapman et Ward, 2003).

Après, nous retrouvons classiquement les phases d'identification des incertitudes et d'analyse des risques associés, l'évaluation et hiérarchisation de leurs impacts, la définition et consolidation des actions de diminution des risques, l'évaluation et décision d'acceptabilité des risques résiduels et la dernière, le suivi et le contrôle de leur application.

Ces méthodologies sont présentées sous la forme de modèles génériques, aucune n'étant liée à une industrie ou à un projet particulier.

Nous devons aussi considérer la démarche proposée dans le référentiel « Gestion du risque - Management des risques d'un projet (FD X50-117) » dans (AFNOR, 2003). Cette démarche propose une subdivision des tâches en deux sous-processus principaux



interconnectés : l'analyse des risques et la gestion des risques du projet, comme illustré en Figure 1.6.

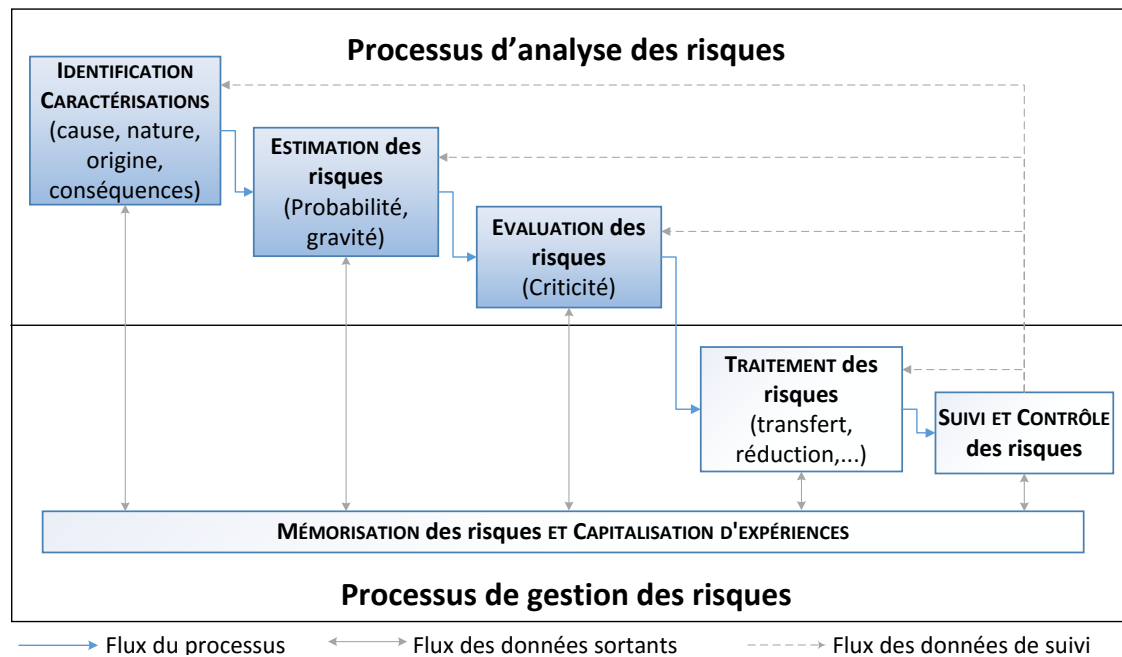


FIGURE 1.6 – Processus de Management des Risques d'un Projet, adapté de (AFNOR, 2003)

Le sous-processus d'Analyse des risques est composé de trois activités :

- l'identification et la caractérisation des risques qui consiste à lister les événements ayant un impact sur un projet,
- l'estimation des risques qui comprend la cotation de la gravité des conséquences, de la probabilité d'occurrence et de la détectabilité,
- l'évaluation des risques qui a pour objectif de définir la politique de Management des risques, autrement dit, le calcul de la criticité des risques identifiés.

Le sous-processus Gestion des risques est dédié à la conception des actions de maîtrise des risques (réduction, mitigation, transfert, acceptation, partage, exploitation...) et au contrôle afin d'en surveiller l'efficacité. Cette démarche a la particularité de permettre une surveillance et une communication en continu des analyses de risques, ainsi qu'une mise à jour des résultats à chaque itération du processus de Management des risques.

L'activité « Mémorisation des risques et de capitalisation d'expériences » vise comme son nom l'indique, à capitaliser l'ensemble des informations pertinentes et utilisées, comme la Phase Capitalisation de la démarche REX. Il est à noter que cette activité est transversale aux processus de Management et que son développement est continu et itératif. Ainsi, les données capitalisées peuvent être consultées à un moment donné et employées en support de la prise de décision.

Nous avons distingué trois types de flux d'informations qui sont représentés sur la Figure 1.6 par la flèche simple, la flèche double et la flèche simple pointillée :

- les flux des processus qui désignent le transfert d'information en entrée d'une activité.
- ↔ les flux des données sortantes qui représentent les expériences capitalisées dans chaque activité du modèle de MR permettant d'attacher aux risques identifiés sa provenance, les actions de maîtrise effectuées, ainsi que la performance des actions.
- > les flux d'information de suivi qui concerne le recueil et la mise à jour des renseignements stratégiques portant sur l'efficacité des actions de maîtrise.

Indépendamment de la démarche retenue de Management des risques dans les projets, leur intérêt est, en fin de compte, de permettre d'améliorer le pilotage du projet, à travers l'identification des points sensibles du projet et la définition des actions appropriées pour avoir une prise de décision efficace et atteindre les objectifs du projet (Courtot, 1998).

La pratique a montré qu'il n'y a pas une méthode unique pour manager les risques dans un projet. Telles que le signalent les acteurs de (Tixier *et al.*, 2002), plusieurs méthodes existent pour déployer les sous-processus Analyse et Gestion des risques dans les projets. Rien que pour le sous-processus Analyse des risques, l'auteur a identifié soixante-deux méthodes. Celles-ci ont été classées en sept types de données d'entrée (plans ou diagrammes, processus et réaction, produits, probabilité et fréquence, politique, environnement, texte et connaissances historiques) conformément au type de méthode (déterministe, probabiliste, qualitative et quantitative). L'objectif de leur travail consistait à montrer le fonctionnement de ces méthodes et les liens entre les critères précédemment définis.

Ainsi, de nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour conduire, entièrement ou partiellement un processus de Management des risques dans un projet, sans oublier que leur combinaison peut donner d'excellents résultats.

Le Tableau 1.4 propose un récapitulatif des principales méthodes pouvant être employées pour le sous-processus Analyse des risques.

Nous allons maintenant nous concentrer sur quelques-unes des méthodes utilisées dans chaque processus du Management des Risques dans les projets pour expliquer les propriétés qualitatives (relation entre contextes structurels et situationnels) et quantitatives (association ou relation entre les variables quantifiées). Pour de plus amples informations sur ces méthodes, nous conseillons au lecteur de consulter : (Rostami, 2016), (Raz et Hillson, 2005).

Tableau 1.4 – Méthodes d'analyse des risques

Nom de la méthode	Identification des risques	Analyses des risques	Évaluation des risques
HAZOP (Méthode)	x	x	x
Analyse préliminaire des risques (APR)	x	x	
AMDEC	x	x	x
Arbres d'Événements	x	x	
Arbre de Défaillance	x		x
Graphe de Markov			x
BPEST		x	
Real Option Modelling (Ketikidis <i>et al.</i> , 2006)		x	
Decision making under conditions of risk and uncertainty (Drury, 1992)		x	
Statistical inference (Rupert Jr <i>et others</i> , 2012)		x	
Measures of central tendency and dispersion (Flanagan <i>et al.</i> , 1987)		x	
PESTLE		x	

## Méthodes pour l'identification des risques

La phase d'identification des risques débute toujours par la recherche exhaustive des événements générateurs de risques pouvant impacter la cible considérée. Il existe deux approches pour identifier les risques (Crépin *et al.*, 2013) :

- Une identification « Rétrospective » consistant à analyser les incidents survenus dans le passé en vue de trouver et de comprendre les causes à l'origine de l'événement. Ce mode d'identification, basé sur une analyse causale, nécessite un système d'information capable de recueillir et d'enregistrer les problèmes des projets passés (Rapala, 2011). Les causes sont identifiées à partir des enquêtes, de la description des événements passés, des rapports de non-conformité et des connaissances tacites des acteurs. Les outils les plus utilisés sont : l'analyse de la cause fondamentale, l'arbre des causes, l'analyse des tâches cognitives, l'exploration de données, les théories des facteurs humains et les modèles d'interaction homme-machine.

- Une identification « Prospective » qui implique la prévision et l'évaluation des conséquences des événements qui pourraient se produire dans le futur, ainsi que l'utilisation des méthodes prédictives à l'aide de la recherche de tendance dans les données détenues (de la donnée à la connaissance) et des connaissances tacites des acteurs du projet (Mariani, 2012). Les outils classiquement employés sont : méthode d'observation (liste de contrôle, échelle d'évaluation, observations internes, commentaires narratifs), l'analyse PESTEL, le SWOT.

Dans des situations complexes, la combinaison de ces deux approches permet d'obtenir des meilleurs résultats (Giudici *et al.*, 2010).

Dans (Gidel et Zonghero, 2006) les auteurs proposent une typologie des méthodes d'identification des risques en fonction de trois approches :

- L'approche analogique basée sur l'étude des expériences des projets passés. L'inconvénient est qu'elle ne prend en considération que les risques déjà identifiés et enregistrés dans des projets similaires.
- L'approche heuristique basée sur l'expertise des acteurs du projet en appliquant des outils avec des méthodes structurantes, comme la technique Delphi, l'analyse SWOT ou le jugement d'expert (AFNOR, 2010a). L'inconvénient de cette approche est que son efficacité dépend principalement de la connaissance des acteurs et de leur volonté à la partager.
- L'approche analytique basée sur une analyse détaillée et systématique des risques des composants basiques du projet (tâches, livrables, ressources...). Les méthodologies idoines sont l'AMDEC et l'arbre de défaillance.

En support de l'identification des risques, nous devons aussi considérer les taxonomies des risques relatifs aux projets. Elles fournissent des listes de risques potentiels qui facilitent l'identification de ceux pouvant déclencher un événement indésirable ou désirable. Comme exemples de taxonomie des risques, nous pouvons considérer :

La taxonomie des risques proposée par (Botero Lopez, 2014), orientée risques propres aux processus de réponse à appels d'offre :

- externes
  - client : besoins, communication, image, contractuels, nature, moyens financiers
  - concurrence : exigences, malveillance, confidentialité, compétences
  - environnement : économique, géographique, social, juridique
- internes
  - stratégie : politique, facteur humain, management, organisationnel
  - projet : financier, calendaire, développement
  - métier : technique, sous-traitance

Villeneuve ([Villeneuve, 2012](#)) propose une classification pour différencier les risques en fonction de l'importance de la probabilité d'occurrence et de la gravité :

- Risque avec et sans conséquences financières
- Risque en régime permanent ou transitoire
- Risque fondamental ou particulier
- Risque pur ou spéculatif

Par ailleurs, Gourc ([Gourc, 2006](#)) propose l'utilisation d'une taxonomie des risques génériques et d'une décomposition des activités préétablies d'un projet :

- internes
  - humains : organisation, animation, communication interne, décision.
  - organisationnels : planification, suivi, documentation, version, budget
  - technologiques : ergonomie, sécurité, compétence, disponibilité, adéquation
  - contractuels : exigences, cahier des charges
- externes
  - techniques : évolution
  - politiques : entreprise, lobbying, social, contestation
  - liés au client, au marché : financement, évolution des besoins, concurrence, utilisation
  - juridiques : sécurité, environnement, fiscalité

Selon ([Desroches \*et al.\*, 2003](#)), il est possible de faire la distinction entre les risques spéculatifs provenant d'une décision délibérée du chef d'entreprise en vue de réaliser ses objectifs, et les risques purs provenant d'événements accidentels ou fortuits.

- intrinsèques
  - éléments du système
  - éléments qu'il utilise pour fonctionner
  - éléments qu'il produit
- fonctionnels
  - dysfonctionnement
  - humains
  - psychologiques
  - physiologiques
  - médicaux
  - informatiques
  - environnementaux

Enfin, nous prenons en compte la taxonomie développée par (Carr *et al.*, 1993). Cette taxonomie est utilisée pour classer de nombreux facteurs associés au développement de logiciels tels que les tâches de développement, les procédures de qualité, ou les conséquences de risques associés au processus de développement. La taxonomie est organisée en trois grandes classes. Ces classes sont elles-mêmes divisées en éléments caractérisés par ses attributs. Par exemple la classe « ingénierie du produit » est divisée de la manière suivante :

- **classe** : ingénierie du produit
  - **élément** : exigences
    - **attribut** : stabilité

Il est à noter que la sélection de l'approche d'identification et de la taxonomie dépendra du projet considéré, de l'entreprise et de sa culture (Brun-Maguet et AFNOR, 2002).

## Méthodes pour l'analyse des risques

Une fois les risques du projet identifiés, la phase d'analyse des risques vise à estimer et à évaluer ces risques afin de décider du traitement à mettre en œuvre (AFNOR, 2003). Elle utilise des outils d'analyse qualitative et quantitative qui conduisent à détailler les événements déclencheurs d'une situation à risque.

Les outils de représentation (cf. Figure 1.7) donnent la possibilité de synthétiser graphiquement les risques ou phénomènes liés aux projets, de décrire des scénarios d'incidents et de détailler les conséquences envisagées et ses probabilités par rapport aux événements (Mortureux, 2002).

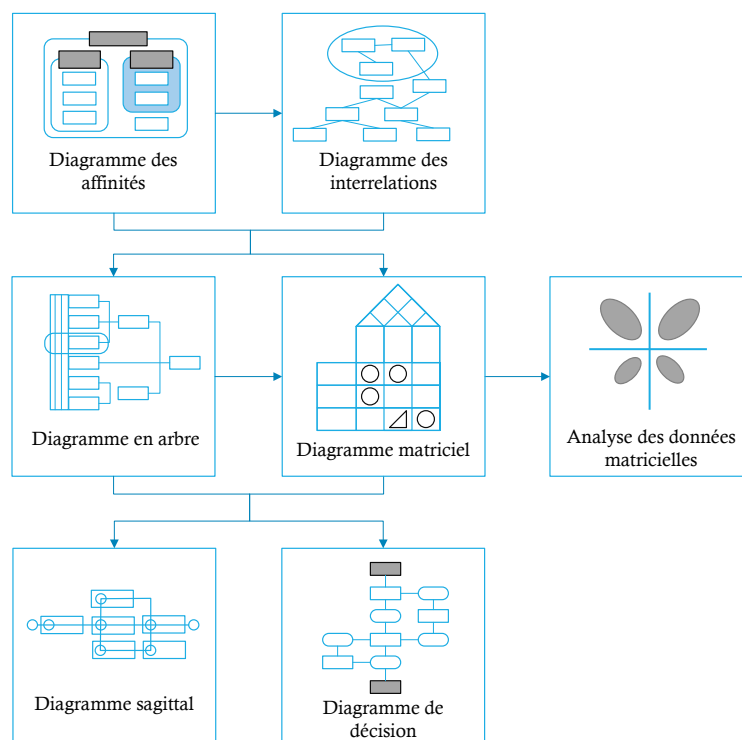


FIGURE 1.7 – Diagrammes du management, adaptés de (Crépin *et al.*, 2013)

Ces outils permettent de rechercher exhaustivement les moyens les plus appropriés pour comprendre la nature des variations présentes dans les phases du projet et distinguer les causes de variation inhérentes au projet.

## Méthodes pour l'évaluation des risques

En ce qui concerne l'évaluation des risques, ou leur cotation, nous devons noter l'engouement pour les méthodes quantitatives telles que l'[Analyse préliminaire des risques \(APR\)](#) ou l'[AMDEC](#). Leur intérêt est de proposer une grille d'analyse multicritère permettant de quantifier la criticité ou niveau de risque afin de classer les risques et donc de définir les priorités de mitigation. Applicables à tout type de projet, elles proposent aux évaluateurs une grille d'analyse structurante conduisant à une évaluation des risques plus rigoureuse et cohérente.

Selon ([Lipol et Haq, 2011](#)), les avantages de l'application de ces méthodes structurantes dans les projets peuvent être résumés comme suit :

- amélioration de la qualité des conceptions des produits, services et procédés et de la satisfaction des clients,
- réduction des coûts de réalisation, des coûts de non-qualité et des activités sans valeur ajoutée,
- diminution des temps de développement,
- amélioration de la maîtrise du projet.

Ainsi, nous pouvons constater qu'il existe de nombreux travaux portant sur les méthodes de Management des risques dans les projets. Il est à noter que ces méthodes sont employées en support du processus « suivi et contrôle du projet » (cf. section [1.2.1](#), page [8](#)).

### 1.5.2 Interface (MP - REx)

La capitalisation des expériences et leur exploitation dans les projets sont devenues une préoccupation générique. En effet, de par la complexité grandissante des projets et de la versatilité des acteurs dans les projets et les entreprises (turnover, surcharge), la formalisation des expériences et des connaissances est une préoccupation majeure. En d'autres termes, la mise à disposition du capital immatériel de l'entreprise est désormais une condition sine qua none au succès de tout projet ([Stal-Le Cardinal et al., 2014](#)).

Selon ([Ermine, 2008](#)), le [REx](#) « est un processus supplémentaire qui viendrait se greffer au projet pour en accroître la valeur ». Initialement, le [REx](#), selon l'auteur, a été conçu comme une approche pour recueillir les informations et documents issus des projets. Toutefois, les besoins ont évolué et les enjeux actuels concernent « la façon dont les savoirs sont générés

et organisés à l'intérieur d'un projet et de quelle façon ils peuvent être capitalisés dans une mémoire projet ». En effet, l'objectif actuel est d'aboutir à un processus de management de projet apprenant, c'est-à-dire qui s'enrichit naturellement et progressivement de ses expériences. Pour répondre à ce besoin, l'auteur propose de constituer des mémoires de projet qui peuvent être réutilisées de manière efficace dans d'autres projets.

La clef de construction de cette mémoire de projet est d'identifier clairement l'information à prendre en compte, l'action source (qui détient l'information) et le mode de collecte. Ce positionnement initial est important car les informations capitalisées doivent permettre de constituer des expériences qui peuvent à la fois concerner le management du projet et le développement du contenu concerné par le projet. Dans ce travail, Ermine ([Stal-Le Cardinal et al., 2014](#)) propose l'utilisation des techniques de la gestion de connaissance comme la carte heuristique (*mind mapping*), les interviews et les *debriefing*. Toutefois, il est à noter que ces collectes d'informations se font lors de réunions post-activité ou post-projet.

Concernant les documents produits durant un projet, et qui pourraient constituer une source considérable de connaissances, Matta ([Matta, 2004](#)) exprime que bien souvent, les documents utilisés ne sont pas suffisants ou correctement structurés pour contenir une information utile en vue de créer des expériences ou de la connaissance. En effet, les acteurs sont souvent plus préoccupés par le développement de leurs livrables et le respect des contraintes coût et délai que par la création de comptes rendus utiles pour demain. Face à ce constat, il est nécessaire de définir des modèles ou trames de documents dédiés à certaines activités ou phases du projet et facilitant la collecte des informations. La synthèse des documents établis au fil des avancées représente autre un moyen de créer une mémoire de projet. Il est à noter qu'indépendamment de leur intérêt pour constituer des expériences pertinentes, ces trames doivent avant tout être perçues comme des gains d'efficience par les acteurs qui les utilisent quotidiennement.

Le modèle proposé par Matta ([Matta, 2004](#)) se décompose en deux parties :

- la mémoire de caractéristiques de projet avec la capitalisation du contexte du projet, de la description de l'organisation et des résultats,
- la mémoire de logique de conception avec la capitalisation des problèmes rencontrés, et des démarches mises en œuvre pour les résoudre.

Afin d'avoir une mémoire efficace, l'architecture informatique développée doit permettre aux acteurs impliqués dans le projet de pouvoir mettre à jour, consulter ou modifier les informations en fonction de leur profil d'utilisateur et du niveau de confidentialité des données consignées.

Nous pouvons aussi mentionner les travaux de ([Duffield et Whitty, 2016](#)) et ([Duffield et Whitty, 2015](#)) qui proposent un modèle de conceptualisation du retour d'expérience des projets, appelé « *Systemic Lessons Learned Knowledge (Sylk)* ». Le modèle Sylk propose



des méthodes et concepts pour intégrer un système de retour d'expériences dans les processus, pratiques et cultures organisationnelles des projets.

Le modèle [Sylk](#) se compose d'un ensemble de strates comportant chacune les informations relatives à une composante du projet tel que le cahier des charges, la technologie, les ressources humaines, l'infrastructure. Les auteurs ont assimilé ces strates à des tranches de gruyère où : les zones pleines représentent les barrières au [REx](#), et les trous, les facilitateurs.

L'idée présentée est que pour être en mesure de diffuser les expériences acquises dans l'ensemble du projet, il faut pouvoir aligner les trous (facilitateurs) de chaque tranche. Ce modèle de tranches met en évidence les structures de personnes, d'organisation et de technologie qui impactent la diffusion des expériences entre les acteurs impliqués dans les processus métier et les processus de management.

Comme dans les précédents travaux, la mise en place du modèle [Sylk](#) commence par l'identification des informations pertinentes. Au niveau du recueil, les auteurs proposent d'employer des techniques telles que le recueil des commentaires d'actions, les audits de projet ou les comptes rendus de réunion. D'après les auteurs, cette phase de recueil est la partie la moins critique dans le [REx](#), alors que la diffusion et l'application des expériences consignées sont les plus complexes. Une fois collectées, les informations sont codifiées, stockées et partagées au sein de l'organisation pour pouvoir être diffusées aux personnes concernées par les nouvelles informations acquises. Au final, nous retrouvons l'application, c'est-à-dire l'exploitation des expériences par les personnes en vue d'atteindre une meilleure performance.

En conclusion, les auteurs ont constaté que d'une part, le modèle permet d'améliorer le résultat souhaité dans l'étape de diffusion et d'autre part, la principale cause d'échec du retour d'expérience est les personnes impliquées dans les projets et leur culture organisationnelle.

Dans le cadre de l'utilisation du [REx](#) dans le management de projet, nous pouvons aussi considérer l'étude réalisée par ([Hartmann et Dorée, 2015](#)) sur le transfert efficace des connaissances qui est divisé en deux modèles : l'approche émetteur-récepteur et l'approche d'apprentissage social.

Dans l'approche émetteur-récepteur, les interactions sociales sont les canaux de transmission pour le transfert des connaissances. Dans ce cadre, l'échange de connaissances est possible lorsque l'expéditeur est disposé à partager et le récepteur possède la capacité à assimiler de nouvelles connaissances. Dans l'approche d'apprentissage social, le transfert du savoir se produit à travers des interactions entre les individus au cours des activités quotidiennes.

Pour les auteurs, l'apprentissage entre les projets n'est possible qu'à trois conditions :

- Les questionnaires de projets devraient consacrer plus d'importance à la saisie des expériences des projets en planifiant des activités dédiées. Dans le cadre émetteur-récepteur, l'apprentissage n'est possible que si les questionnaires considèrent d'une part les projets comme des sources émettrices et réceptrices formant un tout homogène et d'autre part, les actions relatives à l'apprentissage comme un travail à part entière du projet et donc à planifier dans le planning initial.
- L'apprentissage doit être considéré comme un processus évolutif intégré aux projets. Une contribution possible à l'aide de l'approche émetteur-récepteur est l'organisation de dépôts par « pratique » avec la nomination de référent ou d'ambassadeur de la pratique. Ces référents sont responsables de l'avancement de la pratique dans le projet et fournissent des conseils sur les informations qui doivent être conservées à la fin de chaque projet.
- Les personnes et les documents (par exemple dessins, contrats, manuels) contiennent une part des expériences acquises et mises en œuvre dans les projets. Le moyen pour faciliter l'interaction des employés au sein des projets se fait à travers la constitution d'équipes de projet et la mise en place de réunions disciplinaires et interdisciplinaires. Ces confrontations métier favorisent l'identification et la compréhension des leçons apprises, mais aussi stimulent l'ajustement et la modification des documents et l'évaluation de leurs implications pour d'autres projets.

Enfin, nous devons constater que la majeure partie des activités liées au **REx** dans les projets sont réalisées lors du processus de Clôture (cf. section 1.2.1, page 8).

### 1.5.3 Interface (MR - REx)

Depuis quelques années, les industries avec un fort niveau de sécurité telles que le nucléaire, l'aéronautique, la chimie, le pétrole ou l'agroalimentaire ont mis en place des démarches de Retour d'expérience visant à améliorer la qualité de leurs systèmes industriels mais aussi de leurs produits (Van Wassenhove, 2004). Cette initiative s'inscrit dans la volonté de réduire les accidents impliquant des hommes et toutes les conséquences que cela peut induire. Dans cette logique, la gestion des risques ne se limite pas faire du curatif a posteriori, mais à éviter que cela, d'une part, se produise par de la prévention et, d'autre part, se reproduise par des mécanismes de retour d'expérience.

Le **REx** s'insère dans un processus de maîtrise des risques grâce à l'aptitude à mieux faire connaître et comprendre les événements et comportements des systèmes techniques d'une part, et des personnes et des organisations, d'une autre part (Van Wassenhove et Garbolino, 2008). D'après les auteurs précités, les apports du **REx** dans le **MR** sont de permettre :

- De suivre les indicateurs pour expliquer une évolution
- D'apporter des éléments objectifs pour établir une estimation

- D'identifier de ce qui a échoué pour l'éviter
- D'identification de qui a réussi pour le reproduire.

D'après (Van Wassenhove et Garbolino, 2008), le REx a été pensé comme un outil pour extraire des leçons sur les événements provenant d'erreurs humaines ou des problèmes organisationnels. Cependant, son implémentation n'a pas eu les résultats escomptés puisqu'il a été conçu en tant qu'outil statique, dépourvu de toute capacité à être mis à jour. Ainsi, l'outil n'a pas pu fournir les informations exactes en temps réel pour une identification efficace des risques.

Face à ce constat, (Jocelyn *et al.*, 2016) ont conçu une méthodologie de retour d'expériences dynamiques pour l'identification et l'estimation des risques relatifs à la sécurité des machines.

Malgré les différents outils pour gérer les risques, les entreprises ont des difficultés à apprendre des expériences passées (AFNOR, 2010a).

D'après (Jocelyn *et al.*, 2016), la principale raison pour laquelle les méthodes actuelles n'ont pas été couronnées de succès est l'incapacité à prendre en compte simultanément les causes directes et indirectes. En effet, pour pouvoir comprendre les événements à l'origine de l'apparition et donc à prévenir les risques, il faut connaître les causes directes et indirectes des problèmes.

De plus, les outils présentent des difficultés à mettre à jour les informations collectées, ce qui limite leur capacité à prévenir les risques. En réponse à ce constat, l'auteur propose de mettre en place un système de reportage régulier des données, visant à enregistrer les nouvelles observations et de s'inscrire dans une « approche dynamique ».

La méthodologie proposée est composée de quatre étapes :

- Identifier les principales causes directes et indirectes de problèmes,
- Concevoir les scénarios possibles en regard de la situation du projet considéré,
- Rassembler les avis d'experts, pour obtenir l'information sur la probabilité de l'occurrence pour chaque scénario,
- Évaluer et étudier les effets des mesures de réduction de risque.

Avec cette logique, le gestionnaire de projet peut choisir de travailler sur l'élimination de certains scénarios et éviter ainsi que les problèmes considérés ne se produisent. Les auteurs (Jocelyn *et al.*, 2016) ont démontré que cette démarche permet d'améliorer l'identification et l'estimation des risques.

Par ailleurs, nous avons l'étude de (Godé et Lebraty, 2015) qui démontre que le retour d'expériences est essentiel pour améliorer la coordination dans des environnements

fortement incertains et risqués (extrêmes). Cette enquête a eu lieu auprès de la *French Air Force Aerobatic Team (AFAT)*.

En premier lieu, il est démontré comment les pilotes exposés à des situations stressantes risquées et incertaines, apprennent et communiquent les leçons apprises afin d'éviter l'apparition d'événements négatifs conduisant à des conséquences fatales. La méthodologie employée comporte trois aspects majeurs : l'emploi d'un langage commun, la flexibilité des membres, ouverts à l'apprentissage et la socialisation des expériences acquises.

L'*AFAT* utilise un retour d'expérience « à chaud » caractérisé par sa simultanéité avec l'activité évaluée. Ainsi, chaque pilote est évalué pendant son vol et reçoit des consignes verbales portant sur les corrections à réaliser immédiatement. Ce *REx* à chaud est établi suivant une procédure établie :

**Préparation et briefing :** cette phase se déroule juste avant le début de l'activité. Elle vise à évaluer les conditions de l'exercice : environnement, conditions météorologiques, risques potentiels, problèmes techniques constatés, événements durant le vol.

**À chaud :** concerne l'évaluation et la rétroaction (consignes verbales) réalisées en simultané au cours de l'activité elle-même. Un moniteur analyse les performances et donne des instructions pendant toute l'activité, permettant ainsi aux pilotes d'apprendre immédiatement des erreurs commises. Chaque séance d'exercice est enregistrée sous vidéo pour une évaluation postérieure.

**Compte rendu :** quelques minutes après avoir terminé l'activité, une séance de débriefing est organisée afin que les pilotes puissent d'une part, passer en revue tous les commentaires reçus et les actions correctives en découlant, et d'autre part, partager leurs expériences et correctifs.

Dans le cadre d'un système de retour d'expérience appliqué à la gestion des risques (Botero Lopez, 2014) a développé une démarche consistant à adosser un système de retour d'expériences au processus de gestion des risques dédiés à un *Processus de réponse à appel d'offres (PRAO)*. Dans ce travail de thèse, un modèle de risques et d'expériences *PRAO*, appelé *CEMDEx (Causes, Effects, Mapping, Description, Experience)*, a été développé et mis en œuvre. Ce modèle considère toutes les caractéristiques utiles permettant une application dans n'importe quel domaine.

Dans cette approche, l'expérience permet de caractériser la réponse à appel d'offres avec le contexte de l'analyse, la solution estimée, le déploiement du projet et la clôture. Ainsi l'expérience est matérialisée par une fiche qui capitalise tout le travail porté sur la conduite du *PRAO* et sur le Management des risques. Le développement de cette fiche permet la réutilisation ultérieure des informations et de la connaissance dans un nouveau *PRAO*.

### 1.5.4 Discussion

Dans ce paragraphe, nous avons présenté quelques méthodologies relatives aux intersections entre les domaines d'études : le [Management de Projets](#), le [Management des Risques](#) et le [Retour d'expériences](#). Nous avons montré qu'il existe de nombreux travaux et méthodes propres à chaque domaine, mais aussi visant à améliorer les performances de l'un des domaines à l'aide des principes d'un autre.

Le sujet le plus présent dans la littérature est le Management des risques dans le Management des projets, communément appelé « Management des risques dans les projets ». Plusieurs normes ont d'ailleurs été développées et les méthodologies proposées ont largement démontré leur capacité à améliorer le respect des objectifs et des obligations des projets.

Parmi les méthodes disponibles dans la littérature, nous nous sommes intéressés à celle présentée par le référentiel [FD X50-117](#), car elle comporte un processus de « mémorisation des risques et de capitalisation des expériences ». L'intégration de ce processus à la gestion de risques démontre la nécessité d'améliorer cette partie de la démarche. Toutefois, bien que nécessaire, ce processus de mémorisation propose une formalisation régulière des documents utiles. Il en résulte des bases de données complexes, souvent inexploitable par les acteurs. Capitaliser est certes nécessaire, mais uniquement à condition de pouvoir exploiter les informations consignées et donc de rentabiliser l'effort demandé aux acteurs, lors de la capitalisation.

Concernant les travaux relatifs au [REx](#) et au [MP](#), il apparaît qu'ils ont tous un objectif commun : améliorer les performances des projets par un apport de capital immatériel. [Matta \(Matta, 2004\)](#) et [Ermine \(Stal-Le Cardinal et al., 2014\)](#) ont proposé la formalisation d'une mémoire de projet permettant de partager des expériences dans le but d'éviter la perte de connaissance dans les projets et la répétition d'erreurs connues. Toutefois, la capitalisation des informations n'est pas réalisée en continu et de manière non intrusive pour les acteurs.

Dans cette intersection, le plus important est, en premier lieu, de sélectionner la technique de capitalisation qui convient le mieux aux acteurs du projet et, en deuxième lieu, de contextualiser les informations à l'origine de l'expérience qui sera exploitée pour établir de nouvelles connaissances.

Finalement, pour l'intégration du [REx](#) et [MR](#), l'axe central des techniques développées est d'une part, l'amélioration de l'identification des risques à partir d'une étude exhaustive des causes et des conséquences, et d'autre part, l'adaptation ou l'enrichissement des connaissances des résultats obtenus par l'évaluation factuelle de la réduction ou de l'élimination des risques. Nous avons pris comme point de départ les travaux de [\(Botero Lopez, 2014\)](#) pour la définition d'un modèle d'expérience pour caractériser les risques d'un projet.

## 1.6 Formulation du problème

Depuis quelques années maintenant, les entreprises ont mis en place des organisations par projet pour être capables de répondre rapidement et de manière efficiente aux exigences des marchés. Toutefois, la mise en place de ce type d'organisation n'est pas suffisante pour garantir un succès. Dans le contexte actuel où les contraintes financières, temporelles, humaines, matérielles et normatives sont de plus en plus élevées et où la complexité des projets est croissante, la présence de risques et d'incertitudes est inéluctable avec des conséquences pouvant être désastreuses en regard des objectifs et/ou des obligations.

Ce constat est le point de départ de nombreux travaux relatifs au management de projet et à la maîtrise des risques, menés tant sur le plan scientifique qu'industriel, en vue d'améliorer les performances des projets et l'efficience des organisations.

Le Management de Projets contribue à créer une chaîne de valeur stratégique permettant aux entreprises d'obtenir un avantage concurrentiel sur leurs rivaux et dans les marchés (Patanakul *et al.*, 2012).

Pour mener à bien les projets, les gestionnaires doivent prendre en compte un grand nombre de paramètres contextuels (économique, environnemental, social, sécurité) et souvent, un grand nombre de parties prenantes. Dans cet environnement vaste et instable, ils doivent régulièrement étudier les potentielles conséquences en positif et en négatif de leurs décisions et évaluer les risques de la manière aussi précise que possible.

La complexité accrue des projets entraîne une augmentation des risques inhérents (Shenhar *et al.*, 2001). La tendance actuelle prônée par la norme ISO9001:2015 (ISO, 2015) est de se focaliser sur le traitement des risques en vue de se prémunir de futurs problèmes, souvent plus coûteux à traiter. Ainsi, le Management des risques fait maintenant partie intégrante de la gestion de projet.

Le Management des Risques peut être défini comme le processus systématique d'identification, d'analyse et de maîtrise des risques du projet (PMI, 2013). Un objectif majeur de Management des Risques est de maximiser la probabilité et les conséquences d'événements positifs et de minimiser la probabilité et les conséquences d'événements indésirables à la performance du projet.

Pour améliorer l'analyse des risques et être efficaces, les gestionnaires de projet utilisent de plus en plus les expériences et pratiques acquises au cours de projets antérieurs. En effet, l'expérience, telle que nous l'avons définie, constitue une excellente source d'informations pour améliorer la maîtrise des risques dans les projets.

Ainsi, la mise en place de systèmes de retour d'expériences apparaît comme un facteur clef de réussite dans les projets. Toutefois, ils ne sont efficaces que si les gestionnaires de projet organisent une réelle capitalisation des événements pertinents dans le but de créer de nouvelles connaissances. Malheureusement, la capitalisation de ces expériences

est traditionnellement une étape statique réalisée à la clôture du projet. Cette pratique courante ne permet de capturer que quelques événements mémorisés par les experts impliqués, qui, comme nous l'avons exprimé précédemment, ont tendance à oublier les erreurs perçues comme d'origine personnelle. De plus, l'information capitalisée est difficilement exploitable lors de nouvelles analyses de risques en raison du faible niveau de contextualisation des événements.

L'organisation même des entreprises et des projets engendre de fortes contraintes sur les acteurs et présente des limites quant à l'encadrement du personnel. En effet, chaque membre est soumis à une grande pression liée au respect des objectifs et souvent à une surcharge de travail. Dans ce contexte, la priorité est de fournir les livrables conformément aux engagements, sans se soucier de la capitalisation des savoirs qui pourraient être utiles pour une future exploitation.

Ainsi, le personnel est souvent le plus grand obstacle à un retour d'expérience efficient, et ce pour plusieurs raisons :

- La nécessité de déclarer ses erreurs personnelles et les rendre publics, ce qui touche directement à l'égo et à l'image de chacun,
- Le partage de ses savoirs dans une société où la concurrence interne est de plus en plus forte,
- La valorisation du travail fourni par chaque équipier, qui est uniquement basée sur les respects des objectifs coûts, délais et des spécifications des produits ou services.

Face à ces constats, nous avons focalisé nos efforts sur l'élaboration d'une méthode ayant pour but d'améliorer le processus de Management des risques dans les projets en utilisant les mécanismes du retour d'expériences en vue de s'inscrire dans une logique d'amélioration continue.

Dans ce contexte, la question de recherche de ce travail est formulée comme suit :

Quelles caractéristiques doit avoir une méthodologie formelle visant à améliorer le processus de maîtrise des risques dans les nouveaux projets à partir de l'exploitation des expériences capitalisées à la fois lors d'analyses de risques antérieures mais aussi, lors du traitement des problèmes rencontrés dans les projets passés ?

## 1.7 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté les trois domaines d'intérêt pour notre recherche. Dans ce contexte, nous avons commencé, en considérant séparément, les fondements du Management de projets, du Management des risques et du Retour d'Expériences.

Nous avons mis en évidence la nécessité pour les entreprises d'exploiter les méthodes et techniques liées à ces trois domaines pour répondre aux exigences du marché et survivre. Il existe ainsi de nombreux modèles de Management de projet et des risques intégrés et des systèmes opérationnels de [REx](#).

Nous avons présenté quelques méthodes qui ont entrevu l'adoption d'une procédure de capitalisation, de traitement et d'exploitation d'expériences en vue d'améliorer les performances du projet à partir de la réutilisation, modification ou adaptation des expériences ayant conduit à une réussite ou à un échec.

De la même façon, la littérature nous a prouvé l'importance des principes du [REx](#) dans le Management des Risques. En effet, le [REx](#) constitue un réel support à toutes les phases de la démarche de Management des risques : identification, analyse, évaluation, mitigation.

Enfin, nous avons présenté notre problématique de recherche en mettant en évidence la nécessité d'intégrer un système de Retour d'expériences dans le processus de Management des risques dédié aux projets. Nous mettons l'accent non seulement sur la définition des phases du [REx](#) dans la gestion des risques, mais également sur la définition d'une méthode d'exploitation et de réutilisation des expériences capitalisées pour faciliter l'identification des expériences dans des projets similaires.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre modèle conceptuel pour résoudre notre problématique.





# Chapitre 2

## Aspects méthodologiques

### Sommaire

---

<b>2.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b>Démarche générale de l'intégration d'un système REx</b>	<b>44</b>
<b>2.3</b>	<b>Cadre général de la proposition</b>	<b>45</b>
<b>2.4</b>	<b>Description détaillée de la démarche proposée</b>	<b>47</b>
2.4.1	Étape 1 : caractérisation du projet	48
2.4.2	Étape 2 : analyse et évaluation des risques	49
2.4.3	Étape 3 : traitement des risques	50
2.4.4	Étape 4 : surveillance du déploiement des actions de maîtrise	51
2.4.5	Étape 5 : mesure de la performance de l'analyse des risques	52
2.4.6	Utilisation de taxonomies	53
<b>2.5</b>	<b>Synthèse</b>	<b>56</b>

---

## 2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, l'identification des risques d'un projet est apparue comme un enjeu crucial pour la réussite de ce projet. Cette identification des risques s'inscrit dans le processus de Management des Risques et s'appuie principalement sur la connaissance des acteurs.

Notre objectif dans ce chapitre est de proposer une démarche comportant à la fois une dimension méthodologique et une dimension technique de manière à intégrer de façon structurée et cohérente un retour d'expériences facilitant l'identification des risques et la réutilisation de bonnes pratiques pour y faire face.

Dans ce chapitre, nous allons décrire la démarche méthodologique proposée pour améliorer le processus de Management des Risques dans les projets. Celle-ci s'appuiera sur les modèles de référence [PMBOK®](#) (PMI, 2013) et [FD X50-117](#) (AFNOR, 2003). Pour ce faire, nous allons présenter les principales méthodes d'analyse des risques et, plus précisément, la procédure qui sera utilisée pour l'identification des risques d'un projet.

## 2.2 Démarche générale de l'intégration d'un système REx

La démarche méthodologique proposée est définie sur la base de l'étude des trois précédents domaines : le **Management de Projets**, le **Management des Risques** et le **Retour d'expériences** que l'on vise à intégrer par une approche basée, d'une part, sur la capitalisation et, d'autre part, sur le partage et l'exploitation de connaissances. Dans ce cadre, l'objectif est d'élaborer une proposition pour une approche générique à même de faciliter la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation des mécanismes de retour d'expérience.

Les sphères du schéma de la Figure 2.1 représentent les éléments de chaque domaine de référence (**MP**, **MR**, **REx**) en vue de traiter la problématique abordée. L'intérieur de chacune de ces sphères représente l'ensemble des techniques, des outils, des processus et des compétences nécessaires pour atteindre ses objectifs propres.

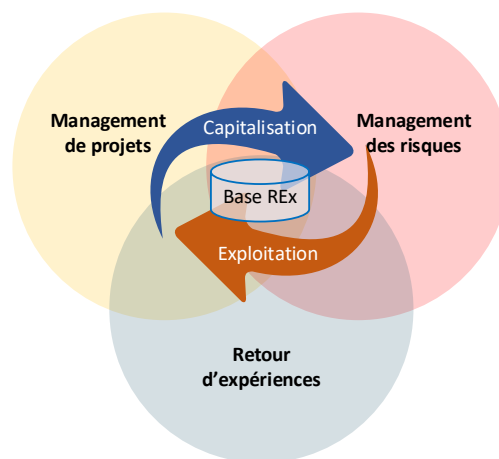


FIGURE 2.1 – Modélisation du cadre de travail

Au centre se trouve la zone commune qui rassemble les informations, les expériences et les connaissances susceptibles d'être partagées entre les différents domaines. Pour nous, ces informations, expériences et connaissances concerneront essentiellement le Management des risques dans les projets. La démarche globale que nous proposons s'appuie, d'une part, sur l'intégration de la base centrale d'expériences et de connaissances avec les domaines clés impliqués dans **MR** (aspects méthodologiques) et, d'autre part, sur la proposition d'un modèle formalisé de capitalisation des expériences et d'algorithmes de réutilisation (aspects techniques, décrits dans les Chapitres 3 et 4).

La zone centrale de la Figure 2.1 représente ainsi l'axe principal de nos contributions et englobe les processus sélectionnés pour faciliter la gestion des expériences et son interaction avec les processus métier. Nous avons distingué à ce niveau deux sous-processus :

- Sous-processus de capitalisation : il a pour fonction la collecte, la centralisation et l'organisation de l'information nécessaire pour caractériser les expériences et formaliser les connaissances. Il s'agit de prendre en compte la manière dont l'information pertinente peut être modélisée et stockée, sous forme d'expérience, par les experts tout au long du projet dans le processus du MR. Ce sous-processus a pour objectif de permettre aux experts de mettre en commun les expériences capitalisées, sous une forme réutilisable aussi facilement que possible, pour les projets à venir.
- Sous-processus d'exploitation : il vise à favoriser l'utilisation des expériences capitalisées et, de manière induite, l'apprentissage et la création de connaissances. Il a pour but d'identifier les expériences capitalisées similaires dans la base de données pour ensuite, les analyser et les adapter au besoin de l'analyse en cours. Les expériences pourront dès lors être utilisées comme base pour construire des recommandations générales (règles ou procédures) efficaces en pratique pour l'analyse des risques.

## 2.3 Cadre général de la proposition

Pour structurer la démarche de Management de Risques d'un Projet, nous allons nous appuyer sur le référentiel de Management de Projet proposé par (PMI, 2014) et sur les processus de Management des Risques d'un projet définis par le référentiel FD X50-117 (AFNOR, 2002). Nous rappelons ces approches sur la Figure 1.1, page 9 et la Figure 1.6, page 26.

Le schéma de la figure 2.2 montre l'architecture globale de la démarche construite à partir du modèle de référence sélectionné pour le MP (en haut) et pour le MR (en bas). Ces deux processus sont classiquement interconnectés.

Le processus de gestion des risques étant au cœur de la proposition, nous allons en détailler les différentes activités constitutives dans la suite de ce chapitre, en lien avec la numérotation utilisée dans la Figure 2.2.

- ✓ **1. Identifier les risques** susceptibles d'apparaître pendant le déroulement du projet en s'appuyant notamment sur la taxonomie des risques et sur le retour d'expérience issu des projets passés. Cette activité fournit une liste de risques à l'activité 2.
- ✓ **2. Évaluer et hiérarchiser les risques** par rapport à leur criticité. Cette activité va alimenter l'activité 3 en vue de la mise en place d'un plan d'actions approprié.
- ✓ **3. Développer le plan de management des risques.** L'objectif est, dans cette activité, d'élaborer un plan d'actions reposant sur les six stratégies de traitement des risques présentées (cf. action « Traitement des risques » de la section 1.3.1, page 13).

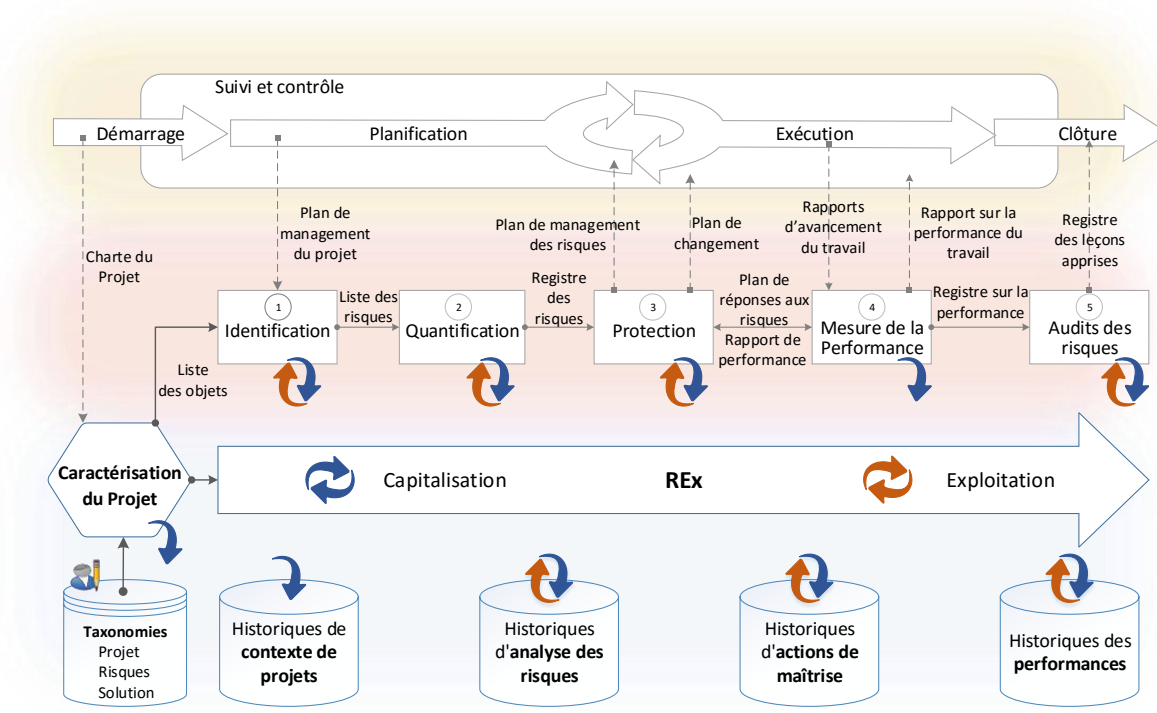


FIGURE 2.2 – Articulation entre processus de gestion de projet et de gestion des risques

- ✓ 4. Assurer le suivi du plan de management des risques pour constater ce qui s'est passé, en vue de mettre à jour les actions. Ce suivi peut être décomposé en deux sous-activités de natures différentes :
- a. **Garantir la performance** à la fois par rapport aux obligations (sécurité/santé R.H., sûreté des équipements, sûreté environnementale et respect de la réglementation) et par rapport aux objectifs (coût, délai et contenu).
  - b **Résoudre les problèmes** qui peuvent survenir lors du déroulement du projet. Lorsqu'un problème est constaté une démarche spécifique type « **Planifier - Développer - Contrôler - Ajuster (PDCA)** » est mise en œuvre :
    - Caractériser le problème.
    - Chercher dans la base d'expériences si le problème a déjà été rencontré dans les projets passés et déclaré, soit en tant que problème, soit en tant que risque. Il s'agit donc de faire le lien avec l'historique des analyses de risques des projets et des actions de maîtrise : est-ce que ce risque avait déjà été identifié, quelles actions avaient alors été déployées, ces actions avaient-elles été efficaces.
    - Définir une solution pour résoudre ce problème (en général un plan d'actions). Cette solution pourra s'appuyer sur le retour d'expérience et sur l'expertise des acteurs du projet.
    - Faire le bilan des actions mises en œuvre pour évaluer les performances de la (des) solution(s) mises en place pour faire face au problème et capitaliser

le retour d'expérience.

- ✓ **5. Évaluer et analyser** l'efficacité du plan de management du projet.

Le schéma de la Figure 2.2 synthétise l'architecture globale de notre contribution (zone ombrée bleu). Cette proposition s'articule avec la démarche générique de management des risques dans les projets et l'élaboration d'un système REx. Nous avons intégré à cette démarche des activités visant à atteindre les objectifs du modèle REx. Pour ce faire, nous avons défini de manière formalisée la caractérisation du projet à travers l'utilisation de taxonomies d'une part, et des activités de capitalisation et d'exploitation des expériences d'autre part, comme suit :

- ✓ **Caractériser le projet** lors du démarrage du projet et à chaque fois que cela est nécessaire. Cette activité consiste en la description des principaux éléments (ou objets) du projet (par exemple les livrables, les activités, les ressources. . .) et de leurs interactions qui devront être pris en compte dans l'étude du processus standard de MR. En conséquence, la caractérisation du projet est un élément clé pour le REx.
- ✓ **Mettre à disposition des taxonomies** permettant de classer, de manière formalisée, les différents éléments manipulés. Les taxonomies des objets du projet, des risques et des actions sont utilisées pour la caractérisation du projet, l'identification des risques (activité 1) et la mise en place d'actions de maîtrise des risques (activité 3).
- ✓ **Capitaliser les analyses de risques** (flèches bleues ↷). Il s'agit de préserver des expériences issues des sous-processus de MR (activités 1, 2, 3, 4 et 5) pendant le déroulement du projet sous une forme exploitable qui permettra leur réutilisation.
- ✓ **Exploiter les expériences** (flèches oranges ↷). Il s'agit de permettre un retour d'expérience sur les actions passées susceptibles de contribuer à l'élaboration du plan de management des risques pour un projet courant. Ce retour d'expérience est basé sur les historiques d'analyse des risques. Ces historiques peuvent fournir à l'activité 1 des éléments d'appui pour l'identification des risques (en recherchant, par exemple, quels risques avaient été identifiés dans des projets passés similaires). Concernant l'activité 2, les historiques peuvent fournir des éléments d'évaluation des risques. Les historiques d'actions de maîtrise et les historiques des performances fournissent aux activités 3 et 5 la mise en place des plans d'actions passés efficaces pour la maîtrise des risques et les résultats obtenus par rapport aux moyens mis en œuvre, l'activité 4 n'exploite pas de retour d'expérience.

## 2.4 Description détaillée de la démarche proposée

Nous pouvons constater dans la Figure 2.2 qu'il existe des interactions très fortes entre les processus de MP et de MR et avec les connaissances (taxonomies) et expériences capitalisées. Nous pouvons aussi observer des blocs d'activités assez homogènes. Afin de simplifier la description de la démarche proposée, nous avons regroupé les activités en cinq étapes principales :

1. Caractérisation du Projet (Activité de capitalisation dans les historiques de contexte de projets)
2. Analyse et évaluation des risques (Activités 1, 2 et l'exploitation des historiques d'analyse des risques)
3. Traitement des risques (Activités 3 et l'exploitation des historiques d'actions de maîtrise)
4. Surveillance du déploiement des actions (Activités 4 et la capitalisation des performances et l'exploitation des historiques des performances)
5. Mesure de la performance du processus de management des risques (Activités 5 et l'exploitation des historiques des performances)

L'activité « Mettre à disposition des taxonomies » apparaît clairement comme une activité spécifique qui alimente de manière transverse plusieurs autres activités. Elle sera abordée dans une section dédiée (cf. section 2.4.6).

Ces étapes peuvent se répéter pour chaque processus de développement du projet (Démarrage - Planification - Exécution - Suivi et contrôle - Clôture). En d'autres termes, cette structuration de la méthode de MR permet de mener plusieurs analyses de risques au cours d'un projet.

### 2.4.1 Étape 1 : caractérisation du projet

Au début d'un projet, immédiatement après la phase de faisabilité et suite à la définition de la charte de projet, il s'agit de définir le contexte du projet global pour concevoir son contenu en vue d'atteindre les objectifs qui ont été fixés.

Dans cette partie, les éléments du projet (par exemple, les livrables, les activités et les ressources) et leurs interactions (par exemple le fait qu'une activité doit en précéder une autre) sont détaillés. Afin de formaliser cette information et de faciliter la réutilisation, nous avons structuré un **modèle de caractérisation d'un projet** présenté au Chapitre 3.

Pour mener à bien cette structuration, nous nous sommes inspirés du modèle de description d'un projet et de ses interactions 3\*7 de (Marle, 2002). Pour résumer, F. Marle présente un projet comme une entité comprenant trois éléments (objets, caractéristiques et interactions). Les objets décrivent les éléments constitutifs du projet, les caractéristiques décrivent l'état d'un objet et les interactions décrivent les relations entre les objets (Vidal *et al.*, 2007).

Le modèle de caractérisation de projet que nous utilisons s'appuie sur la définition de huit éléments (ou objets) (commanditaires, projets, clients, objectifs, livrables, exigences techniques, activités, ressources) et six types d'interactions entre les objets, appelés liens

(composition, contribution, séquence, influence, utilisation, satisfaction, classification). L'objectif est de permettre une description synthétique et formalisée du contexte actuel du projet, sans devoir prendre en compte tous les éléments du plan de gestion de projet.

Cette étape est essentielle dans la démarche que nous proposons car c'est à partir du contexte des projets (actuel et passés) que nous allons pouvoir élaborer un mécanisme de retour d'expérience approprié. Le contexte du projet servira, en effet, de point de comparaison entre le projet actuel et les projets passés et permettra donc de retrouver les éléments des projets passés (risques identifiés, criticité, actions mises en œuvre, efficacité de ces actions) susceptibles d'avoir un intérêt pour le projet courant.

Dans le but de faciliter la mise en œuvre de ce processus de retour d'expérience, nous avons développé une méthode de réutilisation basée sur une **mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés** présentée dans le Chapitre 4.

## 2.4.2 Étape 2 : analyse et évaluation des risques

Cette étape s'appuie sur deux activités interconnectées (Activités 1 et 2 sur la Figure 2.2, page 46). L'objectif principal est de fournir en sortie une classification des risques relativement à leur criticité. Il va s'agir principalement d'identifier, d'évaluer et de hiérarchiser les risques.

L'identification des risques pour un projet va s'appuyer, d'une part, sur l'expertise humaine et, d'autre part, sur les connaissances générales et les retours d'expérience disponibles sur le domaine.

Dans la démarche que nous proposons, les connaissances générales sont limitées aux taxonomies. Nous proposons donc d'élaborer une taxonomie des risques qui permettra à la fois :

- de fournir aux experts des pistes sur les risques éventuels qui pourraient être intéressants à envisager pour le projet courant. Dans ce cas, la taxonomie va permettre d'élargir l'horizon de l'expert en fournissant des catégories de risques qu'il aurait pu négliger.
- de procurer un mécanisme d'étiquetage (classification) des risques rencontrés dans les projets passés facilitant le retour d'expérience (cf. Chapitre 4 pour une description détaillée des algorithmes de réutilisation). Le retour d'expérience est, quant à lui, assuré par la réutilisation des expériences stockées dans l'historique des analyses de risques et un modèle de données spécifique a été élaboré à cette fin, présenté au Chapitre 3.



Une fois l'identification des risques réalisée, il faut procéder à leur quantification. Pour cela, il est à nouveau possible de s'appuyer sur les retours d'expérience pour réaliser l'estimation des paramètres clés du risque : probabilité d'occurrence de l'événement, gravité sur les performances (perte de l'intégrité, de la disponibilité, de la confidentialité, coût et délai) et la détectabilité. Les experts peuvent comparer les évaluations antérieures capitalisées et évaluer, de manière mieux informée, la criticité de chaque risque.

Sur cette base, les experts peuvent établir les priorités en matière de risques afin de déterminer s'ils doivent être atténués ou non et dans quelle mesure.

### 2.4.3 Étape 3 : traitement des risques

Cette troisième étape vise à fournir le plan de maîtrise des risques, c'est-à-dire, concevoir les actions de réponse aux risques identifiés et déployer une des six stratégies définies au Chapitre 1 (cf. actions « Traitement des risques » de la section 1.3.1, page 13).

Après avoir évalué et hiérarchisé les risques à l'étape précédente, les acteurs impliqués dans la gestion des risques doivent adopter une stratégie de prise en compte et la décliner sous forme de plan d'actions. Selon les caractéristiques du risque, différentes stratégies peuvent être envisagées. Dans la Figure 2.3 est synthétisée la démarche globale de traitement des risques préconisée dans (AFNOR, 2013). De manière analogue, le PMI (PMI, 2014) indique que « si l'on parle des stratégies suivantes : éviter, transférer, atténuer et accepter, elles sont destinées à être utilisées pour traiter les risques et les menaces. Concernant les stratégies ci-après : exploiter, partager, améliorer et accepter, elles vont, quant à elles, être utilisées pour traiter les risques positifs ou les opportunités ».

La nature des actions à mettre en place et leur portée varieront également en fonction du caractère opérationnel, tactique ou stratégique du risque pris en compte. La mesure de l'efficacité des actions visant à prendre en charge un risque stratégique sera effectuée sur un horizon en général beaucoup plus long que celle des actions liées à un risque opérationnel. Il sera donc important de maintenir, sur des durées adaptées, la surveillance de ces actions et de leur efficacité.

Afin de faciliter cette étape de mise en place du plan de maîtrise des risques, nous proposons de nous appuyer, d'une part, sur les risques identifiés et hiérarchisés à l'étape précédente et, d'autre part, sur un retour d'expérience sur les actions qui ont été mises en place dans les plans de maîtrise des risques des projets passés. Le retour d'expérience sera assuré par la réutilisation des expériences stockées dans l'historique des actions de contrôle et un modèle de données spécifique a été élaboré à cette fin, présenté au Chapitre 3. Il est à noter que l'efficacité des actions passées est un élément important à prendre en compte pour évaluer l'intérêt de l'utilisation de cette action pour le projet courant.

Au niveau des connaissances générales, c'est principalement la taxonomie des actions qui sera utilisée, ainsi que la taxonomie des risques pour retrouver, dans les expériences

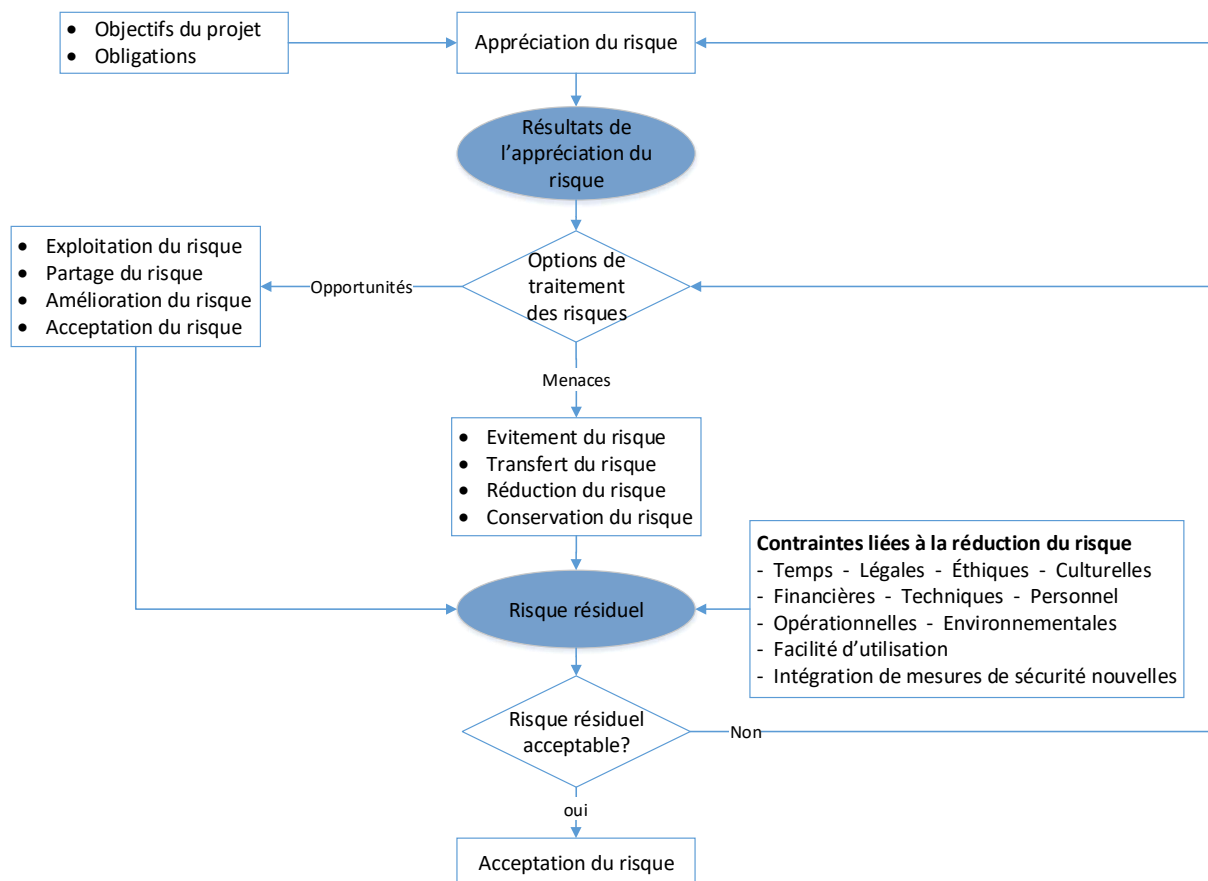


FIGURE 2.3 – Activités de traitement des risques, adapté de (AFNOR, 2013)

passées, les actions ayant été envisagées pour des risques de même nature (c'est-à-dire se situant dans la même classe de la taxonomie ou dans une classe voisine ; cette notion de distance entre classes d'une taxonomie sera détaillée au Chapitre 4).

À la fin de cette étape, les risques initiaux et résiduels doivent être placés à un niveau acceptable de criticité.

#### 2.4.4 Étape 4 : surveillance du déploiement des actions de maîtrise

Cette étape a pour objectif de surveiller le déploiement du plan d'actions, de surveiller et de maîtriser les risques identifiés, les risques résiduels et les nouveaux risques.

Au cours de la mise en œuvre des actions de maîtrise des risques, il est nécessaire de suivre, revoir et modifier la planification initiale afin de rester en phase avec les objectifs du projet. La performance des actions de contrôle doit être suivie et mémorisée afin d'évaluer la pertinence des actions pour une mise en œuvre future. Cette surveillance doit être effectuée pour chaque action de maîtrise établie auparavant.

La mesure de la performance du plan de contrôle peut être assez compliquée en pratique, en particulier en raison des différences d'horizon et de portée des actions. En effet, pour les actions stratégiques par exemple, il est utile de déterminer à partir de quelle durée la performance pourra valablement être mesurée et cette durée sera différente de celle nécessaire pour évaluer des actions opérationnelles. Il est aussi parfois délicat de mesurer l'impact de certaines actions préventives lorsque l'événement redouté ne survient pas. En effet, dans ce cas, le résultat peut être lié à l'efficacité de l'action préventive mais aussi au fait que cet événement n'est pas survenu simplement d'un point de vue probabiliste. Seule la répétition de l'efficacité de l'action de prévention dans plusieurs projets tendra à démontrer son efficacité réelle. C'est là aussi un des aspects intéressants de la capitalisation des retours d'expérience.

Dans un projet, l'analyse des risques est souvent réalisée à plusieurs moments clés. À chaque point de passage, des ajustements éventuels au plan de maîtrise doivent être envisagés. Le terme de jalon correspond à un de ces points (dates) où seront évaluées les performances des actions passées en fonction de l'état d'avancement du projet ([Destors et Noblanc, 2001](#)). Chaque jalon doit fournir un livrable ou atteindre un objectif. En dehors des jalons de début et de fin, le gestionnaire de projet désigne le nombre de points qu'il juge nécessaires.

### **2.4.5 Étape 5 : mesure de la performance de l'analyse des risques**

Cette étape va se synchroniser avec la clôture du projet. L'objectif est de veiller à ce que toutes les phases aient été réalisées conformément au processus de gestion des risques et que l'information correspondante a bien été stockée.

Dans cette étape, il sera nécessaire de capitaliser les expériences intégrant l'ensemble des dimensions du projet et en particulier : la description du contexte du projet, la description des risques identifiés et leur évaluation, la description des actions mises en œuvre et leur efficacité.

Cette étape comporte aussi l'établissement d'une synthèse de ce qui a été capitalisé au cours des étapes antérieures.

## 2.4.6 Utilisation de taxonomies

Nous avons fait le choix dans ce travail d'utiliser des taxonomies pour étiqueter les différentes informations constituant les expériences capitalisées.

Nous pouvons définir une taxonomie d'objets comme le résultat d'une démarche descriptive consistant à inventorier, à cataloguer et à hiérarchiser le plus grand nombre possible d'objets en fonction de leurs classes à partir d'observations ou d'expériences dans un domaine donné, pour obtenir une classification des faits observés (Galisson et Coste, 1976). Ceux-ci divisent l'ensemble des objets selon un découpage rigoureux.

Ces taxonomies permettent ainsi, d'une part, de fournir un mécanisme de classification partagé, ce qui est très important car les expériences ne sont pas forcément exploitées par les mêmes personnes que celles qui les capitalisent, et, d'autre part, de représenter une forme d'incertitude épistémique lorsqu'on ne sait pas classer une entité de manière précise. Dans ce cas, il est possible de lui attribuer une classe assez abstraite et générale, représentative de la connaissance que l'on peut avoir sur l'objet. Dans le cas où on ne dispose d'aucun élément sur l'objet, on peut le classer dans la catégorie la plus générale de la taxonomie (typiquement *Universal* ou *Thing*).

Nous nous sommes en particulier intéressés à l'utilisation possible de taxonomies dans un cadre de gestion des risques. Dans ce domaine, il existe différentes taxonomies de risques destinées à faciliter la classification de ces risques et sur lesquelles nous pouvons nous appuyer. Le choix d'une taxonomie ou d'une autre peut être laissé à l'appréciation des acteurs dans la mesure où les modèles et algorithmes que nous développons aux Chapitres 3 et 4 sont indépendants de la classification choisie.

Plusieurs approches méthodologiques en gestion des risques se sont appuyées sur des taxonomies spécifiques autour de classifications de risques selon différents critères de regroupement (Hubbard, 2009), (Kendall *et al.*, 2007), (Firesmith, 2005), (Gallagher *et al.*, 2005), (Carr *et al.*, 1993).

Les critères de classification sont par exemple : classification selon la nature (risques purs ou spéculatifs), l'origine (risques internes ou externes), les effets (dommages aux personnes, aux biens, à l'environnement ou à l'entreprise), les conséquences (financières, juridiques, sociales), le niveau d'assurabilité (total, partiel, nul), le domaine d'activité (produit, projet, entreprise), la détectabilité, la contrôlabilité, la fréquence d'occurrence (naturels, technologiques, diffus ou de la vie quotidienne)... (Fumey, 2001).

À titre d'illustration, nous présentons la taxonomie détaillée des risques présentée par (Cebula et Young, 2010). Cette taxonomie a été développée pour pouvoir déceler, dans le processus d'identification, tous les risques de cybersécurité opérationnels applicables dans une organisation qui ont des conséquences sur la confidentialité, la disponibilité ou l'intégrité des systèmes d'information. Cette taxonomie est représentée sur la Figure 2.4. Dans cette proposition, nous pouvons observer quatre classes de premier niveau selon

lesquelles les types de risques sont organisés : les actions des personnes, les échecs des systèmes et de la technologie, les processus internes échoués et les événements externes. Chaque classe est elle-même divisée en sous-classes plus spécifiques.

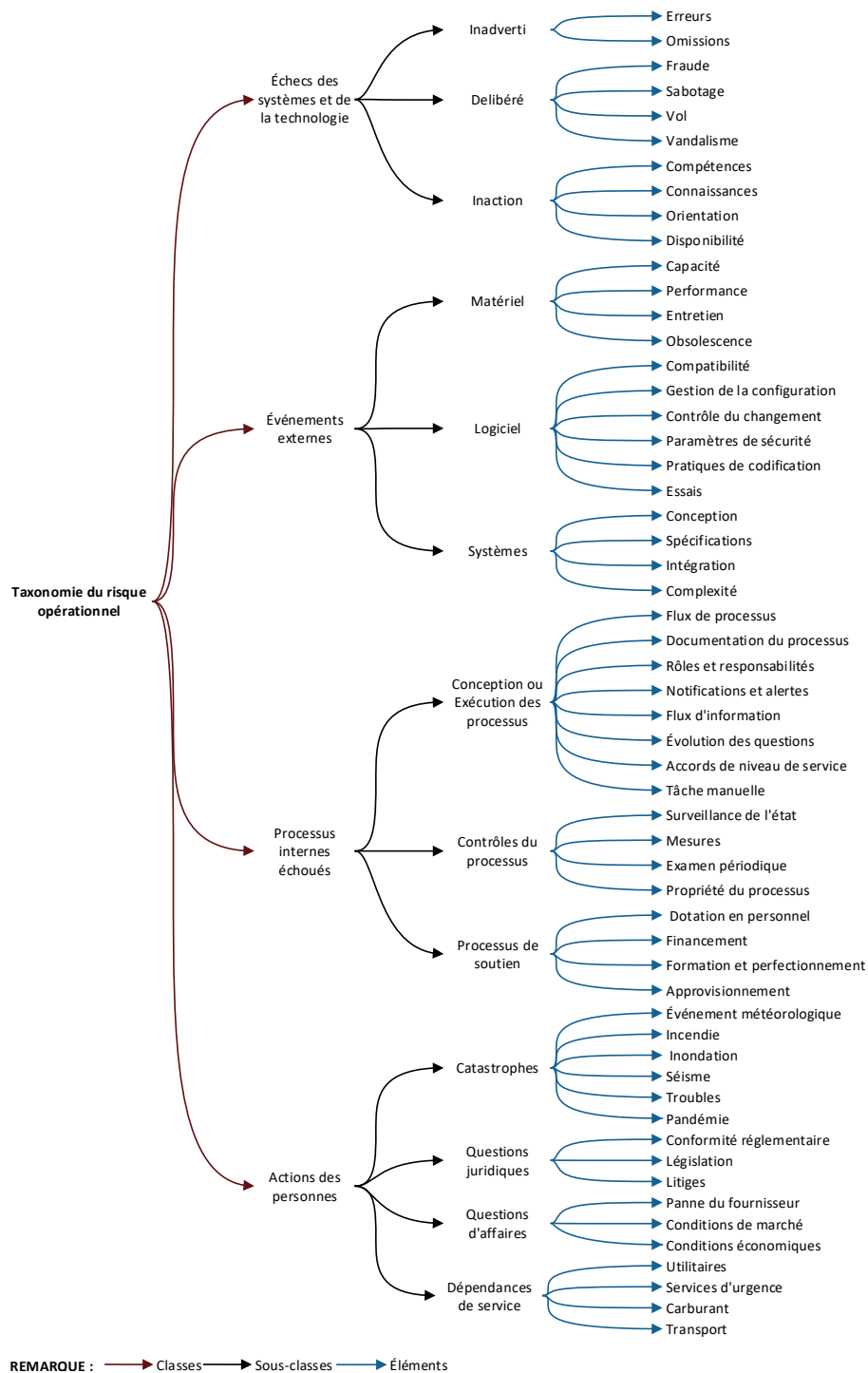


FIGURE 2.4 – Taxonomie des risques opérationnels liés à la cybersécurité, adaptée de (Cebula et Young, 2010)

À partir d'un ensemble de taxonomies produites dans différents travaux de recherche (Botero Lopez, 2014), (Villeneuve, 2012), (Gourc, 2006), (Desroches *et al.*, 2003), (Carr

*et al.*, 1993), nous avons développé une taxonomie assez générale pouvant être utilisée en première intention si les acteurs du domaine n'ont pas de connaissances particulières sur les risques liés à leur domaine. Cette taxonomie peut ainsi servir de point de départ et être ensuite enrichie lorsque des connaissances plus spécifiques seront disponibles.

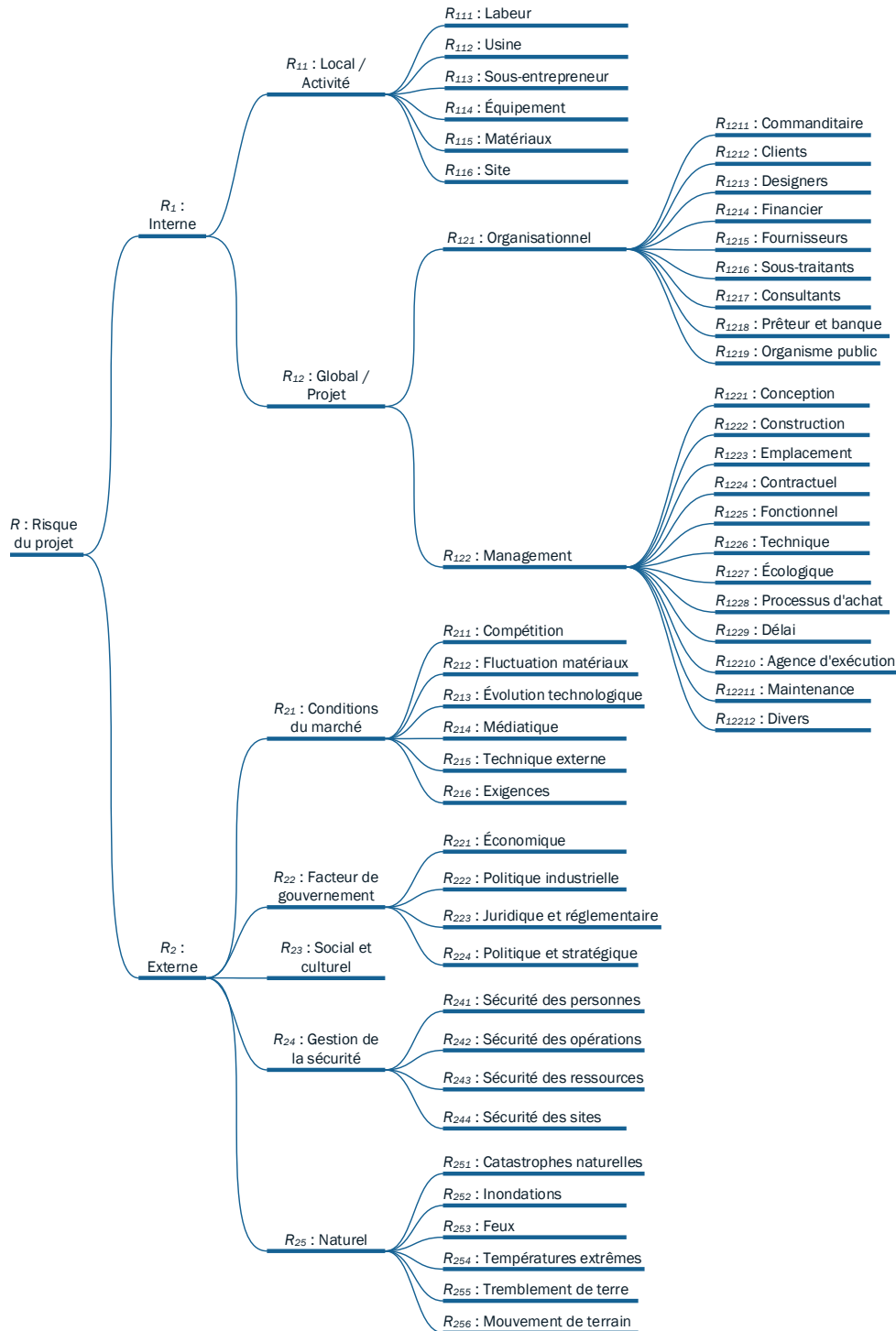


FIGURE 2.5 – Taxonomie des risques projet

La figure 2.5 permet de visualiser, au premier niveau, deux classes principales. En effet, une façon très commune de classer les risques repose sur la distinction entre les risques d'origine interne et ceux d'origine externe à l'organisation. La première classe regroupe les facteurs de risques des activités propres de l'organisation et du niveau décisionnel correspondant au projet. La deuxième classe regroupe les facteurs de risques qui proviennent des changements dans l'environnement de l'entreprise.

Soulignons que l'idée d'élaborer et d'exploiter des taxonomies a été appliquée non seulement pour la classification des risques, mais aussi pour l'ensemble des entités permettant la représentation du contexte du projet et pour les actions de maîtrise des risques. Cette approche assez simple de classification (ou d'étiquetage) des entités constitue un compromis entre la facilité donnée à l'utilisateur pour classer les informations capitalisées et la possibilité offerte au système d'aide pour retrouver des expériences antérieures intéressantes sur la base de cet étiquetage.

## 2.5 Synthèse

Ce chapitre nous a permis de décrire une démarche générale visant à améliorer la gestion des risques du projet en utilisant autant que possible le retour d'expérience. La singularité de nos travaux réside ici dans le fait d'intégrer le principe du retour d'expériences en continu afin d'améliorer la performance des processus de gestion des risques dans les projets.

La démarche proposée, en cinq étapes majeures (caractérisation du projet, analyse et évaluation des risques, gestion des risques, surveillance du déploiement des actions, mesure de la performance), peut être enrichie par un apport de connaissances à deux niveaux : tout d'abord, le niveau des connaissances générales correspondant à l'élaboration de taxonomies des entités manipulées et ensuite, au niveau plus spécifique de l'expérience correspondant à la capitalisation progressive des informations clés produites au cours des étapes la démarche.

L'association entre taxonomies et expériences pourra constituer un élément d'appui pour exploiter (réutiliser) les expériences passées. Cela suppose de disposer, d'une part, d'un modèle formalisé de l'expérience (objet du Chapitre 3) et d'algorithmes de réutilisation (objets du Chapitre 4).

Dans la suite de ce mémoire, nous allons présenter la dimension technique de notre travail. Nous distinguons deux parties : un modèle de capitalisation des expériences et un mécanisme de réutilisation des expériences capitalisées. Nous allons dans un premier temps décrire la caractérisation de l'expérience qui est un ensemble de cinq composantes formant le modèle nommé « **Modèle Projet - Analyse - Solution - Évaluation (P.A.S.E.)** ». Ce modèle vise à définir les éléments descripteurs à capitaliser pour permettre une préservation des meilleures pratiques dans le contexte d'un projet spécifique pendant l'exécution des activités d'analyse et de gestion des risques.

# Chapitre 3

## Modèle « P.A.S.E » support de la méthodologie

### Sommaire

---

<b>3.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>57</b>
<b>3.2</b>	<b>Modèle P.A.S.E pour la caractérisation de l'expérience</b>	<b>58</b>
<b>3.3</b>	<b>Caractérisation d'un projet</b>	<b>60</b>
3.3.1	Types d'objets caractéristiques d'un projet	62
3.3.2	Types d'interactions entre objets d'un projet	63
3.3.3	Représentation du contexte actuel du projet par un graphe orienté étiqueté	64
<b>3.4</b>	<b>Caractérisation des risques d'un projet</b>	<b>69</b>
3.4.1	Descripteur « Événement »	72
3.4.2	Descripteur « Causes »	74
3.4.3	Descripteur « Effets »	75
3.4.4	Descripteur « Criticité »	76
<b>3.5</b>	<b>Caractérisation des actions de maîtrise</b>	<b>77</b>
3.5.1	Descripteur « Actions de maîtrise »	78
<b>3.6</b>	<b>Caractérisation de l'évaluation de la performance</b>	<b>79</b>
<b>3.7</b>	<b>Synthèse</b>	<b>81</b>

---

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous proposons de mettre en œuvre une démarche de modélisation des expériences dans le Management des risques dans un projet afin d'élaborer un modèle support de la méthodologie décrite dans le chapitre précédent. Nous définissons un modèle



permettant de caractériser les projets, les risques, les actions de maîtrise et les expériences en vue du repérage, de la capitalisation et de l'exploitation des connaissances.

Nous définissons, tout d'abord, le processus de capitalisation de l'expérience dans notre domaine d'études. Nous nous intéressons ainsi à la modélisation d'une expérience incluant l'ensemble des éléments descriptifs d'un projet et des risques associés.

Nous spécifions, par la suite : les éléments essentiels de la description du contexte d'un projet ainsi que les types de relations entre ces éléments, les caractéristiques du risque, les actions de maîtrise et l'évaluation de leur performance.

## 3.2 Modèle P.A.S.E pour la caractérisation de l'expérience

La caractérisation des expériences doit permettre de développer les capacités des organisations en charge de mettre en œuvre successivement des projets de nature (au moins pour partie) similaire.

En l'absence de capitalisation, il n'y a que ceux qui ont vécu l'expérience qui peuvent en connaître les leçons apprises. Lorsque ces personnes quittent l'organisation, les expériences qu'ils détiennent sont perdues. En revanche, lorsque ces leçons sont formalisées et capitalisées, elles restent disponibles avec plus de facilité et pendant plus longtemps (Villeval et Lavigne-Delville, 2004).

Le processus de capitalisation d'expériences permet de préserver les meilleures pratiques dans un contexte spécifique. Il va aussi permettre de fournir à l'organisation un large éventail des causes possibles d'échec d'un projet.

Selon (Thénot, 2007), l'expertise d'un projet a pour objectif d'effectuer une analyse intégrée du projet et d'alimenter une réflexion scientifique et technique permettant de définir des stratégies, des décisions et des mesures visant à augmenter la probabilité de succès du projet. Le travail du gestionnaire de projet serait plus compliqué si l'analyse n'était fondée que sur l'expérience issue de leurs souvenirs. Ainsi, il est très utile de stocker les informations et les connaissances actuelles sur les projets. Les informations stockées doivent être pertinentes par rapport à la prise de décision dans le projet en cours. De même, l'expérience capitalisée peut être utile pour la caractérisation du contexte de projets à venir.

La capitalisation de l'expérience est un processus qui se déroule en continu. De ce fait, le modèle d'expérience doit intégrer toutes les composantes qui peuvent être capitalisées au fil de l'eau, et pas seulement sauvegarder les connaissances à la fin du projet. Cependant, pour affiner l'étude des éléments capitalisés, le modèle d'expérience doit intégrer aussi

le fait que certains éléments sont susceptibles de se transformer progressivement tout au long de la vie du projet (Chauveau, 2006).

Compte tenu de ce qui précède, une expérience est la consolidation des connaissances sur des événements qui se déroulent au fil du temps (IRSN, 2014). Dans notre travail, une expérience permet la caractérisation de l'analyse des risques.

Inspirés par le travail de différents auteurs (Bertin, 2012), (Botero Lopez, 2014), le modèle d'expérience proposé correspond à la caractérisation des informations significatives pour le traitement d'un risque dans le contexte spécifique d'un projet donné. Ainsi, une expérience est progressivement construite pendant l'exécution des activités d'analyse et de gestion des risques. Elle contient toutes les informations pertinentes depuis la caractérisation du contexte du projet jusqu'à l'audit de clôture des actions de maîtrise déployées.

Notre objectif est de développer une base d'expériences sur les risques identifiés dans chaque analyse des risques mise en œuvre dans les projets pour ainsi valoriser l'expérience acquise en vue de la gestion des projets et des risques futurs.

Le schéma global présenté dans la Figure 3.1 ci-après résume tous les éléments définissant l'expérience : le contexte du projet, l'analyse des risques (événement, causes, criticité, effets), la solution (actions de maîtrise) et l'évaluation de la performance.

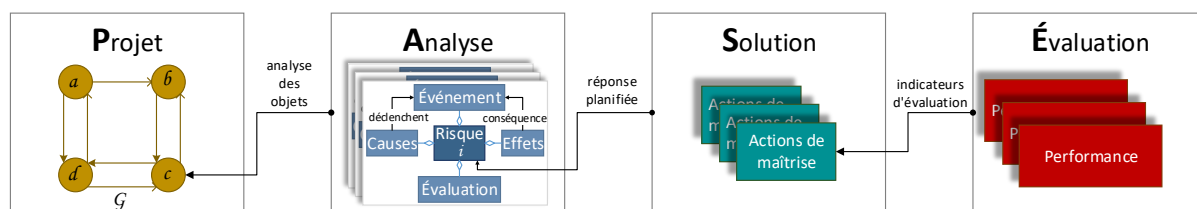


FIGURE 3.1 – Caractérisation de l'expérience

Nous avons appelé la caractérisation d'expérience « Modèle P.A.S.E. » qui est décrit par l'expression :

$$CCE^{(P_k)} = \{CCP^{(P_k)}, CAR^{(P_k)}, CSS^{(P_k)}, CEP^{(P_k)}\} \quad (3.1)$$

- $CCP^{(P_k)}$  est la variable qui contient les éléments descripteurs du contexte d'un projet (cf. section 3.3, page 60).
- $CAR^{(P_k)}$  est la variable qui contient l'analyse des risques mise en œuvre tout au long du projet (cf. section 3.4, page 69).
- $CSS^{(P_k)}$  est la variable contenant des éléments pour l'établissement d'un niveau acceptable de risque pour les risques analysés dans «  $CAR^{(P_k)}$  » (cf. section 3.5, page 77).
- $CEP^{(P_k)}$  est la variable correspondant aux indicateurs pour évaluer le déploiement des solutions mises en œuvre au cours d'un projet (cf. section 3.6, page 79).

### 3.3 Caractérisation d'un projet

Nous définissons le contexte d'un projet comme la représentation des éléments principaux du projet qui seront soumis à une évaluation des risques.

Pour définir les éléments qui vont permettre de caractériser le contexte d'un projet, nous avons décidé d'utiliser comme point de départ la méthodologie proposée par F. Marle (Marle, 2002). Dans ce travail, un projet est décrit par des objets ayant des propriétés spécifiques identifiées lors de la définition du projet. De la même façon, l'auteur considère que le comportement de ces objets doit être identifié. Le comportement d'un objet peut être compris comme l'interaction d'un objet avec d'autres objets. Finalement, F. Marle conclut qu'il est plus facile d'expliquer et de disposer de l'information si l'on utilise un support visuel (graphique par exemple). Ce support visuel aidera à maîtriser la complexité du projet et à anticiper son comportement pour élaborer les actions relatives au risque et à la résolution de problèmes.

Dans le modèle de caractérisation, « P.A.S.E. », chaque élément clé va être représenté par un objet qui rassemble des informations qui le caractérisent, ces informations pouvant être modifiée au cours du temps. Un objet est un élément matériel ou immatériel, qui peut être à l'intérieur ou à l'extérieur du projet étudié. Chaque objet peut interagir avec d'autres objets.

Dans le modèle que nous avons adopté, un projet est caractérisé par des objets appartenant à huit types d'objets distincts. Ces objets seront définis lors de la définition du projet et ils serviront de point de départ pour l'analyse de risque.

Pour caractériser un projet, il faut spécifier l'initiateur du projet ou le « commanditaire » qui formule un « projet » selon les exigences des besoins des « clients ». Les « objectifs » du projet servent de lien entre le projet et les clients car ils définissent une réponse atteignable pour élaborer des solutions selon les spécifications formulées par les clients. Ces solutions sont les résultats tangibles des « activités », appelés « livrables », qui aboutissent à des produits ou services conformément aux « exigences techniques ». Finalement, les activités (groupe de tâches) nécessaires sont établies pour atteindre les objectifs du projet et les « ressources » sont mobilisées pour la réalisation des activités.

De plus, le modèle proposé compte six types de liaisons qui vont permettre de préciser les interactions entre les objets, et ainsi de visualiser quels sont les risques susceptibles d'être « diffusés » d'un objet vers d'autres.

Comme le montre la Figure 3.2, dans un premier temps, l'ensemble des types d'objets d'un projet et des types d'interactions prises en compte ont été caractérisés à l'aide d'une vue globale. Nous définissons ensuite de manière plus détaillée, chaque type d'objet ainsi que les types d'interactions existants entre eux. En vue de faciliter la compréhension de la Figure 3.2, nous avons utilisé différents types de flèches pour la représentation des interactions entre les types d'objets.

Comme illustré sur la Figure 3.2, suite à la définition des liaisons directes entre certains objets (par exemple *Objectifs* → *Livrables* ← *Activités*), il est facile d'identifier les objets liés ainsi que les risques associés à ces objets. Ainsi, étant donné un « Livrable » attendu qui doit respecter certains « Objectifs », nous pourrions définir les « Activités » du projet qui vont permettre d'assurer la réalisation de ce livrable, et par conséquent, les risques associés à ces activités qui peuvent avoir un impact sur le livrable.

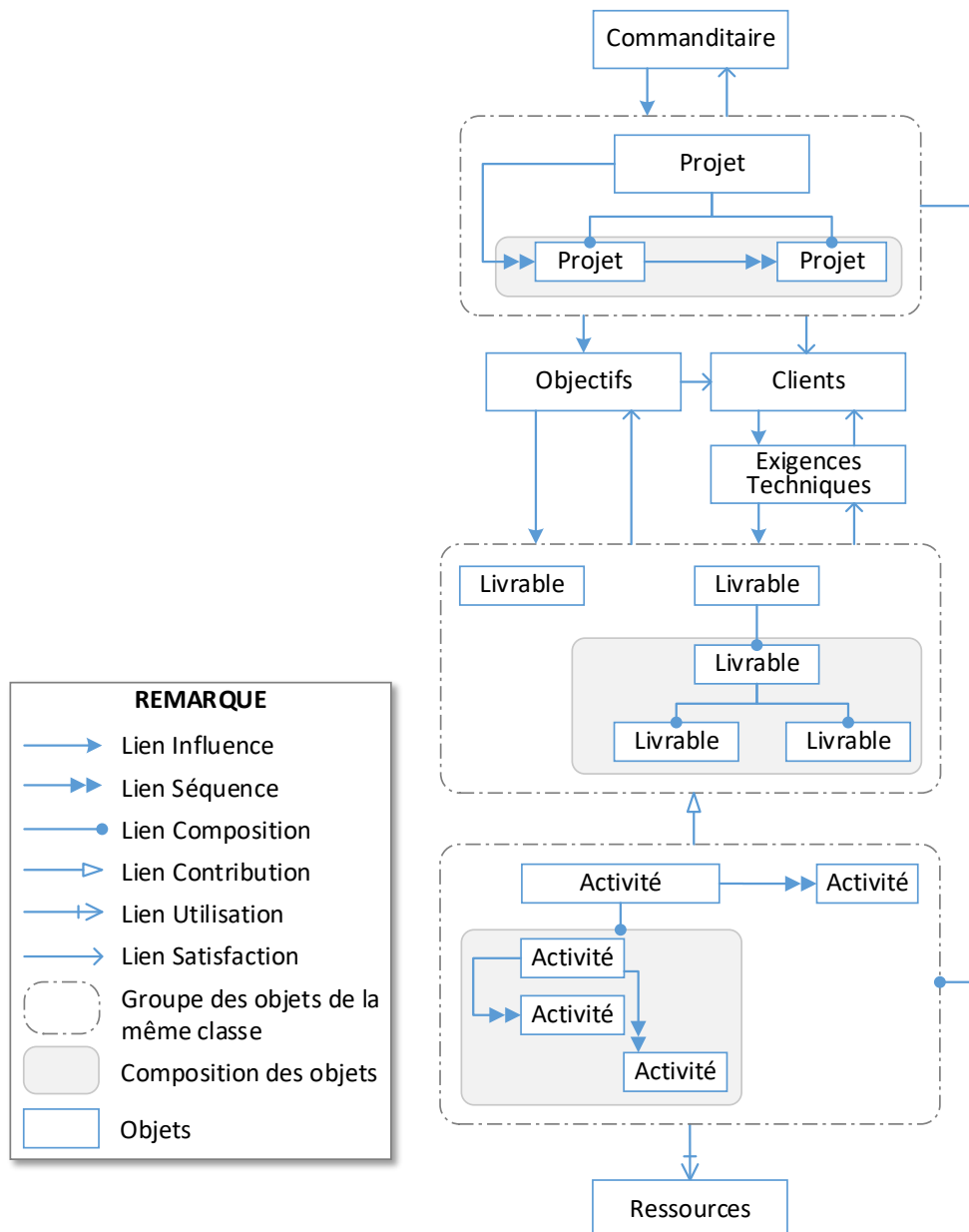


FIGURE 3.2 – Éléments du modèle de caractérisation générale du contexte d'un projet

### 3.3.1 Types d'objets caractéristiques d'un projet

Nous précisons, dans cette section, les définitions associées à chaque type d'objet dans la caractérisation d'un projet :

1. **Commanditaire** « *Cm* » : personne ou groupe de personnes propriétaires du projet et ayant un intérêt commun pour les résultats du projet (AFITEP et AFNOR, 2010).
2. **Projet** « *Pr* » : processus unique, qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées, comportant des dates de début et de fin, et entreprises dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques. Ces exigences tiennent compte des attentes des parties prenantes et des contraintes de délais, de coûts et de ressources (AFNOR, 2002).
3. **Client** « *Cl* » : personne ou groupe de personnes à qui il faudra fournir un livrable durant le projet ou à la fin du projet (Gidel et Zonghero, 2006).
4. **Objectif** « *Ob* » : but à atteindre, exprimé en termes mesurables et quantifiés (AFNOR, 2002).
5. **Livrable** « *Li* » : résultat tangible d'une activité ou d'un processus prévu au cours de la durée du projet qui permet d'atteindre les objectifs du projet. Les livrables doivent satisfaire les exigences techniques d'un ou plusieurs clients (Gidel et Zonghero, 2006).
6. **Exigence technique** « *ExT* » : contraintes qui spécifient les capacités, les caractéristiques et les attributs du contenu du projet, mais aussi du projet lui-même et qui garantissent une performance conforme aux exigences du client (Gray et al., 2007).
7. **Activité** « *Ac* » : tâche ou ensemble de tâches concrètes qui vont être réalisées pour atteindre les objectifs et résultats attendus d'un projet (Gray et al., 2007).
8. **Ressource** « *Re* » : moyens nécessaires à la réalisation du projet : personnes compétentes, moyens physiques tangibles et non tangibles et actifs qui offrent le support nécessaire pour que les projets atteignent les objectifs qui ont été fixés (Gidel et Zonghero, 2006), (AFITEP et AFNOR, 2010), (Estève, 2012).

### 3.3.2 Types d'interactions entre objets d'un projet

Dans cette partie, nous allons présenter les types d'interaction entre les objets qui ont été pris en compte dans le modèle et les notations associées. Nous préciserons également quels types d'objets sont susceptibles de participer à l'interaction (sous la rubrique « Notation admise »).

#### 1. Lien de composition « *Comp* » : l'objet A « est composé de » l'objet B

Ce lien permet de définir la structure de découpage hiérarchique du projet, des livrables et des activités. Ce lien est celui qui va permettre de décrire la composition des objets en sous-objets. Il sera ainsi possible de décomposer, si nécessaire, tout ou partie du projet, des livrables ou des activités en éléments plus faciles à estimer ou à maîtriser.

Notation admise :

- *Comp*(*Projet*, *Projet*) : décomposition d'un projet en sous-projets.
- *Comp*(*Projet*, *Activité*) : décomposition d'un projet en activités.
- *Comp*(*Activité*, *Activité*) : décomposition d'une activité en sous-activités.
- *Comp*(*Livable*, *Livable*) : décomposition d'un livrable en sous-livrables.

#### 2. Lien de contribution « *Cont* » : l'objet A « contribue à » l'objet B

Ce lien décrit le fait qu'un objet contribue à la réalisation d'autre objet.

Notation admise :

- *Cont*(*Activité*, *Livable*) : décrit le fait qu'une activité contribue à atteindre le livrable concerné.

#### 3. Lien d'influence « *Inf* » : l'objet A « influence à » l'objet B

Ce lien indique l'influence exercée d'un objet sur un autre objet. La modification de l'objet exerçant l'influence peut entraîner une transformation de l'objet subissant l'influence.

Notation admise :

- *Inf*(*Commanditaire*, *Projet*) : les décisions du commanditaire peuvent modifier le cours d'un projet.
- *Inf*(*Projet*, *Objectif*) : le projet peut modifier ou supprimer les objectifs d'un projet.
- *Inf*(*Objectif*, *Livable*) : les objectifs peuvent conditionner les livrables attendus.
- *Inf*(*Client*, *Exigence technique*) : le client décrit les caractéristiques ou propriétés concernant un produit ou un service particulier à partir des exigences techniques.

- *Inf (Exigence technique, Livrable)* : les exigences techniques définissent les critères d'acceptation d'un livrable.

#### 4. Lien de satisfaction « *Satisf* » : l'objet A « répond à la demande de » l'objet B

Ce lien indique les objets qui doivent satisfaire les exigences d'un autre objet.

Notation admise :

- *Satisf (Projet, Client)* : décrit les fonctionnalités qu'un projet doit réaliser pour répondre aux exigences d'un client.
- *Satisf (Exigence technique, Client)* : décrit une exigence technique imposée par un client.
- *Satisf (Objectif, Client)* : décrit un objectif fixé en vue de satisfaire un client.
- *Satisf (Projet, Commanditaire)* : décrit le fait qu'un projet doit satisfaire le commanditaire.
- *Satisf (Livrable, Objectif)* : un livrable répond aux besoins nécessaires pour atteindre un objectif.
- *Satisf (Livrable, Exigence technique)* : un livrable répond à une exigence technique.

#### 5. Lien de séquence « *Seq* » : l'objet A « suit » l'objet B

Ce lien permet de déterminer l'organisation temporelle des objets.

Notation admise :

- *Seq (Projet, Projet)* : deux projets sont planifiés de manière consécutive.
- *Seq (Activité, Activité)* : une activité est planifiée à la suite d'une autre.

#### 6. Lien d'utilisation « *Util* » : l'objet A « a besoin de » l'objet B

Ce lien décrit l'exploitation d'une ressource nécessaire pour la réalisation d'une activité.

Notation admise :

- *Util (Activité, Ressources)* : indique qu'une ressource est nécessaire (matériel, personnel, compétences techniques...) pour la réalisation de l'activité.

### 3.3.3 Représentation du contexte actuel du projet par un graphe orienté étiqueté

Un graphe est une structure de données qui permet de modéliser les entités du monde (sommets ou nœuds) et les relations entre ces entités (arcs ou arêtes) ([Auxepaules, 2009](#))

Ainsi, les graphes constituent une représentation adaptée pour décrire le contexte du projet. Les objets seront représentés par des sommets et les interactions entre les objets seront représentées par des arcs. Pour faciliter la description des objets et la réutilisation des connaissances, nous avons décidé d'utiliser des étiquettes pour nommer les sommets et les arcs. Ce système d'étiquettes consiste, d'une part, en la définition de taxonomies adaptées pour les différents types d'objets considérés et, d'autre part, en la sélection, pour un objet donné, d'une étiquette qui lui correspond le mieux dans cette taxonomie. L'utilisation d'une taxonomie par type d'objets permet de factoriser les connaissances communes à un ensemble d'objets.

Notre proposition consiste donc à utiliser des « **graphes orientés étiquetés  $\mathcal{G}$**  » pour capitaliser le contexte du projet (Sorlin, 2006), (Sorlin *et al.*, 2003). Un graphe orienté étiqueté est un graphe dont les liaisons entre les sommets et les arcs sont affectées d'étiquettes (mot, lettre, nombre, symbole, code . . .) et ses arcs ne peuvent être parcourus que dans un sens. Le sens de la flèche permet d'identifier le sommet de début et le sommet de fin (Pelle, 2005).

Ce modèle de capitalisation des connaissances sur le projet correspond à l'expression d'un graphe orienté étiqueté élaboré comme suit :

$$CCP^{(p_k)} = \{S, r_S, A, r_A\} \quad (3.2)$$

Tel que «  $CCP^{(p_k)}$  » est la variable représentant la caractérisation du contexte du  $k^{ième}$  projet. La définition de chacun des éléments constitutifs est la suivante :

- ✓  $S$  est l'ensemble d'objets (sommets) du contexte du  $k^{ième}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  » :

$$S = \{(s_1, s_2, \dots, s_i) \mid s_i \in \text{Liste d'objets}\}$$

Où « *Liste d'objets* » est un ensemble d'indices des objets d'un projet.

$s_i$  est le  $i^{ième}$  objet caractérisant le contexte du  $k^{ième}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  ».

- ✓  $r_S$  est le type d'objet représenté par l'ensemble de couples de la relation associant objets et étiquettes d'objets du contexte du  $k^{ième}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  » :

$$r_S = \{(s_i, l_i) \mid s_i \in S, l_i \in L_S\}$$

Où  $s_i$  est le  $i^{ième}$  objet de l'ensemble d'objets  $S$ .  $l_i$  est une étiquette issue d'une taxonomie d'objets  $L_S$ .



- ✓  $A$  est l'ensemble de liens (arcs) ou couples ordonnés d'objets (sommets) caractérisant l'interaction entre objets du contexte du  $k^{\text{ième}}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  » :

$$A = \{(s_i, s_j) \mid s_i, s_j \in S, s_i \neq s_j\}$$

Où  $s_i$  est le  $i^{\text{ième}}$  objet origine et  $s_j$  est le  $j^{\text{ième}}$  objet extrémité d'un lien du contexte du  $k^{\text{ième}}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  ».

- ✓  $r_A$  type de lien est l'ensemble des triplets de la relation associant liens et étiquettes de liens du contexte du  $k^{\text{ième}}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  » :

$$r_A = \{(s_i, s_j, l_i) \mid (s_i, s_j) \in A, l_i \in L_A\}$$

Où  $(s_i, s_j)$  est un lien du contexte du  $k^{\text{ième}}$  projet «  $CCP^{(p_k)}$  ».

$l_i$  est une étiquette issue d'une taxonomie de liens  $L_A$ .

Les graphes que nous utiliserons devront respecter les conditions suivantes (Khac, 2016) :

- Le graphe ne doit pas autoriser les boucles  $(s_i, s_i) \notin A$ .
- Le graphe ne doit pas autoriser les arcs parallèles  $\{(s_i, s_j), (s_i, s_j)\} \notin A$ .

## Procédure d'étiquetage des sommets et des arcs d'un graphe orienté étiqueté

À chaque sommet et à chaque arc d'un graphe est associée une étiquette dont la procédure d'étiquetage est la suivante :

**Pour les sommets :** nous considérons qu'il est possible de définir et d'utiliser une taxonomie de concepts pour les types d'objets qui caractérisent un projet : taxonomie de commanditaires, de projets, de clients, d'objectifs, de livrables, d'exigences techniques, d'activités et de ressources.

Il est possible de spécifier pour chaque objet d'un graphe, un concept de la taxonomie associée au type de cet objet, qui sera appelé « étiquette » de l'objet concerné. Signalons que cette étiquette sera considérée comme unique pour un objet donné. Cette hypothèse restrictive est faite afin de simplifier le développement des algorithmes mais l'étude d'une possibilité d'étiquettes multiples sur un même objet constitue une perspective de travail.

**Pour les arcs :** nous considérons qu'il est possible de définir et d'utiliser une taxonomie d'interactions pour chaque type d'interaction qui permet la caractérisation d'un projet. Nous considérons la possibilité d'utiliser une taxonomie des interactions pour assigner une étiquette à chaque couple de sommets.

Il est possible de spécifier pour chaque interaction un concept de la taxonomie associée au type de cette interaction, qui sera appelé « étiquette » de l'interaction concernée. Cette étiquette sera considérée comme unique pour une interaction donnée.

Par exemple, dans la Figure 3.3, nous considérons la représentation du contexte d'un projet au moyen d'un graphe orienté étiqueté avec quatre sommets ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$ ) et sept arcs  $\{(a, b), (a, d), (b, c), (c, b), (c, d), (d, a), (d, c)\}$ . L'étiquetage de ces éléments est issu de la taxonomie des types d'objets d'un projet illustrée à la Figure 3.4 et la taxonomie des interactions de la Figure 3.5.

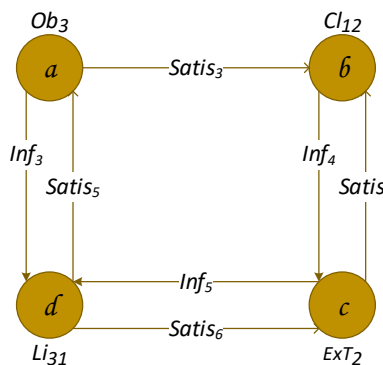


FIGURE 3.3 – Exemple de représentation sagittale d'un graphe orienté étiqueté

Étant donné que le sommet ( $a$ ) de la Figure 3.3 représente un objectif de type 3, nous cherchons l'étiquette attribuée à cet objet dans la taxonomie de la Figure 3.4 ce qui donne comme résultat l'étiquette «  $Ob_3$  ». Par ailleurs, l'arc ( $a, b$ ) représentant un lien de satisfaction, est étiqueté par un symbole de la forme «  $\rightarrow Satis_3$  », voir Figure 3.5. De manière plus formelle, le graphe de la Figure 3.3 correspond à la représentation (cf. Équation 3.2, page 65) suivante :

$$CCP^{(p_k)} = \{S, r_S, A, r_A\}, \text{ où :}$$

$$S = \{a, b, c, d\};$$

$$r_S = \{(a, Ob_3), (b, Cl_{12}), (c, Ext_2), (d, Re_{31})\};$$

$$A = \{(a, b), (a, d), (b, c), (c, b), (c, d), (d, a), (d, c)\};$$

$$r_A = \{(a, b, \rightarrow Satis_3), (a, d, \rightarrow Inf_3), (b, c, \rightarrow Inf_4), (c, b, \rightarrow Satis_2), \\ (c, d, \rightarrow Inf_4), (d, a, \rightarrow Satis_5), (d, c, \rightarrow Satis_6)\}$$

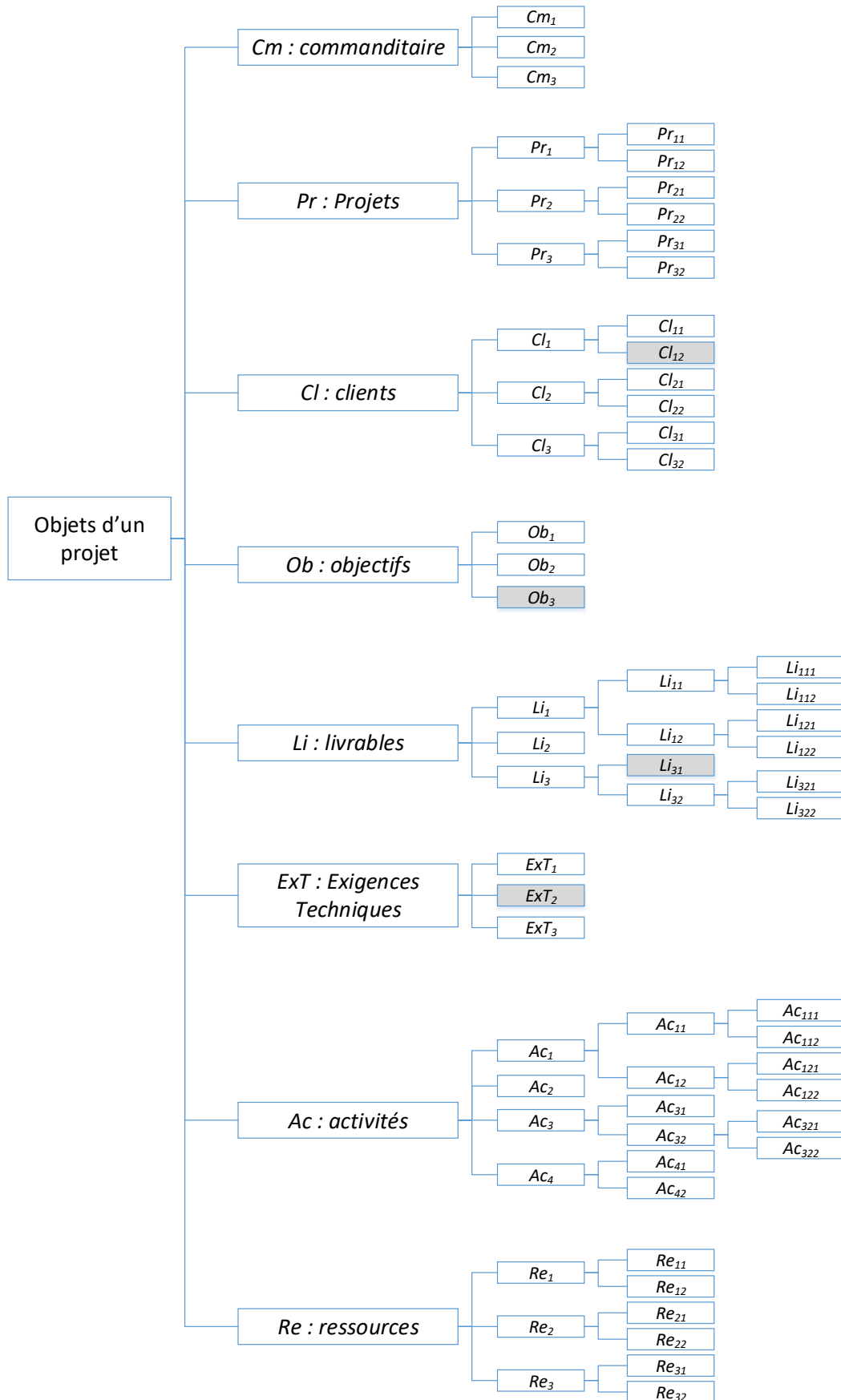


FIGURE 3.4 – Exemple de taxonomie d’objets d’un projet. Les étiquettes utilisées ici ne sont proposées qu’à titre d’exemple pour faciliter la lecture.

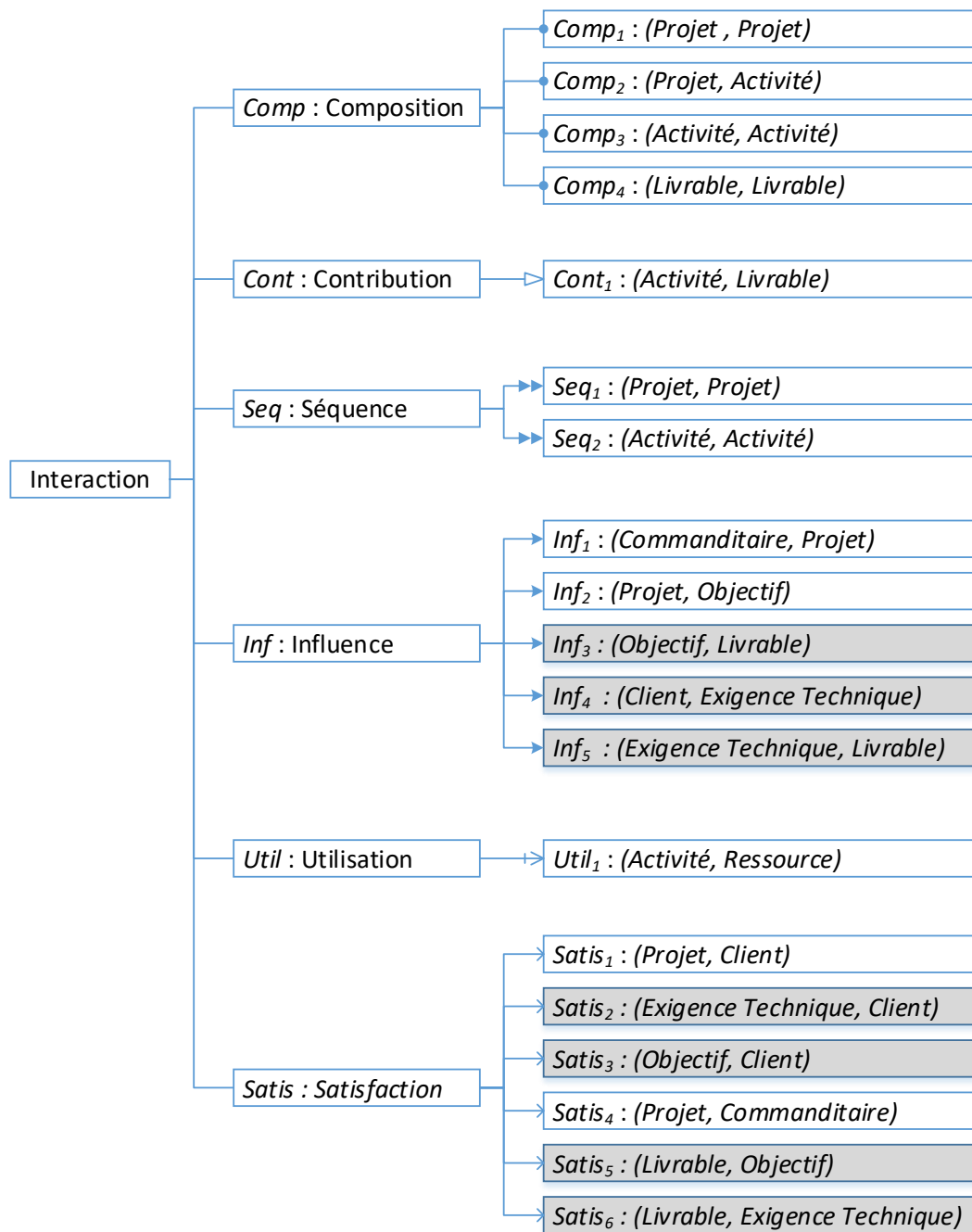


FIGURE 3.5 – Exemple de taxonomie des interactions. Les étiquettes utilisées ici ne sont proposées qu'à titre d'exemple pour faciliter la compréhension.

### 3.4 Caractérisation des risques d'un projet

La caractérisation des risques d'un projet est la définition des composantes d'évaluation des risques en fonction de l'étendue et de la gravité de leurs conséquences potentielles par rapport aux objectifs d'un projet. Il est donc utile de préciser les caractéristiques minimales essentielles pour caractériser les risques dans le cadre de projets (Chauveau, 2006).

Aussi, selon (Sienou, 2009) il est pertinent d'utiliser une représentation pour faciliter la caractérisation du risque dans le contexte métier en accord avec sa dynamique interne et ses propriétés externes. Nous avons donc entrepris de développer un schéma conceptuel en ayant l'intention de représenter et d'identifier graphiquement les composantes (concepts) permettant de caractériser les risques d'un projet.

Pour cela, nous avons repris des concepts que nous connaissions au préalable auxquels nous avons relié des nouveaux concepts issus de notre réflexion. C'est ainsi qu'à partir de l'utilisation de phrases et de définitions, extraites de textes normatifs et autres types de documents, nous avons créé un modèle conceptuel de la caractérisation des risques d'un projet.

La Figure 3.6 représente le schéma conceptuel support de la méthode de caractérisation des risques élaboré en partant des termes repérés dans différentes définitions.

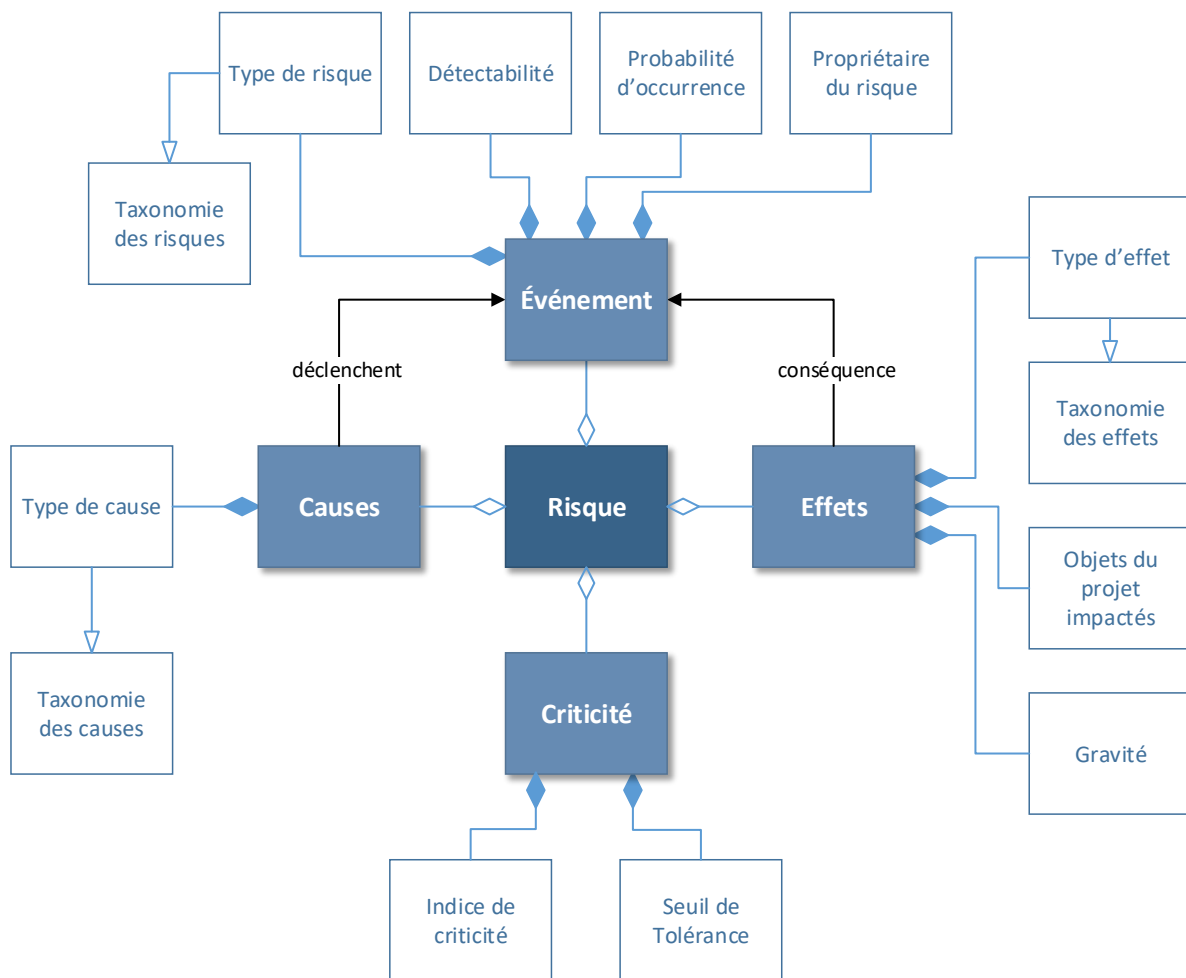







FIGURE 3.6 – Modèle conceptuel de caractérisation des risques d'un projet

Dans la Figure 3.6, nous utilisons des rectangles pour représenter les composantes d'un risque et les flèches pour montrer les connexions entre ces composantes. Le Tableau 3.1 présente plus en détail la signification de chaque symbole :

Tableau 3.1 – Description des symboles pour le schéma conceptuel

Symbole	Référent	Signification
	Concept	Représentation des composantes qui caractérisent un risque d'un projet
	Relation d'agrégation	L'agrégation indique qu'une composante peut être constituée d'une ou plusieurs composantes
	Relation de composition	La composition est un type d'agrégation forte en indiquant qu'une composante « fait partie d'une » autre composante
	Relation d'héritage	L'héritage trace l'appartenance de la composante à une classe de composantes
	Relation d'association	L'association entre composantes décrit, en forme verbale active, le but ainsi que le sens de lecture de l'ensemble de liens

Afin de clarifier les concepts sélectionnés pour caractériser les risques d'un projet, nous allons maintenant présenter, dans le détail, les éléments descripteurs du modèle conceptuel, les caractéristiques et les relations entre ces éléments identifiés dans la littérature.

Nous pouvons considérer qu'un risque dans un projet peut être défini comme un événement incertain qui, lorsqu'il surgit, peut affecter d'une façon ou autre les objectifs du projet (AFNOR, 2003).

Selon le fascicule de documentation FD X 50-410 (AFNOR, 1999), les risques sont les collections des événements susceptibles d'affecter le déroulement des objectifs du projet. Ainsi, une prévision des effets de ces événements évite la modification a posteriori du plan d'action initial.

Un risque peut apparaître en lien avec l'ensemble des conséquences d'un événement. Elles sont le résultat donc d'une circonstance ou d'une évolution d'une occurrence déterminée et sont définies par une hypothèse d'occurrence, une nature, et une conséquence (ISO, 2009).

Des auteurs comme (Kerzner, 2013) ou (Han et Huang, 2007) estiment que les risques doivent être pris en compte comme une unité de mesure pour évaluer une incertitude et/ou la perte qui en découle lors d'un événement incertain.

D'après (Sienou, 2009), le risque peut faire référence à l'effet d'une incertitude sur des objectifs. Le risque désigne aussi bien les causes d'un événement que les conséquences potentielles d'un événement plausible.

Les définitions présentées dans (Kerzner, 2013), (Sienou, 2009), (ISO, 2009), (Han et Huang, 2007), (AFNOR, 2003) et (AFNOR, 1999) reposent sur l'idée que les risques d'un projet peuvent être définis comme l'occurrence d'un événement identifiable et quantifiable à partir d'une mesure de la criticité. Celle-ci fournit la base de l'évaluation du risque et de son importance. Cet événement associe des caractéristiques constitutives telles que les causes qui déclenchent l'événement et l'impact positif ou négatif de l'apparition de l'événement qui affecte les objectifs du projet.

Ainsi, nous proposons un modèle pour capitaliser les caractéristiques essentielles des risques dans les projets. Ce modèle de capitalisation des expériences sur les risques est développé sur la base de quatre éléments descripteurs présentés dans la Figure 3.6, page 70.

Nous avons choisi de caractériser les risques par l'expression suivante :

$$CAR^{(P_k)} = \{dE^{(R_i)}, dH^{(R_i)}, dF^{(R_i)}, dC^{(R_i)}\} \quad (3.3)$$

La variable «  $CAR^{(P_k)}$  » représente la caractérisation de l'analyse des risques du projet  $P_k$ . Les éléments descripteurs de l'analyse des risques correspondent, pour chaque risque  $R_i$ , à la description du scénario de risque «  $dE^{(R_i)}$  », des causes possibles d'apparition d'un événement «  $dH^{(R_i)}$  », des conséquences de l'apparition de l'événement «  $dF^{(R_i)}$  » et de l'indice de criticité «  $dC^{(R_i)}$  » du risque  $R_i$ .

### 3.4.1 Descripteur « Événement »

Le descripteur de l'événement «  $dE^{(R_i)}$  » structure le scénario plausible du risque  $R_i$  à partir d'un événement initiateur susceptible de survenir à différentes étapes de la réalisation du projet. La description de l'événement doit être identifiable et quantifiable.

Le scénario peut être détaillé comme suit :

$$dE^{(R_i)} = (E, r_R, D, O, P_r)$$

- $E$  est la description de l'événement initiateur d'une situation à risque. Un événement à risque est une occurrence significative et définie. Il peut s'agir d'un changement de circonstances qui peut modifier, affecter ou avoir des incidences sur le déroulement du projet.

$$E \in \text{Liste d'événements de risque}$$

Où « *Liste d'événements de risque* » est un ensemble d'indices des événements possibles.

- $r_R$  est le type de risque représenté par l'ensemble de couples de la relation associant risque et étiquette de risque. Le type de risque permet d'identifier (cette identification s'apparentera pour nous à un étiquetage) le risque d'un projet à partir d'une classification cohérente des risques (Sienu, 2009). L'identification des facteurs de risques à l'aide d'une taxonomie de risques consiste à sélectionner les facteurs pertinents pour l'événement analysé (IRSN, 2014).

$$r_R = \{(R, l) \mid l \in L_R\}$$

Où  $R$  est le risque et  $l$  est une étiquette issue d'une taxonomie de risques  $L_R$ . Les étiquettes sont des éléments qui viennent en général des taxonomies développées par les utilisateurs des projets. L'utilisation de l'approche d'étiquetage est dans ce cadre très intéressante, car elle permet non seulement de classer les risques déjà identifiés, mais aussi de fournir à l'expert une vision plus complète de la connaissance actuelle.

En effet, les taxonomies de risques permettent de tenir compte de situations qui n'avaient pas été envisagées. Une procédure d'étiquetage des éléments caractérisant les différentes composantes des risques d'un projet sera définie de manière similaire à partir de différentes taxonomies (taxonomie de risques, de causes, d'effets, d'actions de maîtrise).

- $D$  est l'évaluation de détectabilité du risque. La détectabilité ou contrôlabilité du risque désigne la capacité à détecter le risque avant (symptôme précurseur), pendant ou après son apparition.

$$D \in \text{Échelle de détectabilité}$$

Où « *Échelle de détectabilité* » est un ensemble de niveaux associés aux critères de détectabilité des risques d'un projet. Cette composante peut être représentée par une probabilité ou par une valeur binaire en assignant des notes soit sous forme binaire (*i.e.* détectable, non détectable), soit sous forme d'échelle (*i.e.* 1 - détection efficace, 2 - non-détection dans certains cas, 3 - détection peu fiable, 4 - aucune détection).

- $O$  est l'évaluation de la probabilité d'occurrence du risque. La probabilité d'occurrence est une mesure de la fréquence des possibilités qu'un risque a de se produire au hasard en un laps de temps donné (*i.e.* année, jour, heure, etc.) dans des conditions connues (AFNOR, 2006).

$$O \in \text{Échelle de Probabilité d'occurrence}$$

Où « *Échelle de Probabilité d'occurrence* » est un ensemble valeurs possibles pour la mesure des probabilités de l'occurrence d'un événement dans un projet. Cette composante peut être mesurée soit sur une échelle ordinale (*i.e.* fréquente, probable, occasionnelle, éloigné, improbable), soit comme une distribution ou



valeur numérique (*i.e.*  $P = 1$ ,  $0.10 < P < 1$ ,  $0 < P \leq 0.10$ ,  $P = 0$ ). L'échelle d'évaluation doit être spécifiée à l'avance par les experts du projet.

- $P_r$  est le propriétaire du risque appartenant. Le propriétaire du risque est la personne ou l'entité responsable de l'exécution de l'analyse et de la gestion du risque.

$$P_r \in \text{Liste des responsables}$$

Où « Liste des responsables » est un ensemble d'indices associés aux acteurs principaux dans un projet.

### 3.4.2 Descripteur « Causes »

Le descripteur «  $dH^{(R_i)}$  » représente l'ensemble de causes identifiées qui peuvent conduire à l'apparition de l'événement redouté du risque  $R_i$ . « Les causes d'un risque sont l'ensemble des événements, certains ou non, pouvant conduire à sa manifestation » (Jullien, 1995). Les causes sont les éléments déclenchant les événements associés aux risques. L'objectif de l'analyse des causes est de décomposer l'événement à risque en une combinaison de ses causes sur plusieurs niveaux (Chauveau, 2006), (ISO, 2009).

$$dH^{(R_i)} = (H, r_H)$$

- $H$  est l'ensemble (disjonctif, XOR) de toutes les combinaisons (conjonctives, AND) des causes possibles qui peuvent contribuer au déclenchement d'un événement redouté associé au risque considéré. Il est possible de représenter cet ensemble par un arbre comme illustré sur la Figure 3.7.

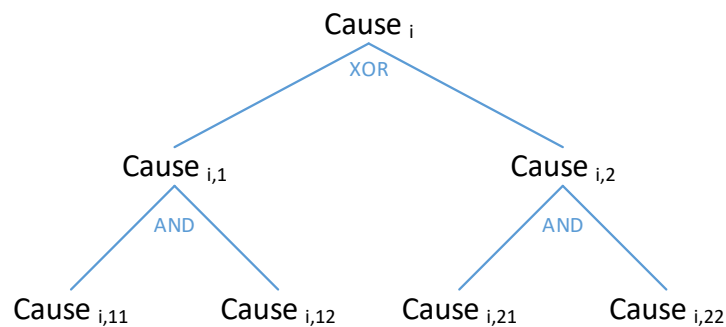


FIGURE 3.7 – Arbre des causes

Nous faisons donc l'hypothèse qu'un risque  $R_i$  peut posséder plusieurs causes (éventuellement composites), mais ces causes sont dissociées ( $h_{i,j}^{XOR}$ ).

$$H = \{h_{i,j}^{XOR} \mid j \in \{1, 2, \dots, \text{card}(h_i^{XOR})\}\}$$

$$h_{i,j}^{XOR} = \{h_{i,j,k}^{AND} \mid k \in \{1, 2, \dots, \text{card}(h_{i,j}^{AND})\}\}$$

- $r_H$  est le type de cause représenté par l'ensemble de couples de la relation associant causes et étiquettes de causes du  $k^{ième}$  risque appartenant au  $k^{ième}$  projet. Le type de cause va nous servir pour étiqueter les causes du risque par le biais d'un regroupement cohérent des facteurs possibles de déclenchement d'un événement (facteurs techniques, facteurs humains, facteurs organisationnels, entre autres) (IRSN, 2014), (Botero Lopez, 2014).

$$r_H = \{(h_i, l_i) \mid h_i \in H, l_i \in L_H\}$$

Où  $h_i$  est la  $i^{ième}$  cause appartenant à l'ensemble des causes  $H$  du risque concerné.  $l_i$  est une étiquette de cause issue d'une taxonomie de causes  $L_H$ . La taxonomie de causes est un regroupement ordonné des concepts spécifiques pour les différents types de causes d'apparition d'un événement.

### 3.4.3 Descripteur « Effets »

Le descripteur «  $dF^{(R_i)}$  » fournit une estimation des conséquences de l'événement associé au risque  $R_i$ . Souvent assimilé à une menace pouvant impacter négativement le développement normal du projet, il peut cependant également représenter une opportunité.

$$dF^{(R_i)} = (F, r_F, S_F, G)$$

- $F$  est l'ensemble des effets ou conséquences, temporaires ou à long terme, éventuelles de la survenance de l'événement associé au risque (AFITEP et AFNOR, 2010).

$$F = \{f_i \mid f_i \in \text{Liste d'effets}\}$$

Où « Liste d'effets » est un ensemble d'effets possibles associés au risque. L'évaluation des effets précise un ensemble d'impacts potentiels du risque sur le projet (Chauveau, 2006). Par ailleurs, l'analyse des effets permet d'évaluer la gravité du risque sur le projet.

- $r_F$  est le type d'effet représenté par l'ensemble de couples de la relation associant effets et étiquettes d'effets du  $k^{ième}$  risque. Le type d'effet donne la possibilité d'étiqueter les effets par rapport aux objets du projet impacté. Les étiquettes pour classer les effets sont des éléments qui viennent de taxonomies des effets.

$$r_F = \{(f_i, l_i) \mid f_i \in F, l_i \in L_F\}$$

Où  $f_i$  est le  $i^{ième}$  effet du risque et  $l_i$  est une étiquette d'effet issue d'une taxonomie d'effets  $L_F$ . La taxonomie d'effets est un regroupement ordonné des concepts spécifiques pour les différents types d'effets du risque sur le projet.

- $S_F$  est l'ensemble d'objets impactés et affectés en cas de survenance de l'événement à risque.

$$S_F = \{s_i \mid s_i \in S\}$$

$s_i$  est un objet impacté par le risque et  $S$  est l'ensemble des objets du projet (cf. section 3.3, page 60).

- $G$  est l'évaluation de la gravité pour le risque. La gravité est une mesure de l'impact sur les objectifs du projet, tels que les coûts, les délais, le contenu et sur les obligations, telles que la santé, la sûreté et l'environnement.

$$G \in \text{Échelle d'impact}$$

Où « *Échelle d'impact* » est un ensemble de valeurs possibles pour mesurer l'impact des risques dans un projet. La gravité peut être formulée de manière qualitative ou quantitative. Une évaluation qualitative consiste à assigner des valeurs sur une échelle ordinale : « Catastrophique - Majeure - Significative - Négligeable - Sans impact » selon (AFNOR, 2003) ou « Très faible - Faible - Modéré - Élevé - Très élevé » selon (PMI, 2014).

### 3.4.4 Descripteur « Criticité »

Le descripteur de criticité «  $dC^{(R_i)}$  » consiste à comparer, hiérarchiser et déterminer le degré d'acceptabilité des risques d'un projet (AFITEP et AFNOR, 2010). Cette évaluation des risques détermine la criticité du risque en fonction de la détectabilité, de la probabilité d'occurrence et de la gravité associée à ce risque. Ces attributs sont dynamiques et peuvent évoluer tout au long de la vie du projet. Le descripteur de criticité est défini par :

$$dC^{(R_i)} = (C, Q)$$

- $C$  est l'indice criticité du risque.

$$C = f(D, O, G)$$

L'indice de criticité est la valeur qui exprime de manière globale la perception du risque. La criticité est mesurée en fonction de trois caractéristiques du risque : la détectabilité, la probabilité d'occurrence et la gravité. Elle est déterminante pour la hiérarchisation des risques, ainsi que pour la prise de décision sur les actions de contrôle du risque.

- $Q$  est le seuil de tolérance du risque. Le seuil de tolérance est la définition d'une valeur de criticité tolérable.

$$Q \in \text{Échelle de criticité}$$

Où « *Échelle de criticité* » est une hiérarchisation des valeurs possibles de la criticité pour déterminer l'importance d'un risque d'un projet par l'utilisation d'une matrice de criticité afin de positionner les zones de risque (Mazouni, 2008). Dans cette matrice, les experts jugent le caractère tolérable du risque en tenant compte d'une classification des risques selon les objectifs de fiabilité. Un exemple d'échelle de classification des risques peut être : négligeable, acceptable, indésirable, inacceptable.

### 3.5 Caractérisation des actions de maîtrise

Les actions de maîtrise sont planifiées afin de répondre aux risques identifiés. Elles visent à moduler les impacts du risque (PMI, 2013).

Comme nous l'avons fait auparavant pour le modèle conceptuel des risques, nous allons ici présenter le modèle conceptuel de caractérisation des actions de maîtrise.

La Figure 3.8 représente le modèle conceptuel du traitement des risques d'un projet, dont la liste résulte de l'évaluation des risques.

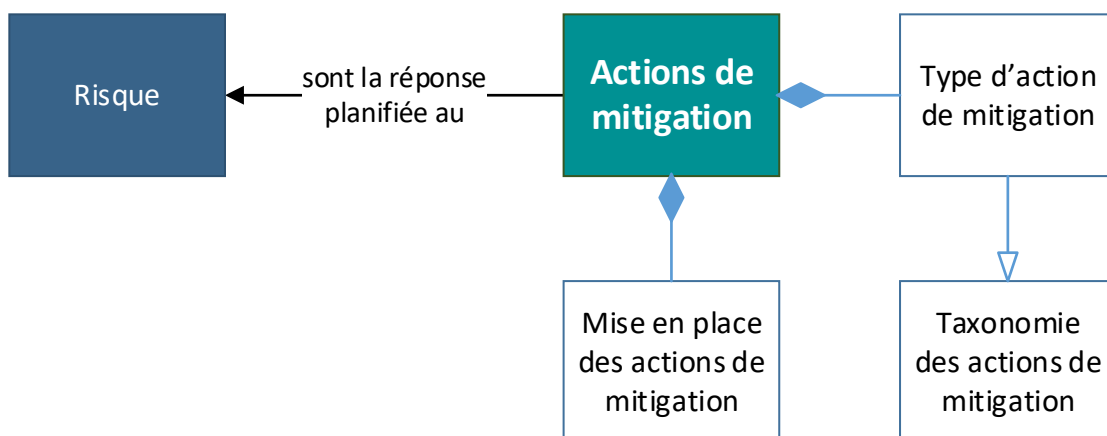


FIGURE 3.8 – Modèle conceptuel pour caractériser des actions de maîtrise

Dans ce modèle, les actions de maîtrise sont l'ensemble des stratégies à mettre en œuvre pour moduler un risque. Il est nécessaire, par conséquent, de déterminer les risques critiques concernés, de déterminer sur quel critère (probabilité, gravité ou détectabilité) les experts vont agir ou de déterminer les risques à partager avec d'autres. En conclusion,

« l'évaluation du risque aide à la prise de décision relative au traitement du risque » (ISO, 2009).

Le modèle général de définition d'une stratégie permettant de faire face aux risques dans un projet  $P_k$  consiste en un ensemble d'actions de maîtrise que nous décrivons par l'expression :

$$CSS^{(p_k)} = \{dT^{(R_i)}\} \quad (3.4)$$

La variable «  $CSS^{(p_k)}$  » représente la caractérisation de la stratégie de prise en compte des risques dans le projet  $P_k$ .

Nous allons maintenant présenter dans le détail les éléments descripteurs pour la caractérisation des actions de maîtrise destinées à traiter chaque risque  $R_i$ .

### 3.5.1 Descripteur « Actions de maîtrise »

Le descripteur «  $dT^{(R_i)}$  » fournit un modèle des actions de maîtrise envisagées pour éviter, mitiger, accepter ou partager les conséquences de la survenue de l'événement lié au risque  $R_i$ .

$$dT^{(R_i)} = (T, r_T, MP_T)$$

- ✓  $T$  est l'ensemble d'actions de maîtrise du  $k^{ième}$  risque.

$$T = \{t_i \mid t_i \in \text{Liste d'actions de maîtrise}\}$$

Où « *Liste d'actions de maîtrise* » est un ensemble d'actions de maîtrise possibles des risques d'un projet.

- ✓  $r_T$  permet de caractériser la nature des actions de maîtrise grâce à un ensemble de couples caractérisant la relation entre une action et une étiquette d'action (issue d'une taxonomie ad hoc).

$$r_T = \{(t_i, l_i) \mid t_i \in T, l_i \in L_T\}$$

Où  $t_i$  est une action de l'ensemble des actions de maîtrise  $T$  et  $l_i$  est une étiquette issue d'une taxonomie d'actions de maîtrise  $L_T$ . La taxonomie d'actions de maîtrise est un regroupement ordonné des concepts spécifiques pour les différents types d'actions destinées au traitement des risques d'un projet.

✓  $MP_T$  est la variable permettant de préciser si une action a été ou non mise en place.

$$MP_T = \{MP_{t_i} \mid t_i \in T\}$$

$$MP_{t_i} = \begin{cases} 1 & \text{si l'action de maîtrise } t_i \text{ a été mise en place} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Le contrôle de la mise en place des actions sert à effectuer une vérification sur l'efficacité des actions de maîtrise (à la fin du projet). Cette évaluation peut fournir des indications pour rejeter, modifier ou améliorer une action de maîtrise.

### 3.6 Caractérisation de l'évaluation de la performance

La caractérisation de l'évaluation de la performance «  $CEP^{(P_k)}$  » correspond aux indicateurs qui permettent d'évaluer les modifications qui ont eu lieu au cours d'une action ou les résultats obtenus par rapport à ce qui avait été planifié. C'est une indication associée à un objectif qui va permettre une évaluation de la performance (AFITEP et AFNOR, 2010).

Pour les acteurs impliqués dans le projet, ces indicateurs vont leur permettre d'avoir un aperçu clair du projet ainsi que les étapes qui auraient été mises en œuvre (Ramirez, 2009).

La Figure 3.9 représente le modèle conceptuel de l'évaluation de la performance des actions de maîtrise envisagées pour traiter les risques identifiés du projet.

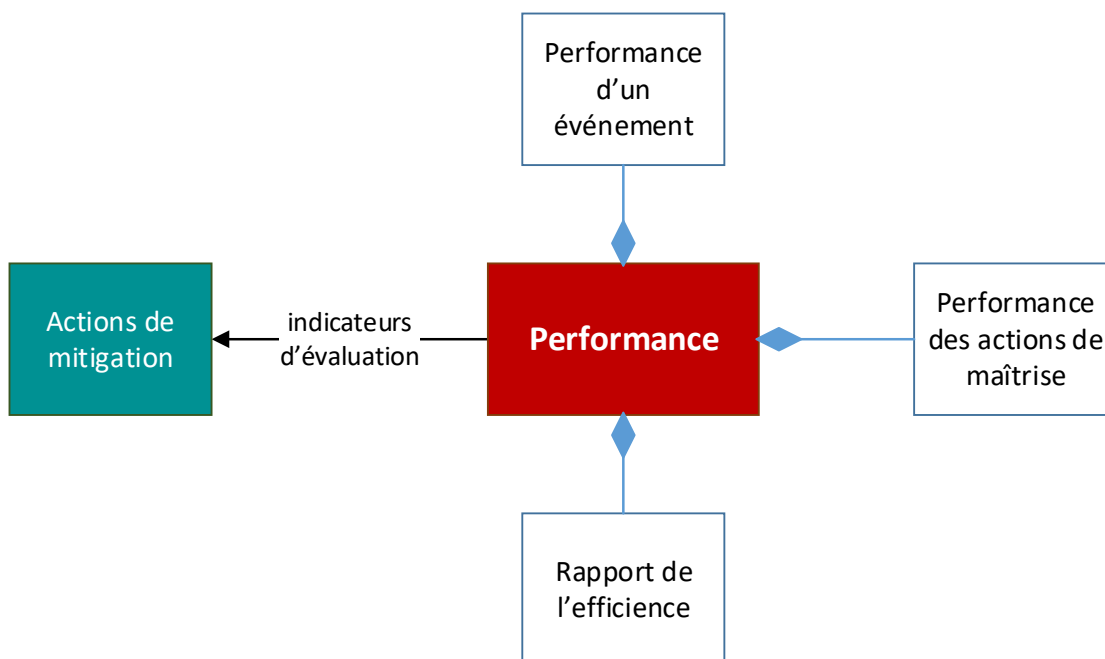


FIGURE 3.9 – Modèle conceptuel pour caractériser des actions de maîtrise

La composante de performance est représentée par un indicateur lié à la réalisation ou la non réalisation des événements envisagés (performance d'un événement), par un indicateur de l'efficacité (performance des actions de maîtrise) et un indicateur de l'efficience des actions réalisées (rapport de l'efficience). La performance est identifiée à travers de l'expression :

$$CEP^{(P_k)} = \{Per(E_i), Per(t_i), Rap(t_i)\}$$

- **$Per(E_i)$**  est variable qui porte une indication de la réalisation d'un événement identifié.

$$Per(E_i) \in \{0, 1\}, \forall E_i \in CAR^{(P_k)}$$

$$Per(E_i) = \begin{cases} 1 & \text{si l'événement } E_i \text{ prévu s'accomplit} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **$Per(t_i)$**  est l'évaluation de l'efficacité de l'exécution d'une action  $t_i$  pour le traitement d'un risque. Nous entendons par efficacité « la conformité des résultats par rapport aux objectifs définis » (ISO, 2015).

$$Per(t_i) \in \{0, 1\}, \forall t_i \in CAR^{(P_k)}$$

$$Per(t_i) = \begin{cases} 1 & \text{si l'action } t_i \text{ mise en place a été efficace} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **$Rap(t_i)$**  est la description des résultats obtenus relativement aux moyens mis en œuvre pour l'exécution d'une action  $Action_i$  de traitement d'un risque.

$$Rap(t_i) \in \text{Rapports de l'efficience}$$

## 3.7 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté un modèle de représentation des connaissances relatives aux différentes composantes de la gestion des risques d'un projet.

Nous avons, dans un premier temps, présenté le modèle d'expérience qui centralise toutes les informations clés utilisées pour la prise de décision dans le management des risques.

Nous avons ensuite décrit une formalisation du contexte d'un projet en nous appuyant sur l'utilisation d'un modèle de graphes.

Nous avons finalement entrepris de développer un schéma conceptuel en ayant l'intention de représenter les éléments permettant de caractériser les risques d'un projet, les actions de réponse pour maîtriser ces risques et les résultats obtenus. C'est ce modèle de risque qui va permettre aux gestionnaires du projet de capitaliser les expériences acquises au cours des activités d'analyse et de gestion des risques.

Ces représentations nous seront utiles pour évaluer la similarité existante entre les objets d'un projet. La démarche basée sur l'utilisation de mesures de similarité entre graphes, présentée dans le chapitre suivant, permettra de sélectionner et de réutiliser les expériences acquises sur des projets similaires.





# Chapitre 4

## Mécanismes de réutilisation des Expériences

### Sommaire

---

<b>4.1</b>	<b>Introduction . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>4.2</b>	<b>Approche pour la réutilisation des expériences . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>4.3</b>	<b>Étape 1 - Définition du problème à résoudre . . . . .</b>	<b>86</b>
<b>4.4</b>	<b>Étape 2 - Exploration de la base d'expérience à partir de la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés . . . . .</b>	<b>87</b>
4.4.1	Définition des graphes à comparer . . . . .	88
4.4.2	Détermination d'une matrice de similarité entre sommets et entre arcs . . . . .	89
4.4.3	Construction de la matrice d'affinité par paire . . . . .	94
4.4.4	Formulation du problème de recherche de la correspondance optimale entre les graphes . . . . .	96
4.4.5	Proposition d'une approche basée sur un algorithme génétique pour la résolution du problème . . . . .	97
<b>4.5</b>	<b>Étape 3 - Sélection des projets passés similaires au projet actuel . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>4.6</b>	<b>Étape 4 - Analyse et adaptation des solutions . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>4.7</b>	<b>Synthèse . . . . .</b>	<b>108</b>

---

### 4.1 Introduction

L'un des objectifs du retour d'expériences est la réutilisation des leçons du passé pour mieux réagir face aux situations présentes grâce à l'intégration et l'assimilation des expériences acquises dans des situations antérieures (Stoessel, 2010). Le retour

d'expérience vise ainsi à utiliser une forme de connaissance, contenue dans une expérience (Kolodner, 2014), (Leake, 1996).

Accompagnant cette logique, le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) est une démarche qui permet de faciliter la résolution de problèmes grâce à la récupération, l'adaptation et la réutilisation d'expériences précédentes (Bergmann, 2002) (cf. section 1.4.3, page 23). Cette approche nécessite la caractérisation du contexte dans lequel l'expérience s'est déroulée et la leçon qui a été apprise dans ce contexte pour la résolution d'un problème donné (Weber *et al.*, 2001).

Afin de s'inscrire dans cette logique de réutilisation, nous avons proposé une caractérisation du contexte d'un projet par l'utilisation d'un graphe étiqueté. Dans le chapitre précédent, nous avons défini un modèle de caractérisation du contexte d'un projet qui constitue le fondement du mécanisme de recherche des expériences similaires. Cela nous donne la possibilité de créer une base d'expériences et de développer un mécanisme de recherche pour exploiter des expériences antérieures (Champclaux, 2009). Ces expériences pourront alors permettre d'aider les gestionnaires de projet à mieux identifier les risques et les moyens de les gérer, à partir de la réutilisation des expériences antérieures (Jabrouni, 2012).

Le mécanisme de recherche des expériences similaires que nous proposons, consiste à comparer la représentation du contexte d'un projet actuel (graphe orienté étiqueté) avec des contextes de projets antérieurs (graphes orientés étiquetés également) capitalisés dans la base d'expériences. Ce mécanisme s'appuie sur la définition de matrices d'affinité et vise globalement à faire correspondre au mieux les graphes (contexte du projet actuel / contexte d'un projet antérieur) en utilisant une mesure de similarité entre les sommets et entre les arcs des deux graphes comparés.

Dans ce chapitre, nous présentons donc dans un premier temps le mécanisme de recherche des expériences similaires fondé sur l'appariement entre graphes (*graphe matching* en anglais) orientés étiquetés. Ce mécanisme consiste en la recherche de la meilleure correspondance possible entre deux graphes par un appariement par paires à partir de la matrice d'affinité (Zhou et De la Torre, 2012).

Ensuite, nous décrivons un algorithme de recherche de l'appariement optimal visant à maximiser la correspondance des graphes en utilisant non seulement la similarité entre les sommets, mais aussi la similarité d'interaction de deux paires de sommets (ou arcs) (Zhou, 2014). Nous avons utilisé un algorithme génétique afin de trouver la correspondance optimale entre graphes, de sorte que la somme de la compatibilité des sommets et des arcs soit maximisée.

## 4.2 Approche pour la réutilisation des expériences

Nous avons défini la notion d'expérience à partir de quatre éléments de représentation (Modèle P.A.S.E.) : le contexte du projet, l'analyse des risques, les actions proposées et l'évaluation de la performance. En utilisant ces éléments de caractérisation des expériences de projet, nous avons posé la structure d'une base d'expériences permettant de stocker les expériences acquises au cours des projets, en vue de l'amélioration de la gestion des risques.

Si nous reprenons la définition de réutilisation de la mémoire de projets de Bekthi et Matta dans (Eynard, 2004) dans laquelle il est indiqué qu' « une mémoire de projet est définie dans le but de garder une trace d'une expérience et de fournir des indications pour résoudre des problèmes dans une organisation », et que nous l'ajustons à notre proposition de réutilisation des expériences, nous pouvons dire que les bases d'expériences sont créées avec l'intention de garder des empreintes sur les expériences et de fournir des indications pour résoudre des problèmes dans le Management de Projets et ainsi améliorer les performances de ces phases.

Nous présentons dans cette section une approche de réutilisation des expériences vécues lors de la réalisation des projets pour l'amélioration du **Management des Risques**, inspirée par les étapes du RàPC. La Figure 4.1 illustre, d'une part, la démarche globale d'acquisition des expériences à partir des activités clés des experts et, d'autre part, l'enchaînement des étapes de réutilisation des expériences. Des éléments de connaissance sur la gestion des risques d'un projet sont ainsi ajoutés progressivement, au fil du déroulement des projets. Ces expériences sont mises à jour au cours des différentes phases du projet et lorsque le projet se termine.

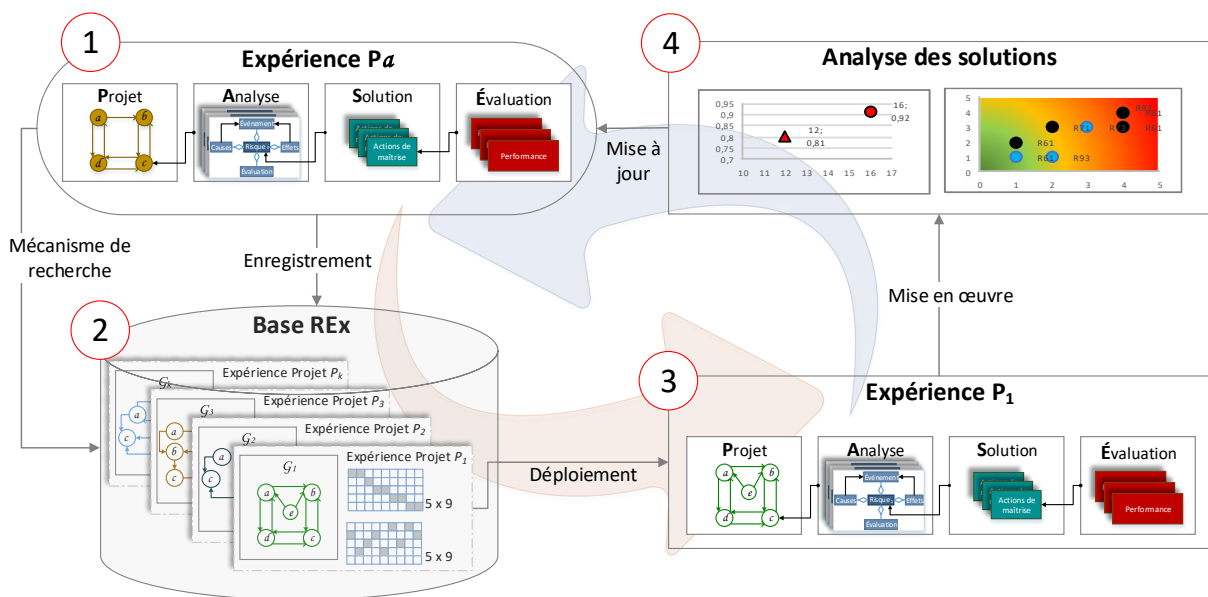


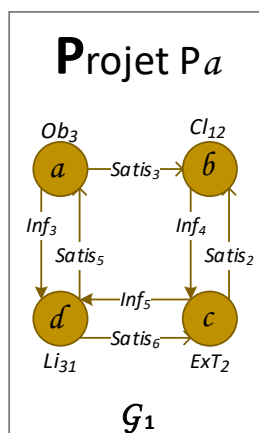
FIGURE 4.1 – Démarche globale pour la réutilisation des expériences

Les principales étapes de la démarche de réutilisation des expériences proposée sont les suivantes :

1. Définition du problème à résoudre. Dans ce cas, nous devons commencer par la description du contexte actuel du projet avec la méthode utilisée pour décrire le contexte des projets passés déjà capitalisés dans la base d'expérience.
2. Exploration de la base d'expériences pour rechercher des contextes de projets similaires au projet actuel. Un algorithme de recherche dédié est proposé pour l'exploration de la base d'expériences.
3. Sélection des projets passés ressemblants au projet actuel. Les expériences sélectionnées sont celles qui possèdent une similarité suffisamment élevée.
4. Analyse et adaptation des solutions associées aux expériences sélectionnées pour construire une solution au problème actuel.

### 4.3 Étape 1 - Définition du problème à résoudre

Comme préconisé dans le [RàPC](#), un cas (ou, le cas échéant, plusieurs) suffisamment similaire au problème actuel est recherché dans la base de cas (ou d'expériences). Nous devons par conséquent, définir le contexte à partir duquel une expérience devrait être recherchée. En d'autres termes, c'est la définition du contexte dans lequel l'expérience se déroule. Ainsi donc, la définition du problème actuel consiste en la caractérisation du contexte local du projet à partir d'un graphe orienté étiqueté défini dans la section [3.3.3](#), page [64](#). Nous commençons donc par décrire les éléments de l'équation [3.2](#), page [65](#) représentant le graphe du contexte du projet actuel (dénommé  $\mathcal{G}^{(P_a)}$ ). (cf. Exemple détaillé pour la Figure [3.3](#), page [67](#)).



$$\mathcal{G}^{(P_a)} = \{S, r_S, A, r_A\}$$

$S$  : Objets du projet

$r_S$  : Étiquettes des objets

$A$  : Interactions

$r_A$  : Étiquettes des interactions

FIGURE 4.2 – Exemple du contexte du projet actuel de la Figure [3.3](#)

## 4.4 Étape 2 - Exploration de la base d'expérience à partir de la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés

L'accès aux expériences capitalisées dans la base d'expériences contenant un contexte similaire au contexte du projet courant s'appuie sur une démarche de « **Mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés** ». Les étiquettes des graphes sont établies par des taxonomies des différents objets caractérisant un projet.

Une mesure de similarité permet d'évaluer le degré de ressemblance entre deux objets d'un même domaine (Bergmann, 2002). Une mesure de similarité est ainsi un élément clé pour exprimer à quel point des objets sont similaires (Sorlin et Solmon, 2005).

Nous nous sommes appuyés sur la méthode présentée par (Zhou et De la Torre, 2012) pour développer un appariement entre deux graphes orientés étiquetés au moyen d'une matrice d'affinité par paires. Cette matrice couple la structure des deux graphes à comparer et la similarité des sommets et des arcs entre ces graphes.

À titre d'exemple, sur la Figure 4.3 est représenté l'appariement de deux graphes orientés étiquetés  $\mathcal{G}_1$  et  $\mathcal{G}_2$  composés respectivement de 4 et 5 sommets et de 7 et 9 arcs.

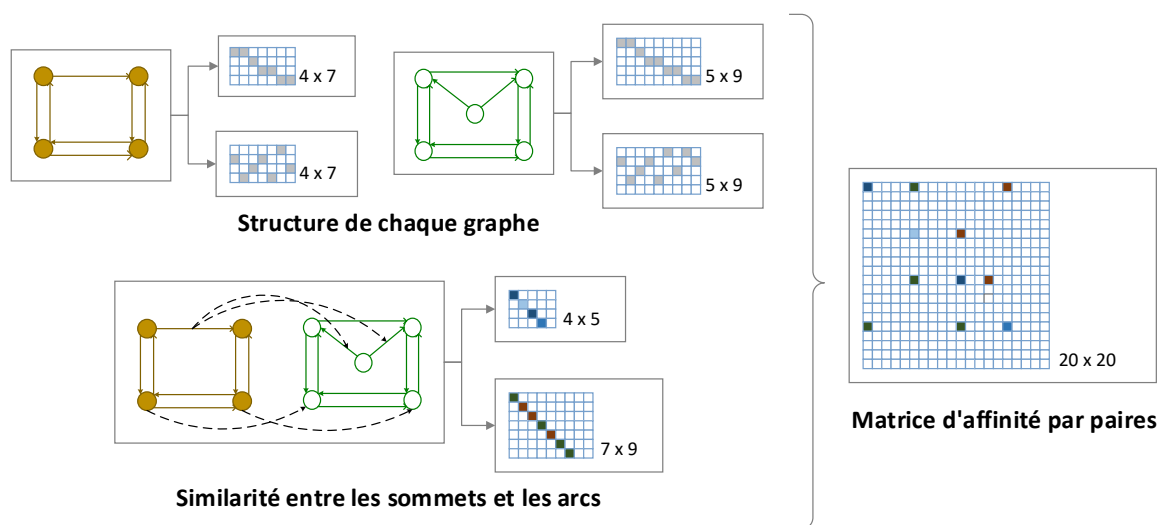


FIGURE 4.3 – Factorisation de l'appariement entre graphes

Deux matrices (de dimension  $4 \times 7$  dans l'exemple) encodent le premier graphe et deux autres matrices (de dimensions  $5 \times 9$  dans l'exemple) encodent la structure du deuxième graphe. Deux matrices supplémentaires (de dimensions  $4 \times 5$  et  $7 \times 9$  dans l'exemple) décrivent respectivement la similarité entre les sommets et entre les arcs des deux graphes. La matrice d'affinité par paires, de dimension  $20 \times 20$ , est construite par une combinaison de ces six matrices.

Afin de réaliser la recherche, nous proposons la procédure suivante :

1. Définition des graphes à comparer par leurs matrices d'incidence
2. Calcul des matrices de similarité pour les sommets et pour les arcs en s'appuyant sur des mesures de similarité appropriées
3. Combinaisons des matrices de similarité et d'incidence dans une matrice d'affinité par paires
4. Formulation du problème d'optimisation : recherche de la correspondance optimale entre les sommets et les arcs
5. Proposition d'une approche la résolution du problème combinatoire obtenu

#### 4.4.1 Définition des graphes à comparer

Afin de faciliter les calculs ultérieurs, nous proposons d'utiliser deux matrices pour encoder l'incidence entre les sommets et les arcs du graphe. Ainsi, la description du contexte d'un projet est un graphe  $\mathcal{G}$  contenant les objets du projet, les types de ces objets, les interactions entre objets, les types de ces interactions, ainsi que les matrices d'incidence sommets-arcs appelées matrices  $U$  et  $V$ .

Nous disposons donc d'une représentation d'un graphe par leurs matrices d'incidence comme :

$$\mathcal{G}^{(P_k)} = \{CCP^{(P_k)}, U, V\} \quad (4.1)$$

Les deux matrices d'incidence sommets-arcs sont codées par les matrices  $U, V \in \{0, 1\}^{(n \times m)}$ , où :

- $CCP^{(P_k)}$  est le descripteur du projet  $P_k$  (cf. section 3.3.3, page 64).
- $U$  est la matrice d'incidence représentant les arcs incidents aux sommets vers l'extérieur.
- $V$  est la matrice d'incidence représentant les arcs incidents aux sommets vers l'intérieur.
- $(n \times m)$  représente la dimension de la matrice.  $n$  correspond au nombre de sommets du graphe et  $m$  au nombre d'arcs.

Les matrices résultantes sont de la forme :

$$U = \begin{pmatrix} u_{1,1} & u_{1,2} & \cdots & u_{1,m} \\ u_{2,1} & u_{2,2} & \cdots & u_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n,1} & u_{n,2} & \cdots & u_{n,m} \end{pmatrix}; \quad V = \begin{pmatrix} v_{1,1} & v_{1,2} & \cdots & v_{1,m} \\ v_{2,1} & v_{2,2} & \cdots & v_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n,1} & v_{n,2} & \cdots & v_{n,m} \end{pmatrix}$$

Chaque ligne correspond au même sommet (ou objet)  $i$  et chaque colonne correspond au même arc (lien/interaction)  $c$  dont les coefficients sont calculés comme suit :

$$u_{ic} = \begin{cases} 1 & \text{si } c \text{ est un arc sortant du sommet } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$v_{jc} = \begin{cases} 1 & \text{si } c \text{ est un arc entrant du sommet } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Nous commençons donc par sélectionner la première colonne des deux matrices afin d'évaluer le même arc  $(i, j)$ . Pour la matrice  $U$ , nous choisissons la ligne qui correspond au sommet  $i$  de cet arc, tandis que pour la matrice  $V$ , nous choisissons la ligne qui correspond au sommet  $j$  de cet arc. Le coefficient est égal à 1 pour les deux matrices si l'extrémité d'origine est le sommet  $i$  et l'extrémité finale est le sommet  $j$ . *i.e.* La Figure 4.4 illustre le calcul d'un coefficient dans les matrices binaires d'incidence  $U$  et  $V$  pour l'arc  $(a, b)$  du graphe  $\mathcal{G}_1$ .

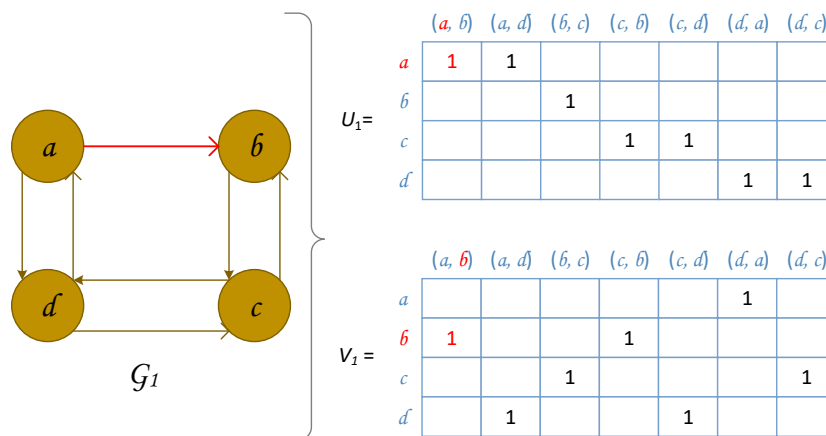


FIGURE 4.4 – Exemple de matrices U et V

#### 4.4.2 Détermination d'une matrice de similarité entre sommets et entre arcs

Pour mesurer la similarité, il est nécessaire de mettre en correspondance chaque sommet et arc du graphe du contexte du projet courant (notée comme  $\mathcal{G}_1$ ) avec un graphe d'un projet antérieur (notée comme  $\mathcal{G}_2$ ) stocké dans la base d'expériences. On peut alors calculer la matrice de similarité pour les sommets ( $K^S \in \mathbb{R}^{n_1 \times n_2}$ ) et la matrice de similarité pour les arcs ( $K^A \in \mathbb{R}^{m_1 \times m_2}$ ).

Les matrices résultantes sont de la forme :



$$K^S = \begin{pmatrix} k_{1_1,1_2}^S & \cdots & k_{1_1,i_2}^S \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{i_1,1_2}^S & \cdots & k_{i_1,i_2}^S \end{pmatrix} ; \quad K^A = \begin{pmatrix} k_{1_1,1_2}^A & \cdots & k_{1_1,c_2}^A \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{c_1,1_2}^A & \cdots & k_{c_1,c_2}^A \end{pmatrix}$$

Chaque ligne de la matrice  $K^S$  correspond à un sommet (objet)  $i$  du graphe  $\mathcal{G}_1$  (notée comme  $i_1$ ) et chaque colonne correspond à un sommet  $i$  du graphe  $\mathcal{G}_2$  (notée comme  $i_2$ ). De manière analogue, chaque ligne de la matrice  $K^A$  correspond à un arc (interaction)  $c$  du graphe  $\mathcal{G}_1$  (noté  $c_1$ ) et chaque colonne correspond à un arc  $c$  du graphe  $\mathcal{G}_2$  (noté  $c_2$ ).

Les coefficients de la matrice  $K^S$  sont définis comme une mesure de similarité obtenue en comparant les sommets du graphe  $\mathcal{G}_1$  avec les sommets du graphe  $\mathcal{G}_2$ .

$$k_{i_1,i_2}^S = \text{sim}(S_{i_1}, S_{i_2})$$

Les coefficients de la matrice  $K^A$  sont définis comme une mesure de similarité obtenue en comparant les arcs du graphe  $\mathcal{G}_1$  avec les arcs du graphe  $\mathcal{G}_2$ .

$$k_{c_1,c_2}^A = \text{sim}(A_{c_1}, A_{c_2})$$

Nous présentons dans la suite de cette section, les mesures de similarité qui ont été utilisées pour construire les matrices d'affinité relatives aux sommets et aux arcs.

### Mesure de similarité pour les sommets

Pour les sommets, nous proposons de déterminer la mesure de similarité à l'aide des étiquettes associées aux objets. Ces étiquettes proviennent des taxonomies d'objets (cf. section 3.3.3, page 66). Lorsque deux objets sont de types différents (c'est-à-dire qu'ils correspondent à deux concepts différents du premier niveau de la taxonomie), la similarité est fixée à une valeur de zéro. Par exemple, un objet de type **projet** (ou d'un de ses sous-concepts) n'aura une similarité non nulle qu'avec un objet de même type, donc avec un objet de type **projet** (ou un de ses sous-concepts). La comparaison entre objets du même type peut être faite à l'aide d'une mesure de similarité conceptuelle, par exemple celle proposée par Wu et Palmer (Wu et Palmer, 1994).

Notre proposition s'inspire du principe de similarité sémantique dans une taxonomie d'étiquettes (ou de concepts) (Zargayouna et Salotti, 2004), (Lin, 1998). Nous considérons en effet que la typologie des objets peut être organisée sous la forme d'un arbre de concepts où les termes les plus spécifiques sont rattachés aux termes plus génériques par une relation père-fils (subsumption) (Resnik, 2011). De cette façon, comme proposé dans (Wu et Palmer, 1994), la similarité peut être estimée à l'aide de :

- la distance qui sépare les étiquettes des objets à comparer dans la taxonomie et la première étiquette parente (dans la taxonomie) en commun qu'elles ont en commun,
- la distance entre cette première étiquette parente (dans la taxonomie) en commun et la racine de la taxonomie.

À titre d'exemple, observons la taxonomie de la Figure 4.5 pour expliquer cette mesure de la similarité :

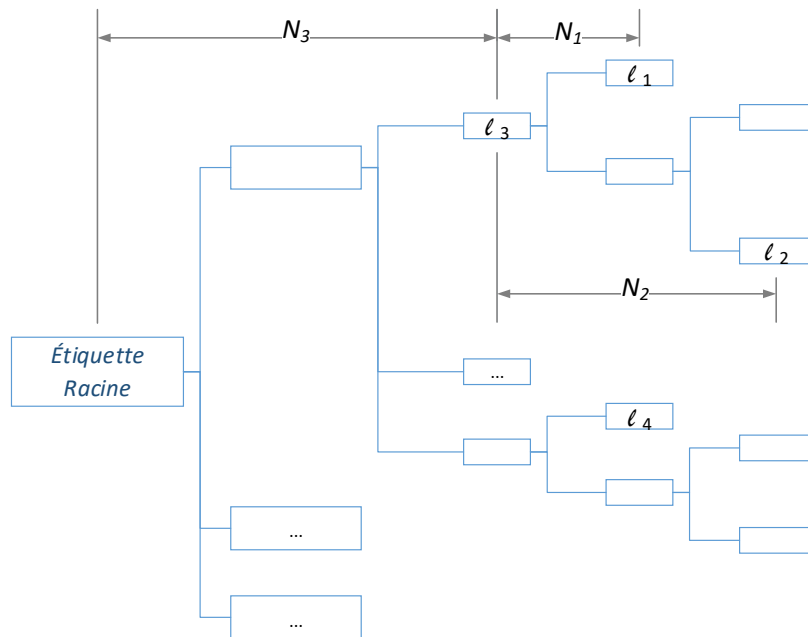


FIGURE 4.5 – Similarité sémantique dans une taxonomie, d'après (Wu et Palmer, 1994)

La similarité entre deux étiquettes (concepts) «  $l_1$  » et «  $l_2$  » est déterminée par l'expression :

$$sim(l_1, l_2) = \frac{2 \times N_3}{N_1 + N_2 + 2 \times N_3} \quad (4.2)$$

Où  $N_1$  et  $N_2$  correspondent au rapport du nombre d'arcs qui séparent ces objets dans la taxonomie de leur premier concept commun ( $l_3$ ).  $N_3$  correspond au nombre d'arcs entre la racine et le premier concept commun.

Supposons, par exemple, que la Figure 4.6 représente un fragment de deux graphes  $\mathcal{G}_1$  et  $\mathcal{G}_2$  dont les sommets sont étiquetés par des symboles.

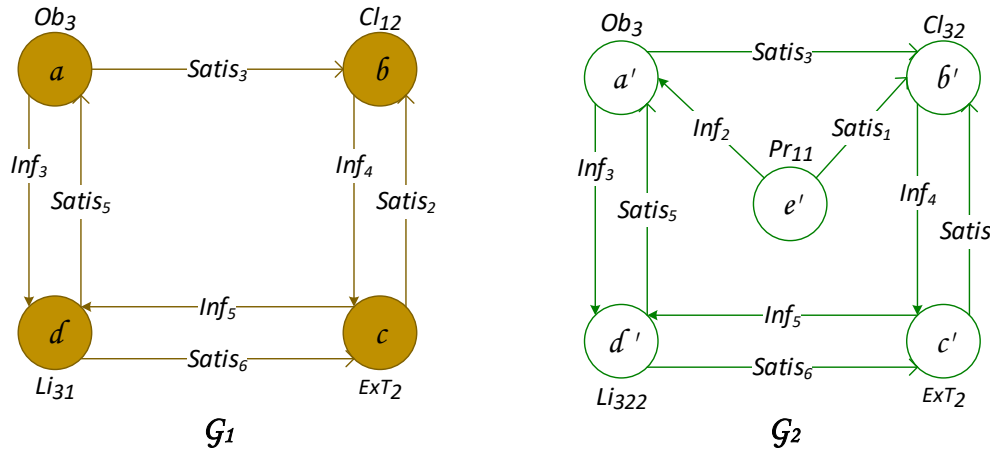


FIGURE 4.6 – Représentation de deux graphes pour mesurer la similarité

Nous allons décrire comment calculer la mesure de similarité entre le sommet «  $d$  » d'étiquette «  $Li_{31}$  » et le sommet «  $d'$  » d'étiquette «  $Li_{322}$  ».

En se basant sur la taxonomie d'objets présentée à la Figure 3.4 (cf. page 68), nous reprenons dans la Figure 4.7 un extrait de la taxonomie concernant l'objet « Livrable » pour l'évaluation de la similarité.

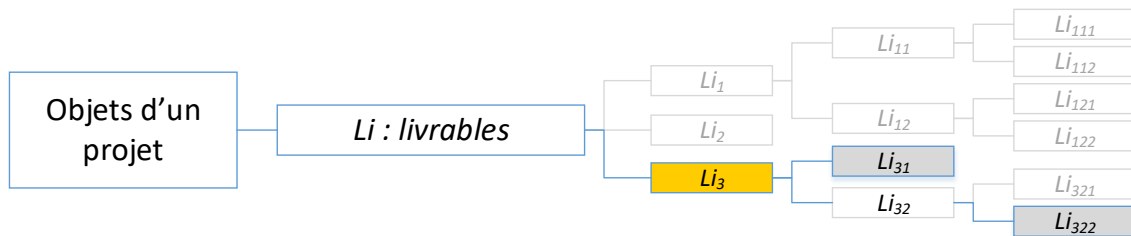


FIGURE 4.7 – Extrait de la taxonomie d'objets d'un projet de la Figure 3.4

Dans cet exemple, l'étiquette «  $Li_3$  » correspond au premier concept en commun entre les étiquettes à comparer. Le nombre d'arcs de la taxonomie entre l'étiquette «  $Li_{31}$  » et l'étiquette «  $Li_3$  » est égal à  $N_1 = 1$ . Le nombre d'arcs de la taxonomie entre l'étiquette «  $Li_{322}$  » et l'étiquette «  $Li_3$  » est égal à  $N_2 = 2$ . Enfin, le nombre d'arcs de la taxonomie entre l'étiquette «  $Li_3$  » et le concept de la racine (ici « *Objets d'un projet* ») est égal à  $N_3 = 2$ .

En remplaçant les valeurs de  $N_1$ ,  $N_2$  et  $N_3$  dans la Formule 4.2 de similarité de Wu et Palmer, nous obtenons une valeur de similarité égale à :

$$sim(Li_{31}, Li_{322}) = \frac{2 \times 2}{1 + 2 + 2 \times 2} = 0,6$$

Cette procédure est reproduite dans toutes les comparaisons possibles entre les étiquettes des sommets du graphe  $\mathcal{G}_1$  et les étiquettes des sommets du graphe  $\mathcal{G}_2$ . Ces valeurs calculées pour la similarité entre sommets sont les coefficients de la matrice de similarité entre sommets  $K^S$ , qui s'exprime de la façon suivante :

$$K^S = \begin{matrix} & a' & b' & c' & d' & e' \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{pmatrix} sim(Ob_3, Ob_3) & sim(Ob_3, Cl_{32}) & sim(Ob_3, ExT_2) & sim(Ob_3, Li_{322}) & sim(Ob_3, Pr_{11}) \\ sim(Cl_{12}, Ob_3) & sim(Cl_{12}, Cl_{32}) & sim(Cl_{12}, ExT_2) & sim(Cl_{12}, Li_{322}) & sim(Cl_{12}, Pr_{11}) \\ sim(ExT_2, Ob_3) & sim(ExT_2, Cl_{32}) & sim(ExT_2, ExT_2) & sim(ExT_2, Li_{322}) & sim(ExT_2, Pr_{11}) \\ sim(Li_{31}, Ob_3) & sim(Li_{31}, Cl_{32}) & sim(Li_{31}, ExT_2) & sim(Li_{31}, Li_{322}) & sim(Li_{31}, Pr_{11}) \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Comme nous l'avons expliqué auparavant dans cette section 4.4.2, si les objets à comparer ne sont pas de même type alors leur similarité est égale à zéro. Cela signifie que seuls les objets de même type conduiront à une valeur de similarité non nulle. C'est le cas pour les couples de sommets avec le même type d'étiquette  $(a, a') = sim(Ob_3, Ob_3)$ ,  $(b, b') = sim(Cl_{12}, Cl_{32})$ ,  $(c, c') = sim(Li_{31}, Li_{322})$  et  $(d, d') = sim(Li_{31}, Li_{322})$ .

En tenant compte de notre exemple, la matrice  $K^S$  résultante est :

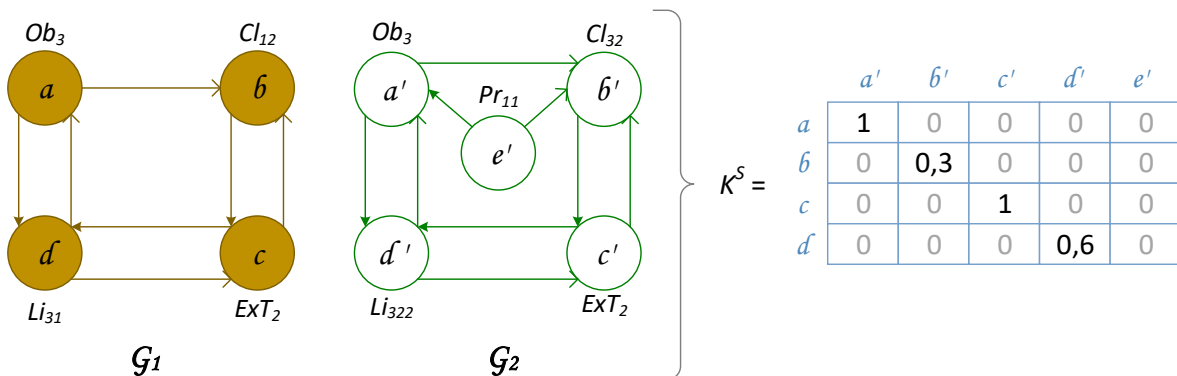


FIGURE 4.8 – Exemple de calcul de la matrice  $K^S$

### Mesure de similarité pour les arcs

Pour les arcs, nous allons utiliser une mesure binaire  $K^A \in \{0,1\}$  pour évaluer la similarité :  $A_{c_1} = A_{d_2} = 1$  lorsque les arcs sont du même type (et 0 sinon) où  $A_{c_1}$  désigne le  $c$ -ième arc du graphe  $\mathcal{G}_1$  et  $A_{d_2}$  est le  $d$ -ième arc du graphe  $\mathcal{G}_2$ .

En reprenant l'exemple de la Figure 4.6, nous pouvons observer que l'arc  $(a, b)$  du graphe  $\mathcal{G}_1$  et l'arc  $(a', b')$  du graphe  $\mathcal{G}_2$  sont similaires car ils ont la même étiquette « *Satis<sub>3</sub>* ». En revanche l'arc  $(a, b)$  du graphe  $\mathcal{G}_1$  et l'arc  $(b', c')$  du graphe  $\mathcal{G}_2$  n'ont pas la même étiquette et sont donc considérés comme ayant une similarité nulle. On réitère le processus pour toutes les combinaisons possibles d'arcs de  $\mathcal{G}_1$  et de  $\mathcal{G}_2$ , dans le but d'obtenir la matrice d'affinité pour les arcs  $K^A$  :

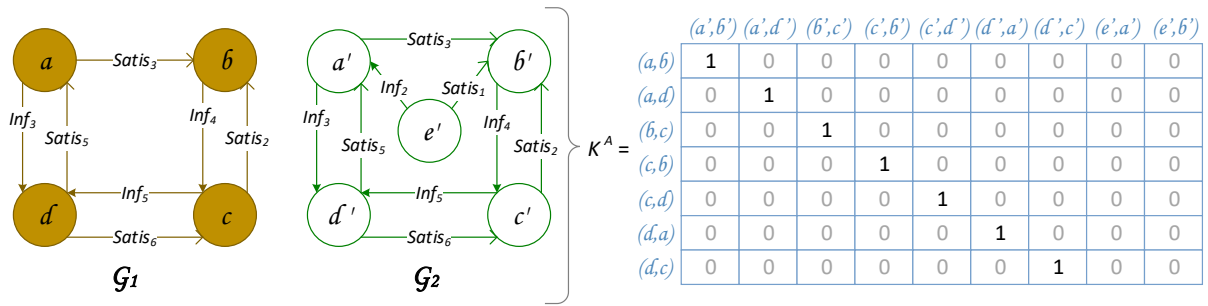


FIGURE 4.9 – Exemple de calcul de la matrice  $K^A$

### 4.4.3 Construction de la matrice d'affinité par paire

Afin de faciliter les calculs ultérieurs, nous synthétisons toutes les valeurs consignées dans les différentes matrices d'incidence et de similarité (pour les sommets et les arcs) dans une nouvelle matrice appelée matrice d'affinité par paires  $K \in \mathbb{R}^{n_1 n_2 \times n_1 n_2}$  dont les coefficients sont calculés comme suit :

$$k_{i_1 i_2, j_1 j_2} = \begin{cases} k_{i_1 i_2}^S & \text{si } i_1 = j_1 \text{ et } i_2 = j_2, \\ k_{c_1 c_2}^A & \text{si } i_1 \neq j_1 \text{ et } i_2 \neq j_2 \text{ et } u_{i_1 c_1} v_{j_1 c_1} u_{i_2 c_2} v_{j_2 c_2} = 1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

La matrice  $K$  est ainsi de la forme suivante :

$$K = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1_1 1_2 & 2_1 1_2 & 3_1 1_2 & \cdots & i_1 j_2 & \cdots & k_1 l_2 & \cdots \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1_1 1_2 \\ 2_1 1_2 \\ 3_1 1_2 \\ \vdots \\ i_1 j_2 \\ \vdots \end{matrix} & \left( \begin{array}{ccccccc} k_{1_1 1_2}^S & 0 & 0 & & \vdots & & \vdots \\ 0 & k_{2_1 1_2}^S & 0 & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & k_{3_1 1_2}^S & & \vdots & & \vdots \\ & & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & k_{i_1 j_2}^S & \cdots & k_{(i,k)_1 (j,l)_2}^A & \cdots \\ & & & & \vdots & \ddots & \vdots \end{array} \right) \end{matrix}$$

Chaque ligne et colonne correspond à un couplage entre un sommet  $i$  du graphe  $\mathcal{G}_1$  avec un sommet  $j$  du graphe  $\mathcal{G}_2$ , noté  $(i_1 j_2)$  pour les lignes et  $(k_1 l_2)$  pour les colonnes.

Nous devons lister toutes les combinaisons par paires des sommets possibles d'une manière ordonnée, en faisant varier les sommets du graphe  $\mathcal{G}_1$  et en laissant un sommet du graphe  $\mathcal{G}_2$  fixe et ainsi de suite jusqu'au dernier sommet du graphe  $\mathcal{G}_2$ . À titre d'illustration, reprenons l'exemple de la Figure 4.6. Les combinaisons de couples de sommets possibles sont les suivantes :

$$\{(a_1 \mathbf{a}'_2, b_1 \mathbf{a}'_2, c_1 \mathbf{a}'_2, d_1 \mathbf{a}'_2) \quad (a_1 \mathbf{b}'_2, b_1 \mathbf{b}'_2, c_1 \mathbf{b}'_2, d_1 \mathbf{b}'_2) \quad (a_1 \mathbf{c}'_2, b_1 \mathbf{c}'_2, c_1 \mathbf{c}'_2, d_1 \mathbf{c}'_2) \\ (a_1 \mathbf{d}'_2, b_1 \mathbf{d}'_2, c_1 \mathbf{d}'_2, d_1 \mathbf{d}'_2) \quad (a_1 \mathbf{e}'_2, b_1 \mathbf{e}'_2, c_1 \mathbf{e}'_2, d_1 \mathbf{e}'_2)\}$$

Les coefficients  $k_{i_1 j_2, k_1 l_2}$  de la matrice  $K$  sont composés de deux types de valeurs : dans la diagonale, nous retrouvons les coefficients de la matrice de similarité entre sommets  $K_{(i_1, i_2)}^S$  et, en dehors de la diagonale, les coefficients de la matrice de similarité entre arcs  $k_{(c_1, c_2)}^A$ . Lorsque aucun arc ne relie les sommets  $i$  et  $j$  dans le graphe  $\mathcal{G}_2$ , la valeur correspondante est nulle,  $k_{ij} = 0$ .

La matrice d'affinité par paires obtenue pour l'exemple est donnée à la Figure 4.10.

$K =$

$i_1$	$a$	$b$	$c$	$d$	$a$	$b$	$c$	$d$	$a$	$b$	$c$	$d$	$a$	$b$	$c$	$d$	$a$	$b$	$c$	$d$
$i_2$	$a'$	$a'$	$a'$	$a'$	$b'$	$b'$	$b'$	$b'$	$c'$	$c'$	$c'$	$c'$	$d'$	$d'$	$d'$	$d'$	$e'$	$e'$	$e'$	$e'$
$a \ a'$	1				1										1					
$b \ a'$																				
$c \ a'$																				
$d \ a'$																				
$a \ b'$																				
$b \ b'$					0,3				1											
$c \ b'$																				
$d \ b'$																				
$a \ c'$																				
$b \ c'$																				
$c \ c'$					1				1				1							
$d \ c'$																				
$a \ d'$																				
$b \ d'$																				
$c \ d'$																				
$d \ d'$	1								1				0,6							
$a \ e'$																				
$b \ e'$																				
$c \ e'$																				
$d \ e'$																				

FIGURE 4.10 – Exemple de calcul de la matrice  $K$ . Les cellules vides correspondent à des valeurs nulles

#### 4.4.4 Formulation du problème de recherche de la correspondance optimale entre les graphes

La mesure de la similarité de deux graphes est définie comme la mise en correspondance optimale (c'est-à-dire maximisant la similarité) de chacun des sommets et des arcs entre ces graphes. La recherche de correspondance optimale entre graphes peut être envisagée en considérant le problème comme un [Quadratic Assignment Problem \(QAP\)](#) ([Munera et al., 2016](#)), ([Cela, 2013](#)), ([Sorlin, 2006](#)). Ce QAP peut être défini à partir des deux matrices «  $k_{i_1 i_2}^S$  » et «  $k_{c_1 c_2}^A$  ». Si  $X$  désigne une matrice de permutation, l'objectif est de trouver  $X \in \Pi$  ( $\Pi$  désigne l'ensemble des matrices de permutation) qui maximise la fonction objectif suivante :

$$\max f(X) = \sum_{i_1 i_2} x_{i_1 i_2} k_{i_1 i_2}^S + \sum_{\substack{i_1 \neq i_2, j_1 \neq j_2 \\ u_{i_1 c_1} v_{j_1 c_1} = 1 \\ u_{i_2 c_2} v_{j_2 c_2} = 1}} x_{i_1 i_2} x_{j_1 j_2} k_{c_1 c_2}^A \quad (4.3)$$

La solution au problème est ainsi la correspondance  $X$  entre les sommets qui maximise la somme de la similarité des sommets et des arcs.

$X$  est une matrice de permutation  $X \in \{0, 1\}^{(n_1 \times n_2)}$ . Cette matrice peut devenir asymétrique si ( $n_2 \leq n_1$ ). Chaque coefficient  $x_{ij}$  de la matrice est donné par :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le sommet } i \text{ est associé dans la permutation au sommet } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Nous remarquons que la matrice  $X$  doit respecter les deux contraintes suivantes :

- Deux sommets ne peuvent pas partager une même rangée.
- Deux sommets ne peuvent pas partager une même colonne.

À titre d'exemple, une matrice de permutation  $X_i$ , obtenue à partir de l'exemple de la Figure 4.6, pourrait être la suivante :

	$a'$	$b'$	$c'$	$d'$	$e'$
$a$		1		↑	
$b$				↑	1
$c$			1	←	
$d$	1			↓	

FIGURE 4.11 – Exemple de matrice de permutation  $X$

Dans la Figure 4.11, dans la matrice  $X_1$ , la valeur en rouge signifie qu'il existe une correspondance entre le sommet «  $c$  » du graphe  $\mathcal{G}_1$  avec le sommet «  $d'$  » du graphe  $\mathcal{G}_2$ . Les flèches autour de cette valeur illustrent le fait que les sommets «  $c$  » et «  $d'$  » ne peuvent pas avoir plusieurs correspondances en même temps.

Nous désignons l'ensemble de toutes les matrices de permutation par :

$$\Pi = \{X \mid X \in \{0, 1\}^{n_1 \times n_2}, X_i \in \{1, 2, \dots, n\}; \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}, X_i \neq X_j\}$$

En utilisant la matrice d'affinité par paires définie précédemment, la maximisation de la fonction  $f(X)$  peut être réécrite sous la forme matricielle suivante :

$$\max_{X \in \Pi} f(X) = \text{vec}(X)^T \times K \times \text{vec}(X) \quad (4.4)$$

Le  $\text{vec}(X)$  désigne le vecteur formé à partir des colonnes de la matrice  $X$ . Le  $\text{vec}(X)^T$  désigne la transposée du vecteur  $X$ .

#### 4.4.5 Proposition d'une approche basée sur un algorithme génétique pour la résolution du problème

Notre objectif est de trouver une solution maximisant la fonction objectif  $f(X)$ . La complexité du problème réside dans la possibilité de décrire, par une liste exhaustive, le nombre des solutions possibles. Quand les graphes sont de même taille  $n_1 = n_2$ , la complexité temporelle du problème croît de manière factorielle en fonction du nombre de sommets ( $O(n!)$ ). Lorsque les graphes sont de différente taille  $n_2 \leq n_1$ , il peut être vérifié que le nombre d'arrangements sans répétition est égal à :

$$A_{n_1}^{n_2} = \frac{n_1!}{(n_1 - n_2)!}$$

Ce problème d'optimisation est ainsi fortement combinatoire et nous devons donc sélectionner une méthode heuristique adaptée pour la résolution de ce problème combinatoire (Solnon, 2010).

Nous proposons donc d'évaluer la mise en œuvre d'une approche par algorithme génétique pour résoudre ce problème d'optimisation combinatoire afin de fournir des solutions de bonne qualité dans un délai raisonnable (Morais, 2016).



Les problèmes d'affectation quadratique étant  $NP$ -difficiles, il est vraisemblablement impossible de trouver des algorithmes polynomiaux capables de les résoudre de manière exacte. Dans cette section, nous présentons de manière non exhaustive l'approche proposée pour résoudre ces problèmes. Pour cela, nous commençons par définir l'[Algorithme génétique \(AG\)](#) développé.

Nous reprenons la description d'un [AG](#) selon ([Trémeaux et Adamo, 2005](#)). Un algorithme génétique est basé sur l'évolution, au cours du temps, d'une population d'individus qui constituent, chacun, une solution possible au problème à résoudre.

Chaque individu de la population est évalué à l'aide d'une fonction dont le rôle est de mesurer sa qualité pour résoudre un problème. Cette fonction est appelée « fonction d'évaluation » ou « fonction objectif ». En suivant un processus d'évolution dont les mécanismes sont similaires à ceux de la sélection naturelle (c'est-à-dire favorisant la survie et la reproduction de ceux qui seront les mieux adaptés), les individus vont évoluer vers des solutions meilleures.

L'évolution est assurée à la fois par la reproduction des individus réalisée au moyen d'opérateurs génétiques (de croisement / recombinaison) et par la mutation aléatoire des individus. Plus l'évaluation d'un individu est favorable (c'est-à-dire plus cet individu est performant pour résoudre le problème donné), plus il aura une chance pour que son « matériel génétique » se transmette aux générations futures.

La satisfaction d'un critère d'arrêt (par exemple présence d'un individu satisfaisant ou nombre de générations déterminé) permet d'arrêter l'évolution de la population.

Le pseudo-code de l'[Algorithme génétique](#) proposé est donné ci-dessous :

---

**Algorithme 1** Pseudo-code d'un algorithme génétique

---

**Entrées :** fonction d'évaluation  $f$ , nombre d'itérations maximum  $N$ ,  $p_c$  : probabilité d'appliquer le croisement en un point et  $p_m$  : probabilité d'appliquer la mutation

**Sortie :** meilleur individu issu du processus génétique

- 1: Générer aléatoirement la population initiale
  - 2:  $t \leftarrow 0$
  - 3: **tant que**  $t < N$  et condition d'arrêt non satisfaite **faire**
    - Évaluer chaque individu de la population selon  $f$
    - Sélectionner les parents dans la population
    - Produire les enfants des parents sélectionnés par croisement (paramètre :  $p_c$ )
    - Muter les individus (paramètre :  $p_m$ )
    - Étendre la population en y ajoutant les enfants
    - Réduire la population
    - $t \leftarrow t + 1$
  - 4: **fin tant que**
  - 5: **retourner** le meilleur individu «  $I$  » trouvé
- 

Nous mettons en œuvre cet algorithme basé sur les travaux de ([Al-Khateeb et Tareq, 2013](#)), ([Farhan et al., 2015](#)).

## ► Description du problème et codage

Les individus de la population sont caractérisés par un chromosome (ou séquence de gènes), où chaque paramètre d'une solution est assimilé à un gène permettant de coder la solution, souvent sous la forme d'une chaîne de valeurs binaires (bits). Dans la Figure 4.12, nous illustrons les niveaux d'organisation dans un algorithme génétique.

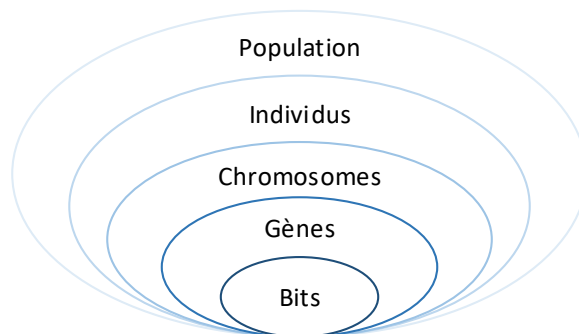


FIGURE 4.12 – Niveaux d'organisation dans un algorithme génétique, d'après (Chouchani, 2010)

L'objectif de l'algorithme proposé consiste à trouver, dans l'espace de solutions possibles, la correspondance (similarité) optimale sous la forme d'une matrice de permutation  $X$  décrivant la connexion entre les sommets des deux graphes.

On peut coder la solution du problème de la manière suivante :

$$X = \{(X_1, X_2, \dots, X_n) \mid X_i \in \{1, 2, \dots, n\}\} \quad (4.5)$$

où  $X$  est la variable de décision. L'indice d'une variable  $X_i$  dans le  $n$ -uplet  $X$  représente la  $i^{\text{ème}}$  colonne, tandis que sa valeur représente la position de la ligne dans laquelle il existe une correspondance avec la colonne  $i$ .

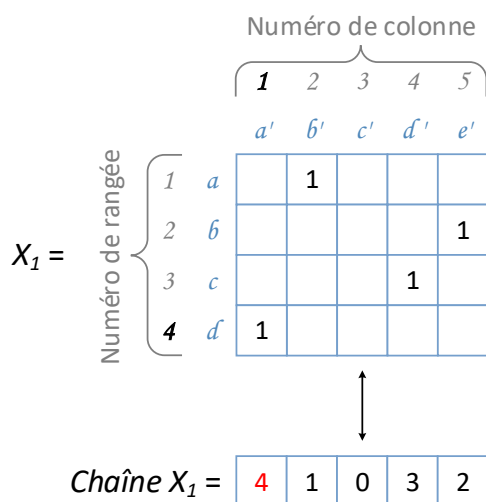


FIGURE 4.13 – Codage de la matrice de permutation  $X$

Dans la Figure 4.13 ci-dessus, nous présentons deux matrices de permutation  $X_1$  et  $X_2$  de la correspondance entre les sommets des graphes de la Figure 4.6, page 92, où  $n_1 < n_2$ .

Nous avons utilisé un codage par permutations des nombres entiers pour définir les chaînes de chromosomes de chaque individu. Par exemple, dans le codage pour la chaîne  $X_1 = \{4, 1, 0, 3, 2\}$ , la valeur en rouge signifie que dans la colonne 1 de la matrice  $X_1$ , nous trouvons la correspondance dans la rangée 4, c'est-à-dire que la valeur du nombre représente la rangée où la correspondance est trouvée, la colonne étant représentée par la position dans la chaîne.

En utilisant cette représentation, la deuxième contrainte est déjà remplie et la première contrainte est exprimée comme suit :

$$\forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\}, X_i \neq X_j \quad (4.6)$$

### ► Création de la population initiale

La population initiale, comportant  $N$  individus, sera créée de manière aléatoire. La taille de la population initiale doit être raisonnablement grande en tenant compte à la fois de la qualité des solutions trouvées et du temps d'exécution l'algorithme.

### ► Évaluation (fonction d'adaptation)

Chaque chromosome est décodé puis la correspondance associée est évaluée et on assigne une valeur d'adaptation proportionnelle à la correspondance mesurée. Le meilleur individu est celui correspondant à l'appariement entre les sommets des deux graphes comparés qui procure la meilleure mesure (cf. étape 4 de la section 4.4.4, page 96).

Elle est exprimée comme suit :

$$\max_{X \in \Pi} f(X) = \text{vec}(X)^T \times K \times \text{vec}(X)$$

## ► Sélection

De nouveaux individus sont créés par l'échange d'information entre les chromosomes de la population des parents. Chaque couple est formé aléatoirement, par la méthode de la roulette qui favorise les individus les plus forts, en fonction de leur performance. Une probabilité  $Prob(i)$  de sélection, proportionnelle à la valeur d'adaptation  $f_i$ , est associée à chaque individu  $i$  :

$$Prob(i) = \frac{f_i}{\sum f_i}$$

Un nombre aléatoire  $\rho$  est généré selon une loi uniforme dans l'intervalle  $[0, 1]$ . Chaque couple formé participe à un croisement (décrit dans la section suivante), avec une probabilité ( $p_c$ ), pour générer deux enfants. On répète la procédure jusqu'à ce que la nouvelle population soit complète.

## ► Croisement en un point

Une position de croisement  $w \in \{0, 1, \dots, n - 1\}$  de chacun des individus  $I_1 = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ ,  $I_2 = (m_1, m_2, \dots, m_n)$  est tirée au hasard puis deux descendants sont générés par une recopie du début du premier individu jusqu'à la position  $w$  puis par le remplissage de la fin du chromosome avec les valeurs manquantes, dans l'ordre du deuxième individu, en omettant les valeurs déjà présentes.

Deux nouveaux individus sont ainsi générés :

$$I_3 = (p_1, \dots, p_l, m_{w+1}, \dots, m_n) \quad \text{et} \quad I_4 = (m_1, \dots, m_w, p_{w+1}, \dots, p_n)$$

Les chromosomes résultants forment ainsi la génération  $t + 1$ . La Figure 4.14 illustre l'opérateur de croisement en un point «  $w$  » pour les individus «  $I_1$  et  $I_2$  » et les nouveaux individus «  $I_3$  et  $I_4$  » résultants.

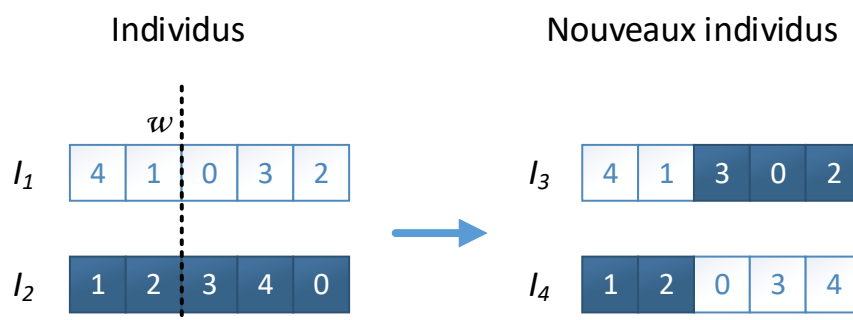


FIGURE 4.14 – Croisement en un point  $w = 1$

Dans la Figure 4.14, l'individu  $I_3$  est le résultat de la recopie du segment des valeurs depuis le début de la chaîne jusqu'au point de coupure  $w$  de l'individu  $I_1$ , c'est-à-dire, les valeurs  $\{1, 2\}$ .

Ensuite, les valeurs qui sont situées après le point de coupure  $w$  de l'individu  $I_2$  sont ajoutées. La séquence est donc alors  $\{0, 3, 2\}$ . Cependant, comme la valeur 2 est déjà présente dans l'individu  $I_3$ , elle est remplacée par la première (en partant de l'indice 0) valeur de l'individu  $I_2$  non présente dans  $I_3$ , dans ce cas la valeur 4.

## ► Mutation

Une probabilité, en général assez faible,  $p_m$  de mutation va être définie pour déterminer si les gènes d'un chromosome doivent être mutés ou non. Si la mutation est appliquée, la stratégie de mutation « *Swap Mutation* » (Soni et Kumar, 2014) sera appliquée. Cette stratégie consiste à permuter aléatoirement deux positions de gènes «  $a$  et  $b$  » dans le chromosome sélectionné (cf. Figure 4.15) :

$$I_1 = (e_1, \dots, e_a, \dots, e_b, \dots, e_n) \rightarrow I_1' = (e_1, \dots, e_b, \dots, e_a, \dots, e_n)$$

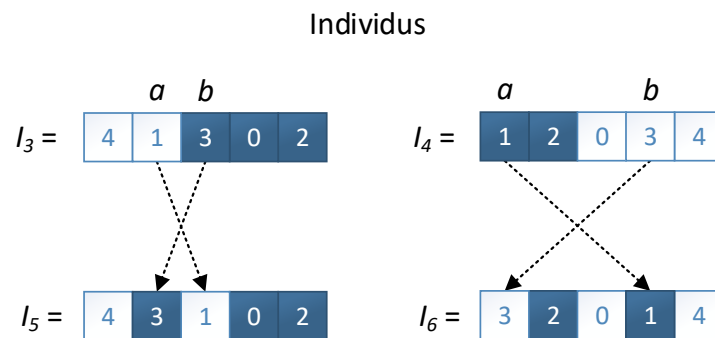


FIGURE 4.15 – L'opérateur de mutation

L'individu muté n'est pas conservé si la valeur de la fonction d'adaptation est plus faible que celle de l'individu original.

S'il n'y a pas de mutation, l'individu (*i.e.*  $I_3$ ) est intégré dans la nouvelle population sans changement.

## ► Élitisme

Les meilleurs individus de chaque génération sont préservés pour générer la population suivante. On utilise une stratégie élitiste où les individus sont classés selon leur adaptation et les «  $I$  » meilleurs individus de la génération précédente ( $t - 1$ ) sont conservés et réintroduits dans la population si aucun des individus de la génération  $t$  n'est meilleur qu'eux (Guenounou, 2009).

## ► Réitération du processus

Les quatre étapes précédentes sont réitérées tant que le nombre de générations est inférieur au nombre maximum de générations, fixé à l'avance, ou qu'un autre critère d'arrêt est atteint.

## Discussion des résultats de l'algorithme génétique

Pour conclure avec l'exemple de la Figure 4.6, page 92 qui nous a servi pour illustrer la similarité entre le contexte de deux projets ( $\mathcal{G}_1$  et  $\mathcal{G}_2$ ), nous analysons plus en détail le processus de mesure de similarité entre graphes par algorithme génétique pour une taille de population de 6 et de 50 individus. Pour cet exemple nous avons 120 solutions possibles pour trouver la valeur optimale (égale à 10).

La Figure 4.16 présente, pour chacune de ces générations, l'évolution de la population dans l'espace de recherche, c'est-à-dire, les valeurs (maximum, minimum et moyen) de similarité de la correspondance du projet actuel  $\mathcal{G}_1$  avec le projet passé  $\mathcal{G}_2$ .

Nous pouvons voir que pour une population relativement faible, la convergence est un peu lente. Par contre, pour une population un peu plus importante et quelques générations, nous pouvons obtenir une convergence très rapide vers la valeur optimale.

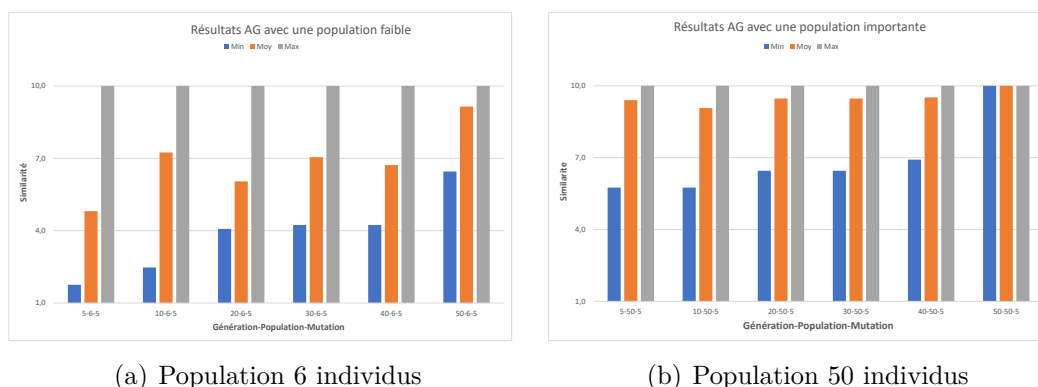
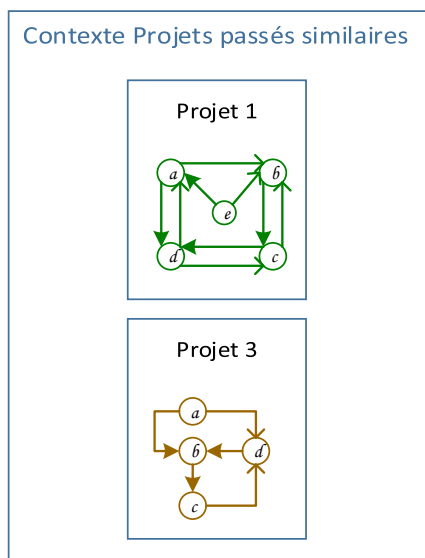


FIGURE 4.16 – Résultat des essais testés par instance

## 4.5 Étape 3 - Sélection des projets passés similaires au projet actuel

Nous déterminons à cette étape l'ensemble des projets passés (dénommé  $PS_k$ ) suffisamment similaires à  $P_a$ , sur la base de la méthode exploitant la similarité entre graphes. Nous listons tous les projets similaires identifiés ( $P_1, \dots, P_k$ ), classés par similarités décroissantes.

Dans la Figure 4.17, nous illustrons les projets «  $P_1, P_3$  » ayant été évalués comme suffisamment similaires au projet actuel.



$$RPPS = \{PS_k, f(X)_k, R_k, rR_k^i, C_k^i, Q_k^i\}$$

$RPPS$  : Rapport de Projets Passés  
Similaires

$PS_k$  : Projet passé similaire

$f(X)_k$  : Mesure de similarité pour le  
projet  $PS_k$

$R_k$  : Ensemble des risques  $R_k^i$  associés  
au projet  $P_k$

$rR_k^i$  : Type/étiquette du risque  $R_k^i$

$C_k^i$  : Criticité du risque  $R_k^i$

$Q_k^i$  : Seuil de tolérance pour le risque  $R_k^i$

FIGURE 4.17 – Représentation des projets similaires au projet actuel

Ainsi la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés va permettre de proposer une classification (cf. Tableau 4.1 après) des projets en vue de la réutilisation des expériences. Dans chaque projet similaire, nous pouvons lister les risques associés par criticité décroissante et les classer par type de risque. Le Tableau 4.1 présente un premier niveau de classification des résultats concernant la similarité et criticité, classification organisée par type de risque et par criticité décroissante.

Tableau 4.1 – Rapport de projets passés similaires « RPPS »

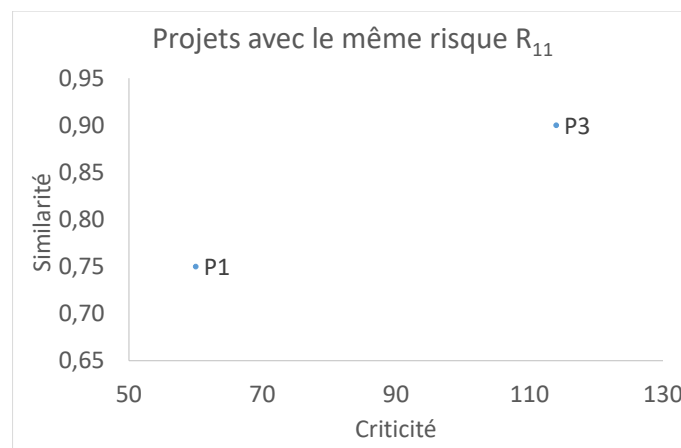
Projet similaire	Mesure de similarité	Type/étiquette du risque	Ensemble des risques	Criticité du risque	Seuil de tolérance
$P_1$	0,92	$T_1$	$R_{11}$	16	Critique
		$T_2$	$R_{21}$	9	Critique
		$T_2$	$R_{25}$	6	Moyen
		$T_3$	$R_{39}$	2	Faible
		$T_4$	$R_{40}$	1	Faible
$P_3$	0,81	$T_1$	$R_{17}$	12	Critique
		$T_1$	$R_{18}$	12	Critique
		$T_2$	$R_{28}$	6	Moyen
		$T_4$	$R_{48}$	2	Faible

## 4.6 Étape 4 - Analyse et adaptation des solutions

Cette étape concerne la synthèse de l'information issue des projets passés similaires au projet actuel, pour vérifier les risques potentiels.

Nous allons aussi vérifier, lors de l'analyse, si ce problème a été repéré, si ce risque identifié dans le projet s'est déjà produit, combien de fois il s'est produit, quelles sont les actions de maîtrise qui ont été mises en œuvre, si ces actions ont été efficaces. . .

L'exploitation des expériences consiste à analyser en profondeur les expériences sélectionnées pour identifier les risques à la fois les plus critiques et les plus susceptibles de survenir. Nous devons pour cela, prendre en compte les risques qui sont associés à des projets avec une grande similarité et, en même temps, avec une criticité élevée. Par exemple, soit un risque donné «  $R_{11}$  » du Tableau 4.1, nous allons identifier dans quels projets similaires il est présent et avec quelle criticité, et ainsi construire une cartographie associée au risque  $R_{11}$  (cf. Figure 4.18).

FIGURE 4.18 – Cartographie associée au risque  $R_{11}$



Pour un risque donné  $R_k^i$ , nous proposons donc de consulter tous les projets passés ayant été affectés par le risque  $R_k^i$  et d'exploiter le couple de valeur formé par la similarité du projet courant avec le projet  $P_k$  et la criticité du risque  $R_k^i$  dans ce projet  $P_k$ . Ce couple de valeurs est ensuite situé dans une matrice d'évaluation qui va permettre de décider si le risque associé sera pris en compte ou non pour le projet courant. Pour faciliter la lecture, nous proposons d'utiliser une grille d'évaluation établie sur les critères de similarité et de criticité en discrétisant ces deux critères. Les Tableaux 4.2 et 4.3 fournissent la discrétisation proposée.

Tableau 4.2 – Exemple d'échelle de similarité entre projets

Niveaux	Valeur associée	Similarité
1	0.05	Très faible
2	0.1	Faible
3	0.2	Assez faible
4	0.4	Moyenne
5	0.8	Forte

Tableau 4.3 – Exemple d'échelle de criticité des risques d'un projet

Niveaux	Valeur associée	Criticité
1	0.10	Faible
2	0.30	Moyen
3	0.50	Important
4	0.70	Élevé
5	0.90	Critique

Un risque peut ainsi être évalué par le calcul des couples (similarité, criticité), que nous avons appelés «  $S \times C$  ». Pour effectuer cette évaluation, nous pouvons utiliser un référentiel tel que celui montré sur la Figure 4.19.

L'interprétation des niveaux résultants de cette évaluation est présentée dans le Tableau 4.4.

Tableau 4.4 – Exemple d'échelle d'évaluation des risques passés

Zone	Valeur associée
1	Risques négligeables
2	Risques protection et prévention
3	Risques intolérables

5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

Criticité

FIGURE 4.19 – Exemple d’une matrice similarité-criticité

L’évaluation  $S \times C$  permet de positionner les projets similaires comportant de risques critiques sur le référentiel d’évaluation, et donc de visualiser globalement les résultats de l’analyse. En fonction de la position des projets dans le référentiel, nous pouvons sélectionner ou non les actions de maîtrise à réutiliser.

L’expression suivante décrit l’information clé dans les processus de prise de décision :

$$RPSC = \{PS_k, T_k^i, rT_k^{i,j}, Per(t_k^{i,j}), Rap(t_k^{i,j})\}$$

$RPSC$  : Rapport de projets similaires avec risques critiques

$PS_k$  : Projet similaire sélectionné

$T_k^i$  : Ensemble des actions  $t_k^{i,j}$  de maîtrise du risque  $R_k^i$

$rT_k^{i,j}$  : Type/étiquette de l’action de maîtrise  $t_k^{i,j}$

$Per(t_k^{i,j})$  : Performance des actions de maîtrise

$Rap(t_k^{i,j})$  : Rapport de l’efficacité

Il est alors possible de proposer à l’expert, une synthèse de l’information faisant apparaître, pour chaque risque identifié, une liste d’actions mises en œuvre dans les projets antérieurs sélectionnés, classées par type d’action (curatif, préventif, correctif) et faisant apparaître l’efficacité de ces actions (cf. Tableau 4.5).

Tableau 4.5 – Rapport de projets similaires avec risques critiques *RPSC*

Projet Similaire	Risque Critique	Type/étiquette de l'action	Ensemble des actions	Performance des actions	Rapport de l'efficience
$P_1$	$R_{11}$	Préventif	$A_1$	0	$\downarrow C$
		Curatif	$A_2$	0	
		Correctif	$A_3$	1	
	$R_{21}$	Curatif	$A_3$	1	$\uparrow Q$
$P_3$	$R_{17}$	Préventif	$A_4$	1	$\downarrow C$
	$R_{18}$	Curatif	$A_2$	1	$\downarrow D$

**Remarque :**  $\uparrow$  : augmentation ;  $\downarrow$  : diminution ;  $Q$  : qualité ;  $D$  : délai ;  $C$  : coût

## 4.7 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche de réutilisation des expériences capitalisées dans la base d'expériences.

L'approche proposée pour l'activité d'identification des projets similaires repose sur la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés. Ce problème, fortement combinatoire, a nécessité, pour sa résolution, l'utilisation d'une heuristique pour déterminer une similarité de bonne qualité. Une approche basée sur un algorithme génétique a ainsi été décrite.

Une fois l'ensemble des projets passés évalués en termes de similarité, nous nous sommes posé la question de la réutilisation des informations sur les risques, contenues dans ces expériences sur les projets passés. Une démarche a ainsi été proposée, combinant les mesures de similarité et les mesures de criticité. L'idée générale sous-jacente est que plus un projet passé est similaire et plus un risque identifié dans ce projet a été considéré comme critique, plus il est pertinent de le proposer pour le projet courant.

Lorsque ces risques pertinents sont identifiés, il devient possible de retrouver les actions de maîtrise mises en œuvre et de sélectionner celles qui ont montré leur efficacité.

# Chapitre 5

## Cas d'application

### Sommaire

---

<b>5.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>109</b>
<b>5.2</b>	<b>Illustration sur un projet de construction des bâtiments</b>	<b>110</b>
5.2.1	Acteurs et activités dans les projets de construction	110
5.2.2	Définition du Projet actuel	112
5.2.3	Taxonomie des objets, des interactions entre objets et des types de risques caractérisant de projets de construction de bâtiments	114
<b>5.3</b>	<b>Présentation succincte de la méthode de recherche dans la base d'expériences</b>	<b>114</b>
<b>5.4</b>	<b>Synthèse</b>	<b>131</b>

---

### 5.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté les différentes facettes du modèle que nous proposons en vue de la réutilisation des expériences pour la gestion des risques dans les projets.

Dans ce chapitre, nous proposons un cas d'étude afin d'illustrer la procédure de modélisation d'un projet et de ses risques permettant de capitaliser les expériences associées et de les réutiliser dans un projet en cours d'élaboration.

Nous présentons, tout d'abord, le cas d'étude, inspiré du secteur de la construction de bâtiments, en détaillant la mise en œuvre de la démarche de caractérisation des objets d'un projet et le développement des taxonomies du domaine de la construction. Ce domaine a été choisi car il permet, d'une part, au lecteur d'appréhender la modélisation sans connaissances préalable très approfondie du domaine et, d'autre part, car il constitue un domaine assez complexe pour illustrer le potentiel et les limites de l'approche proposée.

L'exemple proposé résulte donc d'un compromis entre ces deux souhaits antagonistes. Afin de faciliter la lecture, nous avons en outre limité les types d'objets présents dans le modèle : nous intéressons ainsi particulièrement aux objets projet, livrables, activités et ressources. Ces différents types d'objets nous permettront également d'illustrer différents types d'interactions entre objets.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous présentons la problématique liée à la sélection des projets similaires au projet actuel et, en particulier, nous analysons la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés préconisée. Afin de valider une partie de nos propositions, présentées dans les chapitres précédents, nous avons conçu et développé un démonstrateur logiciel. Cet outil permet de caractériser un projet par l'utilisation d'un graphe et de matrices. À partir de ces données, l'objectif de cette étude est d'avoir plus d'information sur les risques associés à chaque projet similaire lors des actions des traitements efficaces, implémentées pour traiter ces risques. Cette information nous procurera ainsi des éléments de base pour établir la démarche pour le processus d'analyse et de contrôle du [Management des Risques](#).

## 5.2 Illustration sur un projet de construction des bâtiments

### 5.2.1 Acteurs et activités dans les projets de construction

Les projets de construction sont des ensembles complexes d'activités qui demandent des compétences, du temps, un budget et des ressources, indispensables pour mener à bien le projet ([Peuportier, 2008](#)), ([Kubicki, 2006](#)) et ([Ledoux, 2000](#)). Un projet de construction est caractérisé par une grande famille d'acteurs internes et externes ([Chevallet \*et al.\*, 2010](#)).

Le [Maître d'ouvrage \(MOA\)](#) : le maître d'ouvrage est celui pour qui on va construire. Il définit le programme, l'enveloppe financière ainsi que le planning de l'opération qui doit être menée pour construire son bâtiment. Le [MOA](#) va donc définir des objectifs, financer la construction et l'exploiter. C'est une personne physique ou une personne morale qui a pris la décision d'entreprendre des travaux de construction d'un bâtiment. C'est à lui de définir le programme, de trouver le financement, de fixer l'échéancier et de choisir les professionnels qui vont prendre en charge la réalisation.

Le [Maître d'œuvre \(MOE\)](#) : le maître d'œuvre est à l'origine de la conception, du dessin et de la description du bâtiment. Il peut être accompagné de professionnels dans des spécialités qui peuvent être classées en 4 catégories majeures : architecture, ingénierie technique, ingénierie financière, ingénierie de management. Le [MOE](#) conçoit et réalise. Il s'agit d'une personne physique ou d'une entité qui a été chargée de concevoir et de faire le suivi de l'exécution de la construction pour le compte du maître d'ouvrage.

Les usagers : ce sont les occupants, ceux qui habitent le bâtiment. Ils peuvent se constituer en groupe de travail et ils sont soumis à consultation de façon régulière au cours de la conception et de la construction du bâtiment (généralement cela va dépendre du maître d'ouvrage et de l'importance qu'il leur accorde).

Les Institutions et administrations : elles vont donner leur autorisation et/ou leur avis pour construire le bâtiment. Citons, à titre d'exemple, l'architecte des bâtiments de France pour les projets situés dans le périmètre protégé d'un monument classé.

Les entreprises du bâtiment ou constructeurs : ils vont construire le bâtiment. Ils sont choisis par le MOE et le MOA suite à un devis d'intervention. Ils peuvent intervenir soit en tant qu'entreprise générale, soit par lots différenciés. On distingue ceux de second œuvre et de gros œuvre.

Les étapes du processus d'élaboration d'un projet de construction d'un bâtiment vont de la conception, à partir de l'expression des besoins par des MOA, jusqu'à la livraison de l'ouvrage, à partir de l'exécution complète des travaux. Ainsi donc, le processus de gestion d'un projet de construction compte trois grandes phases (conception, construction et réception) que nous détaillons dans la suite de cette section.

### Étapes de conception

- Programmation et études préalables : elle se compose de la réalisation des études préliminaires, de la formalisation de l'intention d'investir et de l'élaboration du programme initial. La demande du MOA est analysée, les besoins et les contraintes sont évalués, et les objectifs et les moyens pour les atteindre sont définis.
- Études de faisabilité : elles vont cerner la teneur et la portée du projet par l'énoncé des besoins et la tenue des études préparatoires. Cette étape consiste essentiellement à produire des esquisses, les études d'Avant-projet sommaire (APS) et d'Avant-projet définitif (APD). L'APS a pour objectif de préciser la composition générale en plans, les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage, ainsi que des solutions techniques proposées et une estimation du coût prévisionnel. L'APD précise les dimensions du bâtiment et tous les éléments du programme (les choix constructifs, techniques et financiers). L'APD sert à constituer le dossier de demande d'autorisation de construire.
- Définition du projet : elle se compose de la définition et de la description technique du bâtiment qui vont orienter et baliser la conception des plans et devis, les appels d'offres ainsi que la réalisation des travaux. Ces informations ainsi que les directives du MOA seront consignées dans le « Dossier de consultation des entreprises ».

### Étapes de construction

- Préparation Voirie et Réseaux Divers (VRD) : concerne la mise en place du chantier et des réseaux (installation, protection et adéquation). Le panneau de chantier doit être mis en place.

- Fondations et gros œuvre : elles se composent de l'ensemble des ouvrages enterrés qui constituent la stabilité d'une construction et permettent de porter la construction sans aucun risque de déplacement vertical. Le gros œuvre, ensemble de gros murs, poteaux, planchers, charpentes, qui compose l'ossature (structure portante) du bâtiment assure la solidité et la stabilité de l'édifice.
- Le clos, le couvert et la technique : ils se composent des travaux nécessaires pour la pose de la charpente / toiture et l'enveloppe extérieure (étanchéité, menuiseries extérieures, habillage des façades...). La technique est l'ensemble des installations techniques (chauffage, sanitaire, électricité...).
- Second œuvre et finitions : elles se composent de l'ensemble des travaux exécutés pour achever l'ouvrage. C'est la phase où l'on habille, décore et finit le bâtiment.

### Étapes de livraison et de réception des travaux

- L'étape de livraison de l'ouvrage concerne principalement le suivi de la correction des déficiences et des travaux à parachever. La réception est l'acte par lequel le [MOA](#) reconnaît que les travaux ont été exécutés conformément aux contrats d'entreprises, que leur mise en œuvre est conforme aux règles de l'art et à leur destination.

## 5.2.2 Définition du Projet actuel

Nous présentons maintenant une brève description de la construction d'un bâtiment qui servira de base à notre étude de cas. Il s'agit d'une maison individuelle, modèle « T3 plain-pied » avec un espace vert, conforme aux besoins du client et indispensable à l'utilisation de cet immeuble. L'aspect architectural de la maison ainsi que son orientation sur le terrain sont définis de manière à respecter et à s'intégrer dans son environnement bâti et dans le paysage.

Acquérir le terrain est une étape nécessaire pour construire un bâtiment. Ses particularités (emplacement, orientation, végétation, nature des sous-sols, servitudes, voie d'accès et des connexions publiques aux réseaux d'eau potable, réseau électrique, évacuation des eaux usées et télécommunications) vont influencer profondément la réalisation des fondations.

La constructibilité d'un terrain n'est cependant pas suffisante pour avoir une garantie de l'obtention d'un permis de construire pour le bâtiment. Pour faire face à un refus de la mairie, il est courant d'ajouter une clause suspensive dans l'avant-contrat de vente du terrain. L'achat définitif du terrain sera effectif seulement sous réserve de l'obtention du permis de construire.

L'obtention du permis de construire est l'élément déclencheur pour le début de la construction. Celui-ci est délivré par le Maire de la commune où se situe le projet. Il devra être libre de tout recours pour pouvoir être définitivement validé.

Ensuite, après l'acquisition définitive du terrain, les travaux (gros œuvre et second œuvre) débutent à la date d'ouverture du chantier. Ceux-ci peuvent être entrepris immédiatement ou au plus tard deux mois après l'obtention du permis de construire.

Le constructeur commence par une phase de préparation du terrain (terrassement) afin de mettre le terrain au niveau adéquat et de l'aplanir pour ensuite construire.

Les fondations doivent être réalisées en béton armé et dimensionnées selon l'étude de structure de l'entreprise, les résultats de l'étude de sols et la validation du bureau de contrôle. Les murs et ossatures seront composés en blocs agglomérés de ciment ou briques, selon étude de structure et étude thermique de l'entreprise.

Cette étape est celle qui est la plus sujette aux conditions climatiques. En effet, le béton ne peut être coulé par temps trop froid ou en cas d'intempérie s'il pleut trop.

La charpente est composée de fermes industrialisées en sapin traité assemblées par connecteurs métalliques. Elle est couverte à l'aide de tuiles en béton avec accessoires assortis.

Le second œuvre englobe tous les corps de métier chargés d'aménager et d'achever le bâtiment, par exemple, l'électricité, la plomberie, les menuiseries extérieures et intérieures (portes, fenêtres . . . ), les peintures, le chauffage . . . La difficulté de cette étape réside dans l'enchaînement des tâches. Le MOE et le MOA doivent faire en sorte de coordonner l'intervention de chaque corps de métier de manière optimale, sachant que de nombreuses tâches sont interdépendantes.

Le MOE doit prévoir les travaux extérieurs des espaces verts. Le budget pour les travaux extérieurs comprend donc les plantations et l'engazonnement ainsi que la mise à niveau du terrain, la pose du portail, de la clôture, de la sonnette, de la boîte aux lettres. . . La localisation de haies et plantes grimpantes correspondra au plan masse du projet d'aménagement architecte, en limite séparative entre les parcelles des maisons côté jardin privatif sur un côté de la clôture et côté rue.

La livraison se fait lorsque le bâtiment est totalement achevé. L'acquéreur, le MOA peut toutefois émettre des réserves, s'il constate des défauts lors de la remise des clés et des certificats. Le reliquat des fonds dus au MOA est appelé et payé lorsque les réserves sont levées.



### 5.2.3 Taxonomie des objets, des interactions entre objets et des types de risques caractérisant de projets de construction de bâtiments

L'outil d'aide à la décision proposé est basé sur une représentation du contexte actuel du projet à partir d'un graphe orienté étiqueté (cf. section 3.3.3, page 64). Il s'agit en fait de l'ensemble des objets impliqués dans le projet avec leurs étiquettes respectives. C'est pourquoi avant toute définition du projet, il est préalablement nécessaire de définir ces taxonomies des étiquettes des objets de projets de construction.

Nous proposons un exemple ci-après illustrant les taxonomies des étiquettes pour les objets et pour les interactions entre ces objets (cf. section 3.3, page 60). Les taxonomies de la Figure 5.1 (figure subdivisée de « a à f » en fonction des objets du projet) et de la Figure 5.2 permettent de représenter respectivement : les concepts associés à chaque type d'objets (taxonomie de projets, d'objectifs, de livrables, d'activités et de ressources) et les interactions entre objets. De la même façon, la taxonomie des types des risques d'un projet de construction qui a été utilisée pour étiqueter les risques identifiés dans chaque projet capitalisé est décrite sur la Figure 5.3.

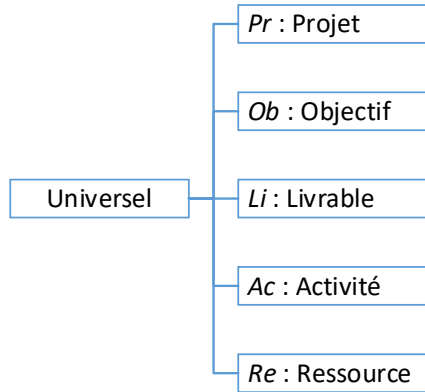
## 5.3 Présentation succincte de la méthode de recherche dans la base d'expériences

Nous présentons ici la démarche suivie pour la réutilisation des expériences détaillée dans la section 4.2, page 85.

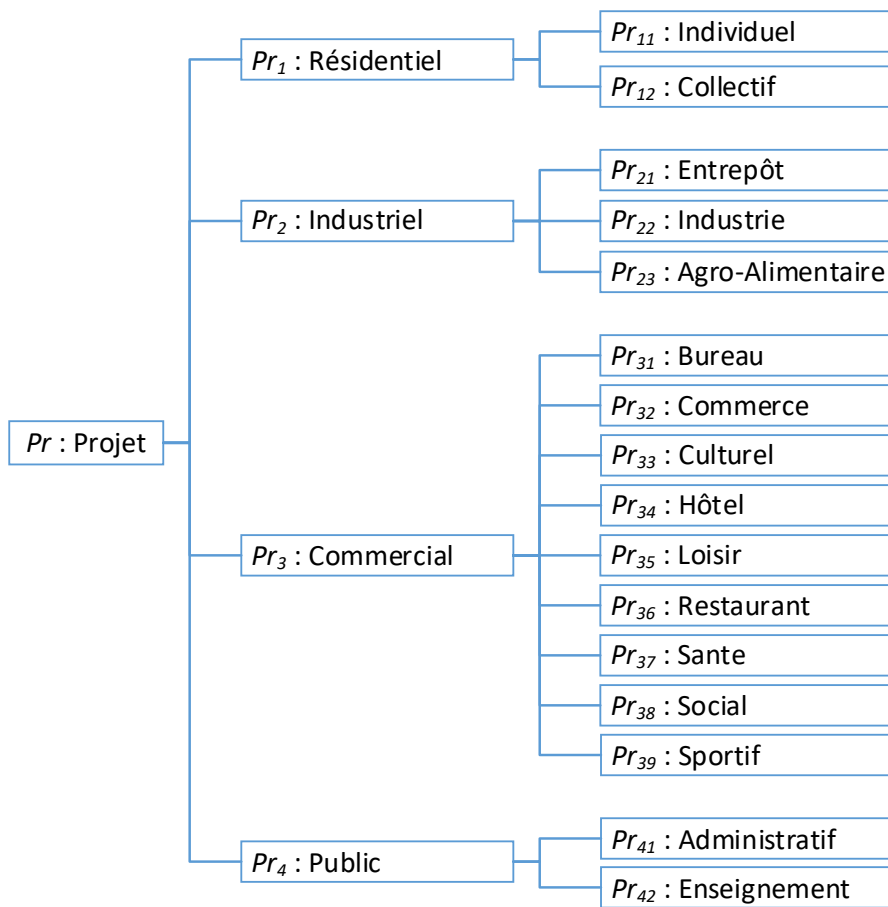
### Étape 1. Définition du problème à résoudre : représentation du projet de construction actuel à l'aide d'un graphe orienté étiqueté

Un exemple de la caractérisation du projet actuel est donné sur la Figure 5.4 suivante pour l'exemple de construction d'une maison individuelle décrit dans la section 5.2.2, page 112.

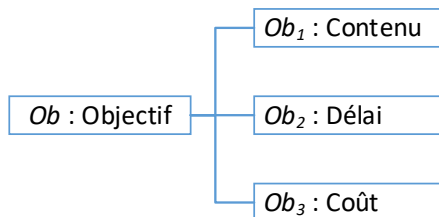
Le graphe correspondant va permettre d'évaluer la ressemblance entre celui-ci et les graphes des projets passés capitalisés dans la base d'expériences, à l'aide d'une mesure de similarité.



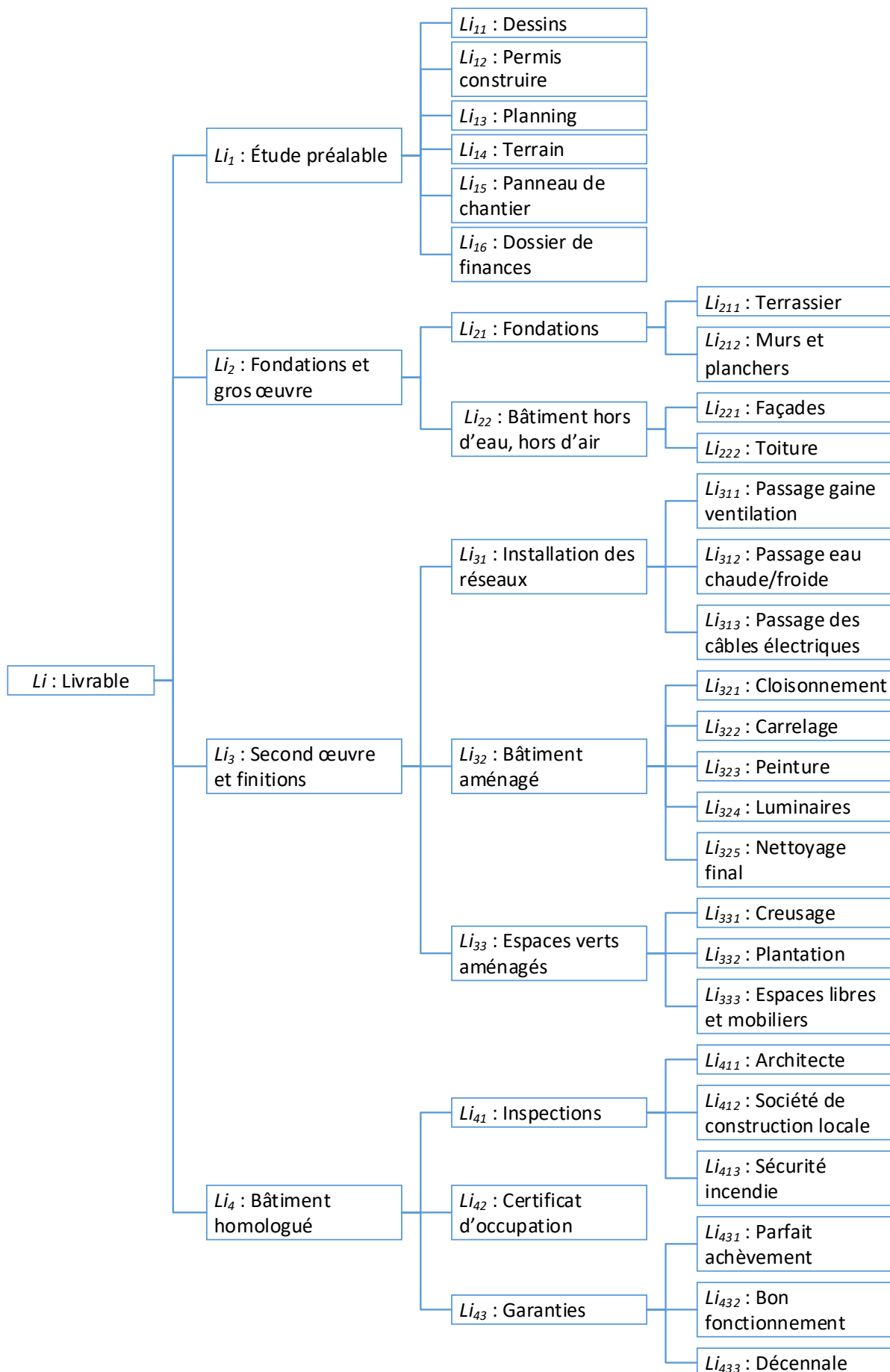
(a) Taxonomie d'objets



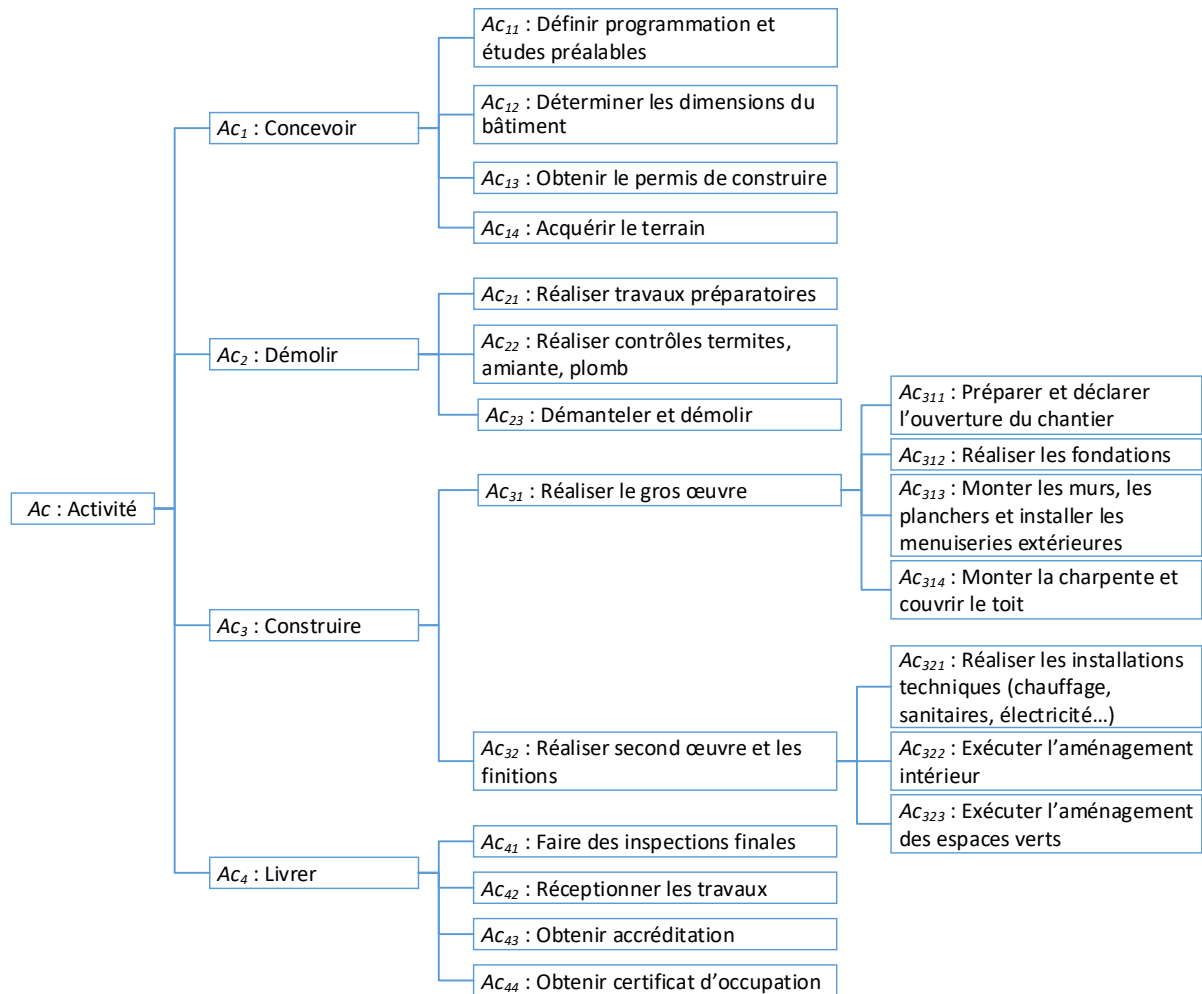
(b) Taxonomie de projets



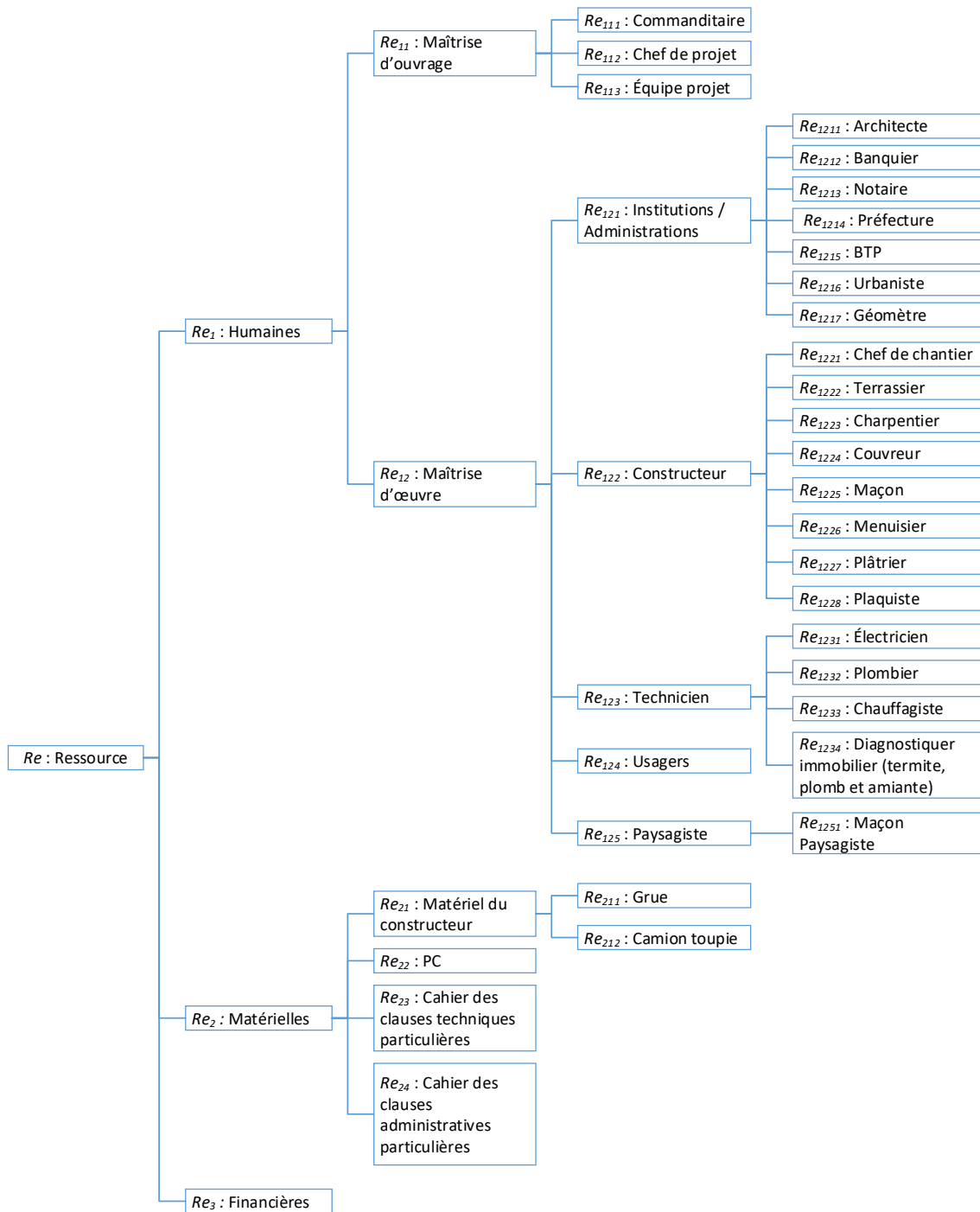
(c) Taxonomie d'objectifs



(d) Taxonomie de livrables



(e) Taxonomie d'activités



(f) Taxonomie de ressources

FIGURE 5.1 – Détail de la taxonomie d'objets d'un projet de construction

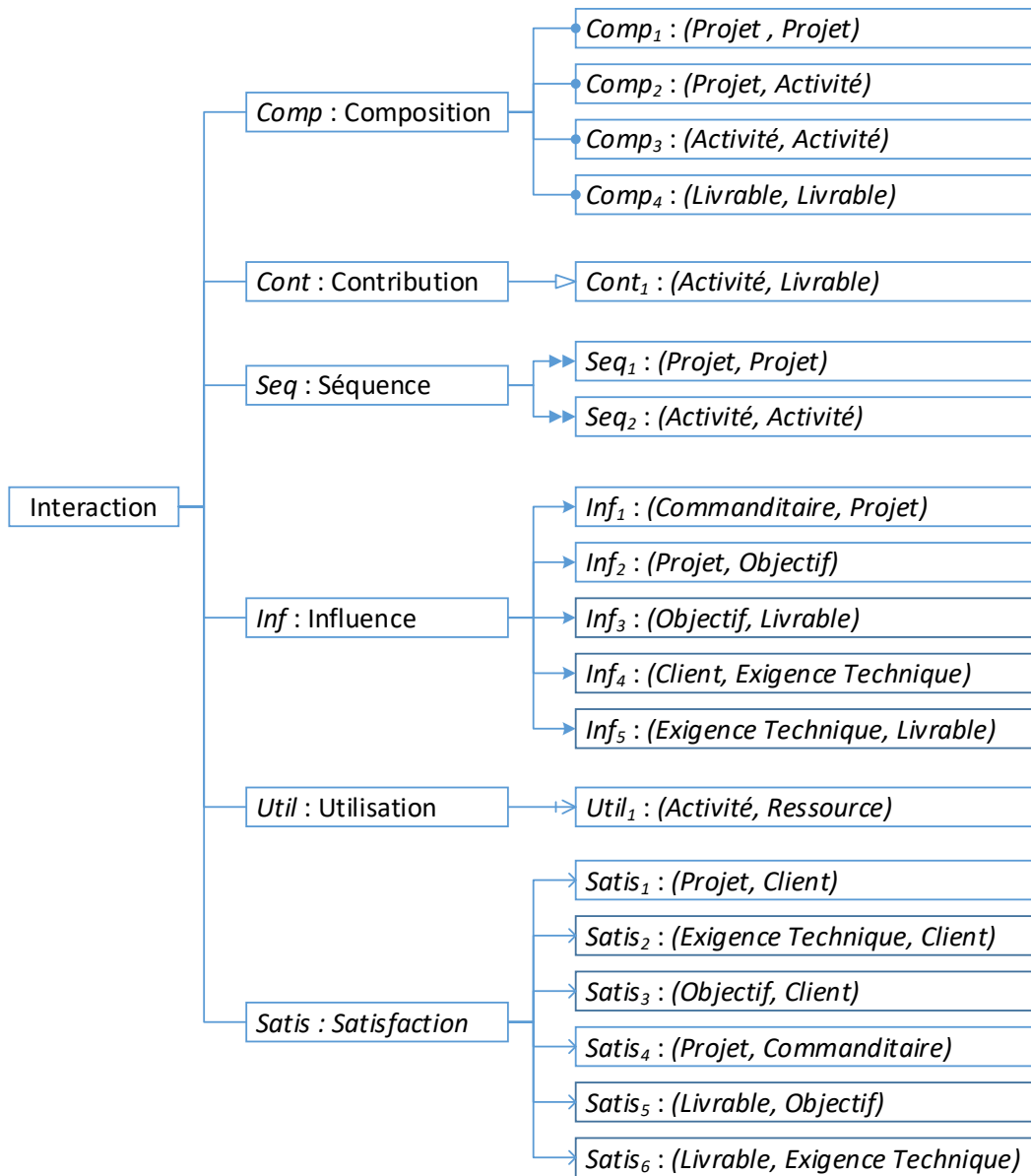


FIGURE 5.2 – Taxonomie des interactions entre objets d'un projet

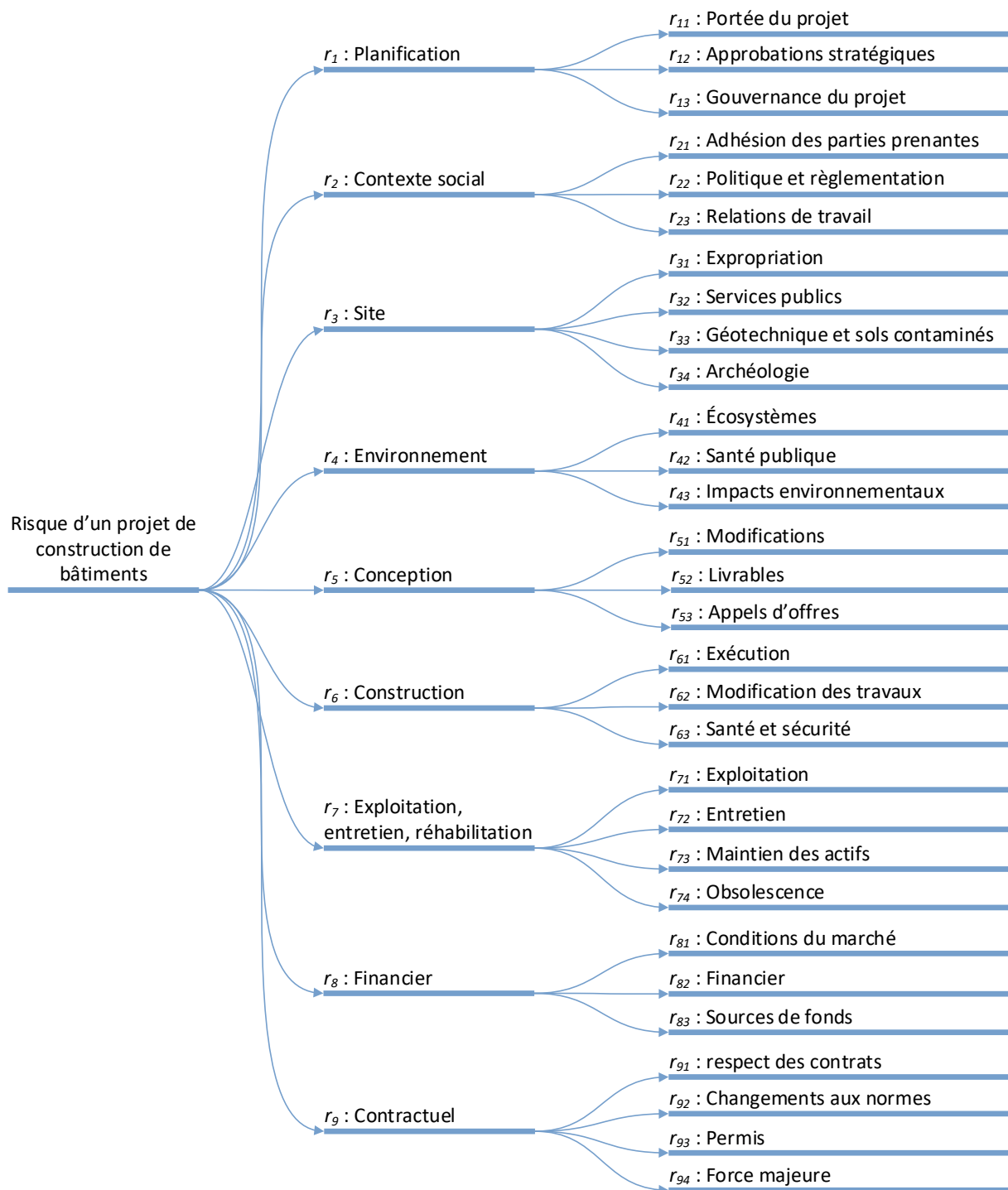


FIGURE 5.3 – Taxonomie des risques d'un projet de construction, adaptée de (Québec, 2014)

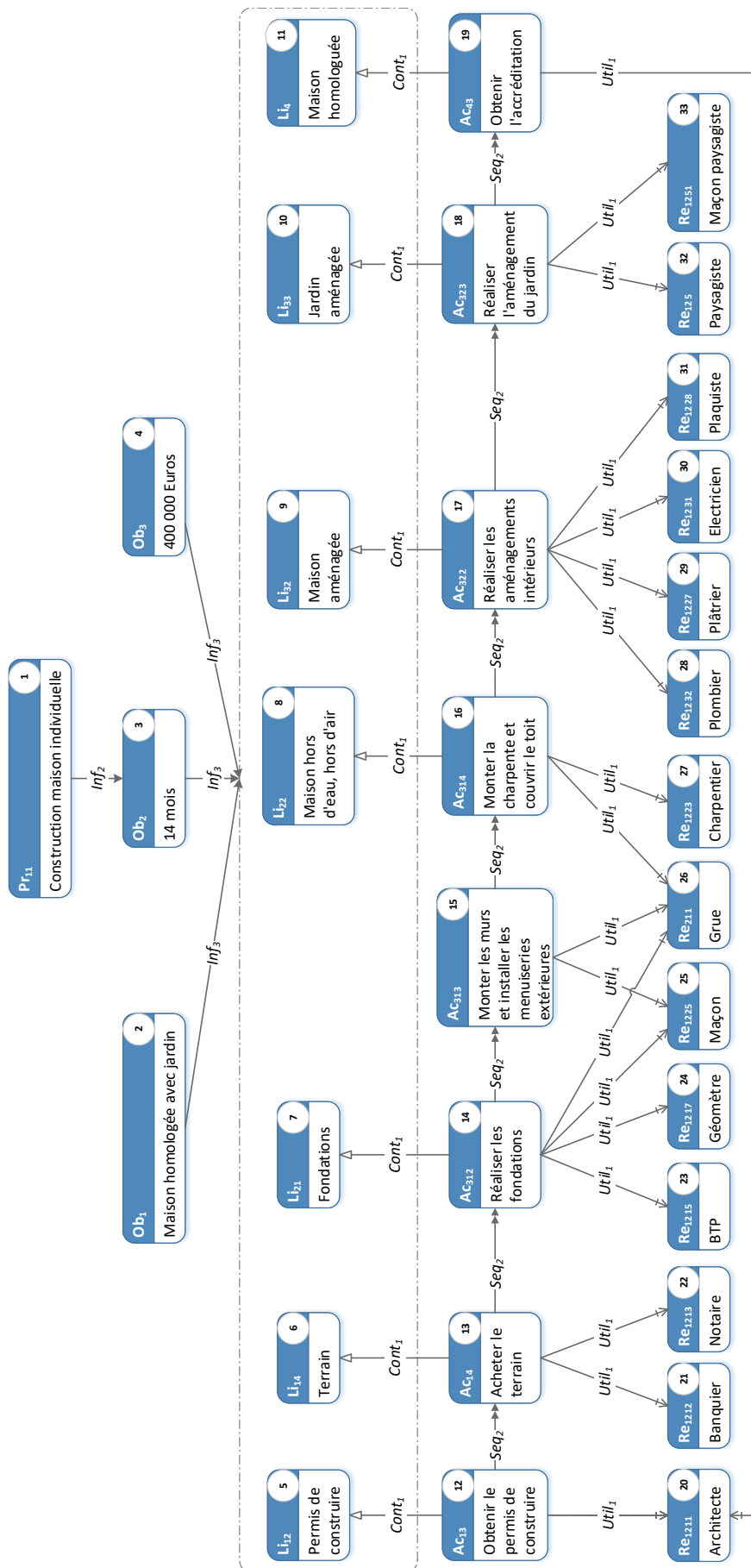


FIGURE 5.4 – Graphe orienté étiqueté du Projet actuel ( $P_a$ )



## Étape 2. Exploration de la base d'expériences : calcul de la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés

Nous nous sommes orientés vers une méthode de calcul de la mesure de similarité entre deux projets, à partir de l'appariement entre deux graphes orientés étiquetés. Pour cela, nous avons développé un démonstrateur logiciel permettant de trouver les projets contenus dans la base d'expérience ayant une mesure de similarité suffisante avec le projet actuel. L'algorithme proposé a été implémenté en utilisant le langage de programmation Ruby. Il a été développé en collaboration avec [CRC-IDCE](#) de l'ENIT.

Nous devons commencer par définir les paramètres utilisés par l'algorithme. Nous avons effectué des tests avec des populations de 10 ou de 100 individus. Nous avons testé des taux de mutations de 0.05 et de 0.1.

Nous avons évalué les résultats de la méthode d'appariement des graphes selon deux scénarios. Le premier scénario représente l'appariement entre le « Projet actuel ou  $(P_a)$  » (cf. Figure 5.4) et un projet de construction d'un bâtiment résidentiel, nommé « Projet 1 ou  $(P_1)$  » (cf. Figure 5.5). Le deuxième scénario montre l'appariement avec un projet de rénovation d'un immeuble de bureaux, nommé « Projet 2 ou  $(P_2)$  » (cf. Figure 5.6). Ainsi donc, l'ensemble de données se compose de trois graphes  $\{(P_a), (P_1) \text{ et } (P_2)\}$  avec 33, 25 et 20 objets (ou sommets) respectivement. Les sommets et les arcs ont été étiquetés manuellement, grâce aux étiquettes de la taxonomie d'objets (cf. Figure 5.1) et aux étiquettes de la taxonomie d'interactions (cf. Figure 5.2).

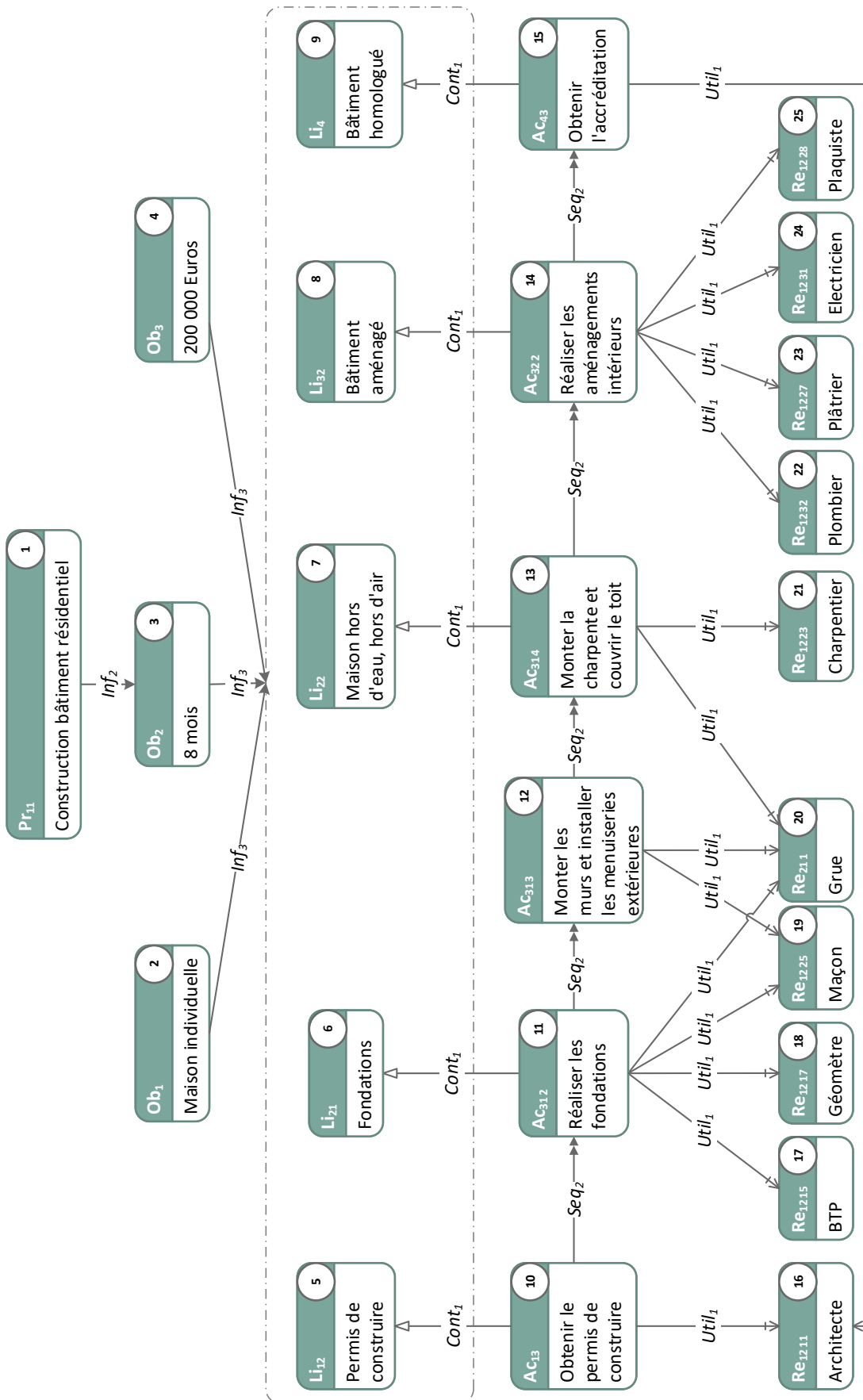


FIGURE 5.5 – Graphe orienté étiqueté du Projet ( $P_1$ )

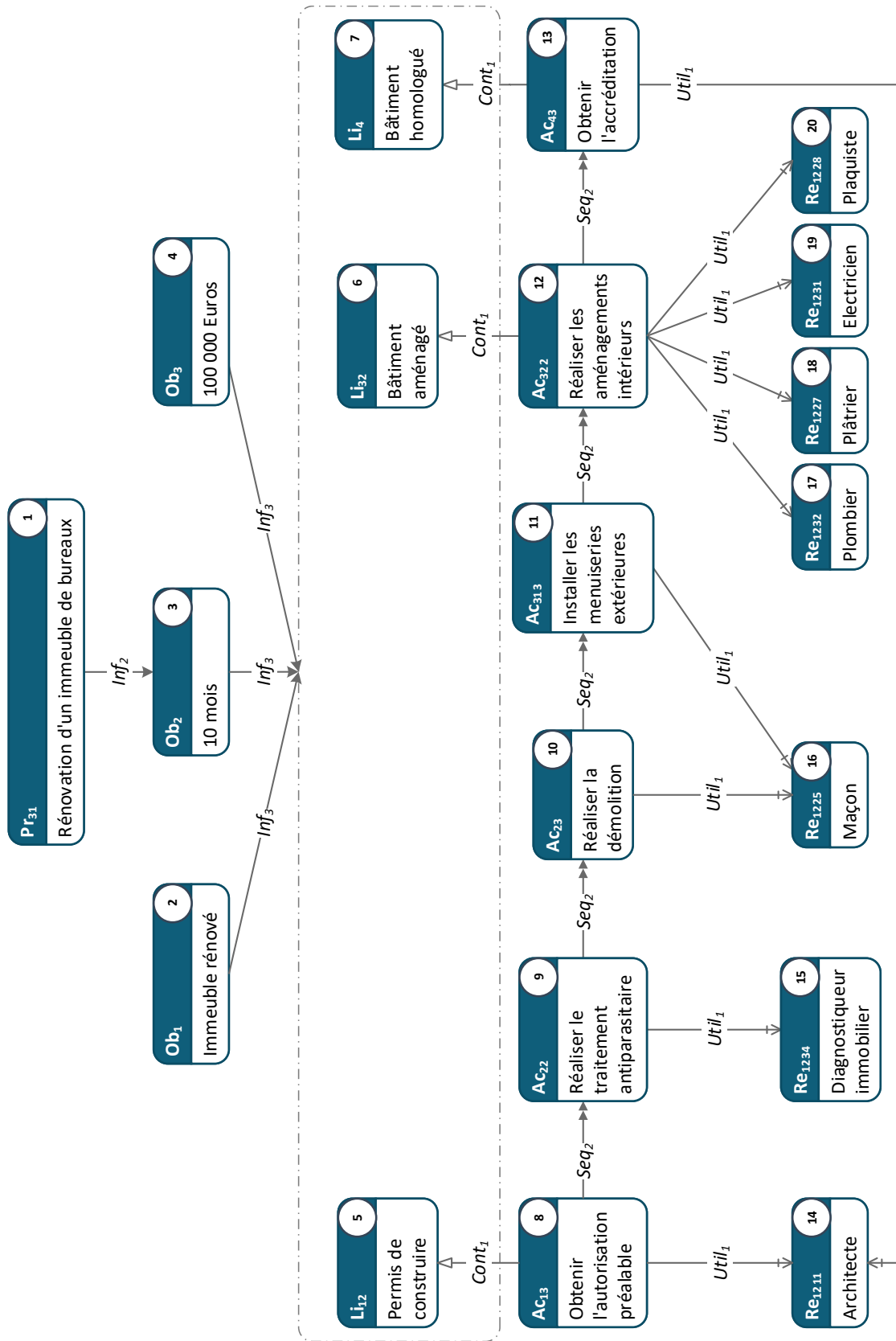


FIGURE 5.6 – Graphe orienté étiqueté du Projet ( $P_2$ )

À partir de ces informations, nous avons défini sous une forme appropriée les valeurs d'entrée utilisées par l'algorithme. Par exemple, nous construisons la représentation du « *Projet actuel* » et « *Projet 1* », à partir des graphes de la Figure 5.4 et de la Figure 5.5, en encodant l'incidence entre les sommets et les arcs (matrice  $U_a$ ,  $V_a$  et  $U_1$  et  $V_1$  respectivement) de ces graphes. Cette méthode de codage des matrices d'incidence  $U$  et  $V$  est également réalisée pour le graphe du « *Projet 2* ».

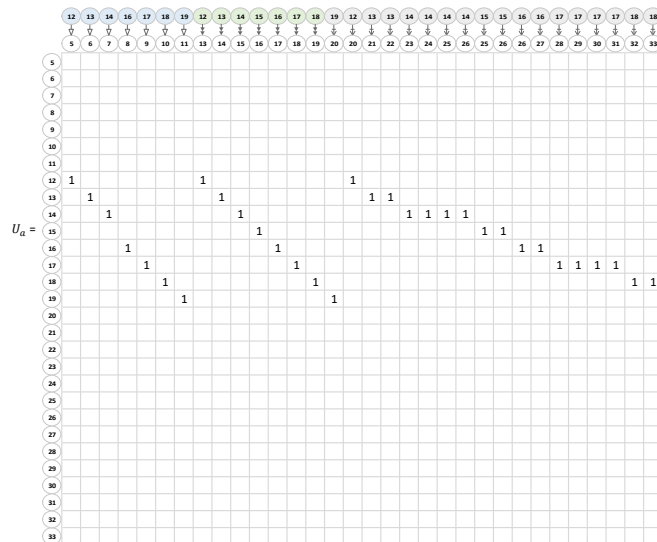
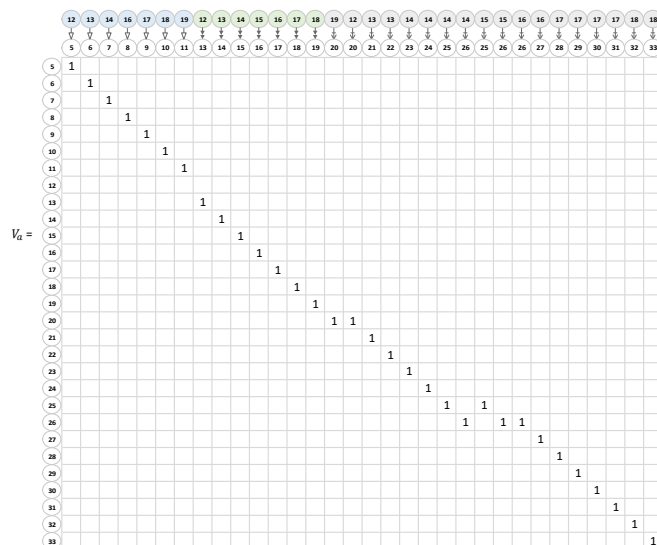
(a) Matrice  $U_a$ (b) Matrice  $V_a$ 

FIGURE 5.7 – Matrice d'incidences entre les sommets et les arcs pour le projet actuel

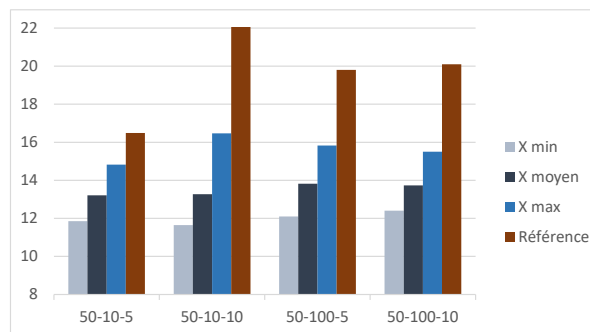
La Figure 5.7 présente cette matrice d'incidence. Nous avons décidé de représenter les sommets par des cercles contenant le numéro du sommet et les arcs par une paire de cercles avec une flèche indiquant la direction et le type de liaison entre sommets. Par ailleurs, nous n'avons pas sélectionné tous les sommets du graphe de la Figure 5.4 afin de faciliter la compréhension et l'affichage de l'information, comme indiqué au début de ce

chapitre. Ainsi, nous avons sélectionné, pour les trois projets ( $P_a$ ,  $P_1$  et  $P_2$ ), les sommets et les arcs qui représentent les livrables, les activités, les ressources et leurs interactions. Par exemple, pour le projet actuel, nous avons sélectionné depuis le sommet 5 jusqu'au sommet 33 et tous les arcs de type  $Cont_1$ ,  $Seq_2$  et  $Util_1$ .

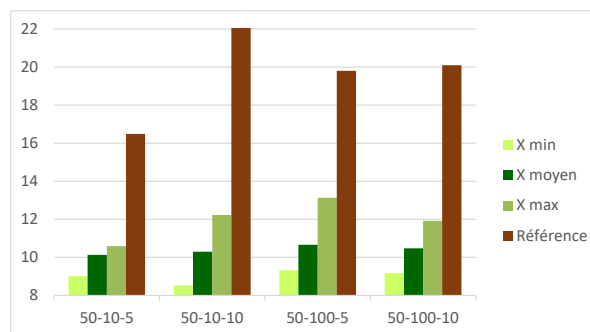
Une fois les paramètres et les variables d'entrée mis en place, l'algorithme peut ensuite être exécuté.

## Résultats sur les instances pour l'AG

Dans l'expérience, l'algorithme a été exécuté dix fois par instance. Dans chacun des 10 essais, nous avons sélectionné la meilleure valeur de la mesure de similarité entre graphes comparés. La Figure 5.8 nous montre les meilleures valeurs de similarité, les plus mauvaises et la moyenne des solutions sur les 10 essais testés par instance, ainsi que la valeur de référence (le meilleur résultat de la comparaison du projet actuel avec lui-même). Nous pouvons voir que pour le scénario 1 (comparaison entre  $P_a - P_1$ ) dans la Figure 5.8(a) la configuration de l'instance avec 50 générations, une taille de population de 10 et une probabilité de mutation de 10% est celle qui permet d'obtenir la meilleure solution, tandis que pour le scénarios 2 (comparaison entre  $P_a - P_2$ ) dans la Figure 5.8(b) le meilleur résultat a été obtenu avec la configuration d'instance « 50-100-5 ».



(a) Scénario 1 ( $P_a - P_1$ )



(b) Scénario 2 ( $P_a - P_2$ )

FIGURE 5.8 – Résultats de l'algorithme génétique pour différentes configurations d'instances

Le Tableau 5.1 résume les meilleurs résultats obtenus lors des différentes simulations. La valeur de la variable «  $X_{P_a-P_a}$  » désigne le meilleur résultat trouvé en faisant la comparaison du projet actuel avec lui-même. C'est ce résultat que nous utilisons comme base pour faire le calcul de la similarité relative. Les meilleurs résultats obtenus de la comparaison entre le projet actuel ( $P_a$ ) et le  $k^{i\grave{e}me}$  projet ( $P_k$ ) sont appelés «  $X_{P_a-P_k}$  ». La similarité relative, nommée «  $sim_{P_a-P_k}^{rel}$  » et calculée par  $(X_{P_a-P_k} / X_{P_a-P_a})$  est donnée pour l'ensemble des instances dans chaque scénario.

Tableau 5.1 – Résultats détaillés pour l'algorithme des meilleures valeurs de  $P_a$ ,  $P_1$  et  $P_2$  pour chaque instance

Instances	$X_{P_a-P_a}$	$X_{P_a-P_1}$	$sim_{P_a-P_1}^{rel}$	$X_{P_a-P_2}$	$sim_{P_a-P_2}^{rel}$
50 - 10 - 5	16,5	14,8	90%	10,6	64%
50 - 10 - 10	22,2	16,5	74%	12,2	55%
50 - 100 - 5	19,8	15,8	80%	13,1	66%
50 - 100 - 10	20,1	15,5	77%	11,9	59%

**Remarque :** Instances = Générations - Population - Mutation

Les résultats obtenus dans le Tableau 5.1 montrent qu'avec le Projet 1, nous obtenons des meilleurs résultats de la mesure de similarité, c'est-à-dire, le Projet 1 est plus similaire au projet actuel que le Projet 2. Ainsi donc, dans l'étape de réutilisation des expériences passées, ces expériences capitalisées dans le Projet 1 sur les risques avec une évaluation de criticité rouge ou orange seront analysées avec une priorité plus élevée que pour le Projet 2.

La similarité va nous servir de point de référence pour chercher les risques que nous allons réutiliser. Nous allons voir dans la cartographie de similarité-criticité (cf. section 4.6, page 105) les risques localisés dans les zones critiques (similarité et criticité élevées). Ainsi donc, les risques localisés dans ces zones critiques et qui sont attachés aux objets du Projet 1 seront pris en compte et traités en priorité. Par contre, si nous avons le même risque dans les deux projets avec le même niveau de criticité, les actions de traitement du projet plus similaires au projet actuel seront considérées comme des priorités.

Afin d'avoir une idée de l'évolution des similarités en fonction des différences entre les graphes, nous avons effectué une expérimentation dans laquelle nous comparons un projet (en l'occurrence le projet actuel) avec lui-même, puis avec lui-même en permutant deux valeurs, puis avec lui-même en effectuant deux permutations. . . Nous pouvons remarquer dans la Figure 5.9 que le score maximal (0 permutation) correspond à la valeur 61 ce qui est prévisible puisque cela correspond à la somme du nombre de sommets (objets) pris en compte (29) ajouté au nombre d'interactions correspondantes (32). Nous observons également qu'en introduisant des permutations, le score de similarité diminue ce qui est logique puisque ces permutations éloignent la configuration de celle où la similarité est parfaite. Cette décroissance est rapide jusqu'à un trentaine de permutations, puis on

atteint un plateau correspondant à un score de 12 environ. Cela permet de se rendre compte que l'algorithme proposé est meilleur que ce seuil (le résultat est de 22,2 dans le meilleur des cas, voir résultats dans le tableau 5.1, colonne  $X_{P_a-P_a}$ ), tout en n'atteignant pas la valeur optimale théorique de 61. Nous constatons donc que l'algorithme proposé parvient à donner une valeur de qualité convenable mais encore éloignée de l'optimum.

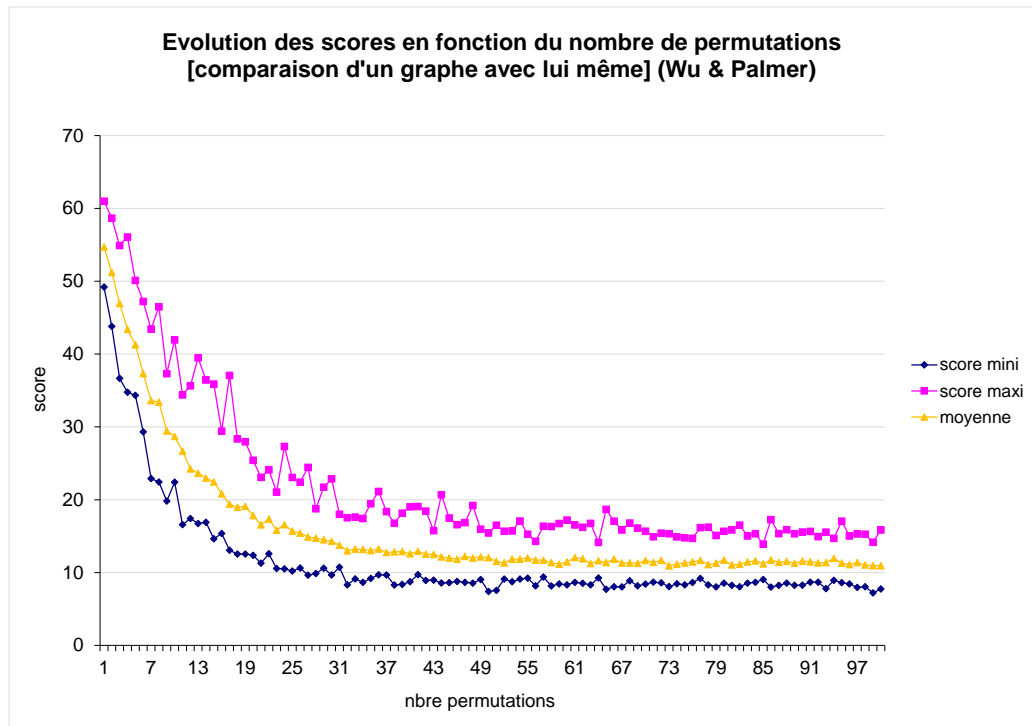


FIGURE 5.9 – Évolution des scores en fonction du nombre de permutations (100 calculs/permutation)

### Étape 3. Sélection des projets passés similaires au projet actuel : réutilisation des expériences des projets passés similaires

Les experts peuvent récupérer des expériences capitalisées pour chaque projet similaire pour reprendre au besoin des façons d'agir et les réutiliser pour conduire l'analyse du projet courant. Cette étape consiste en la récupération des descripteurs des expériences correspondant aux projets similaires, au fur et à mesure que l'expert effectue les processus d'analyse de gestion des risques pour le projet actuel.

L'objectif du système de retour d'expérience est de présenter un premier niveau de classification des descripteurs de l'expérience passée pour assister l'expert dans l'exercice d'identification des risques potentiels. Ce premier niveau de classification ne montre pas la totalité des descripteurs de l'expérience passée, mais l'accès aux éléments ayant servi à l'établir pourra, le cas échéant, être assuré pour des analyses plus approfondies.

Dans le Tableau 5.2, nous illustrons comment, à partir des résultats d'une recherche par similarité, l'utilisateur peut récupérer un Rapport de projets passés similaires « RPPS » (cf. section 4.5, page 104).

Tableau 5.2 – Exemple d'un Rapport de projets passés similaires « RPPS » pour le cas d'application

Projet similaire	Mesure de similarité	Type/étiquette du risque	Ensemble des risques	Criticité du risque	Seuil de tolérance
$P_1$	90%	$R_{61}$ Exécution	Indisponibilité des ressources	3	<b>R</b>
		$R_{73}$ Maintenance des actifs	Défaut de solidité de l'ouvrage après réception	3	<b>R</b>
		$R_{71}$ Exploitation	Matériaux défectueux	2	<b>O</b>
		$R_{93}$ Permis	Remise en cause de permis de construire	1	<b>V</b>
		$R_{61}$ Exécution	Livraison et installation d'équipements	1	<b>V</b>
$P_2$	81%	$R_{61}$ Exécution	Indisponibilité des ressources	3	<b>R</b>
		$R_{93}$ Permis	Remise en cause de permis de construire	3	<b>R</b>
		$R_{71}$ Exploitation	Matériaux défectueux	2	<b>O</b>
		$R_{61}$ Exécution	Livraison et installation d'équipements	1	<b>V</b>

Remarque : V : vert ; R : rouge ; O : orange

Il est important de souligner que la présentation d'expériences est organisée par similarité et criticité décroissantes. Ainsi, l'expert pourra récupérer les expériences passées associées à un risque critique donné. Par exemple, pour le risque « Indisponibilité des ressources », l'expert pourra récupérer les analyses initiales, les traitements associés prévus et les résultats finaux, et ainsi de suite pour les autres risques considérés par l'expert comme des « risques potentiels » pour le projet actuel.

#### Étape 4. Analyse et adaptation des solutions : cartographie de la fréquence des risques critiques

L'ensemble des risques identifiés dans les projets passés similaires (risques avec un seuil de tolérance « R » et « O » dans le Tableau 5.3 ci-dessus) seront le point de départ pour la construction de la base des risques à étudier. L'expert pourra écarter les risques avec une criticité faible et tous ceux qu'il juge non pertinents dans le projet actuel. Dans le cadre de cette analyse, seuls les risques qui ont une évaluation de criticité forte seront pris en considération.

L'objectif dans cette étape est d'assurer une gestion performante de la connaissance impliquée dans la conduite du Management des Risques des projets passés similaires. Ainsi l'expert pourra identifier l'importance ou la pertinence d'un risque critique donné dans les projets passés similaires à partir du calcul de la fréquence d'apparition de ce risque critique dans tous les projets similaires (cf. Figure 5.10). Il pourra, d'autre part, définir



les meilleures stratégies ou actions de traitement (cf. Tableau 5.3) à partir de l'étude des résultats des stratégies de contrôle implémentés dans le passé.

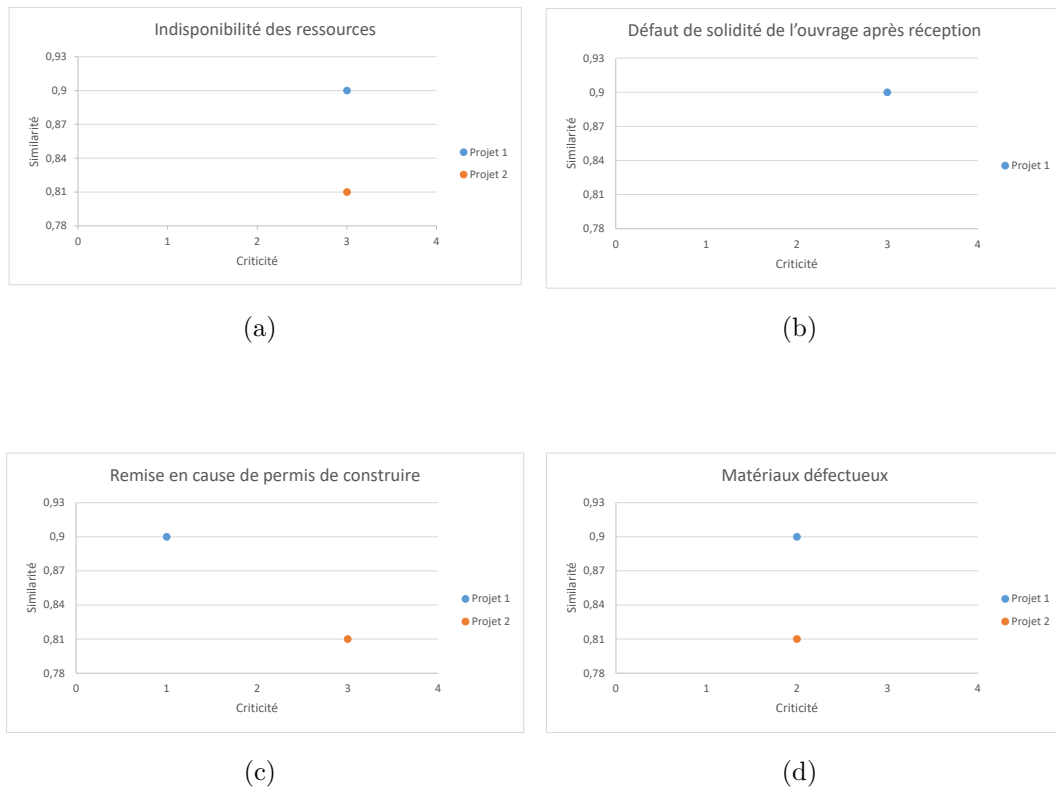


FIGURE 5.10 – Cartographie associée aux risques identifiés dans les projets similaires

Tableau 5.3 – Rapport de projets similaires avec risques critiques *RPSC* pour le cas d'application

Projet Similaire	Risque Critique	Type/étiquette de l'action	Ensemble des actions	Performance des actions	Rapport de l'efficacité
$P_1$	Indisponibilité des ressources	Préventif	$A_1$	0	
		Correctif	$A_2$	1	
		Curatif	$A_3$	1	
	Défaut de solidité de l'ouvrage après réception	Préventif	$A_3$	1	
$P_2$	Indisponibilité des ressources	Préventif	$A_4$	1	
	Remise en cause de permis de construire	Préventif	$A_5$	1	

À partir de la synthèse obtenue, l'expert peut conserver, modifier ou rejeter les connaissances acquises des expériences passées. En prenant en compte le retour d'expériences, l'adaptation et l'implémentation des leçons serviront de base de départ pour les processus de Management des Risques et permettront la bonne conduite du projet actuel.

Les risques récupérés à partir des expériences similaires seront complétés par les nouveaux risques envisagés par l'équipe du projet lors de l'analyse. Ces risques seront caractérisés et capitalisés conformément au modèle *P.A.S.E.* (cf. Chapitre 3).

## 5.4 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons illustré, en prenant pour exemple un projet de construction de bâtiment, la démarche de capitalisation et de réutilisation, proposée afin d'améliorer le processus de management des risques. Nous avons décrit chacune des phases de l'application de la démarche sur cet exemple.

Dans la première partie, nous avons présenté la façon dont un expert peut aborder la représentation du contexte du projet actuel « Construction d'une maison individuelle » via la construction d'un graphe orienté étiqueté et la définition des taxonomies des objets d'un projet.

Dans la deuxième partie, nous avons illustré les résultats des étapes de récupération, d'adaptation et de réutilisation des expériences issues de projets passés similaires capitalisés dans la base d'expériences.

Tout d'abord, nous avons commencé par la définition des variables d'entrée utilisées par l'algorithme pour la recherche des projets similaires au projet actuel. Ensuite, nous avons présenté les résultats obtenus à l'aide de l'algorithme pour la mesure de similarité entre projets. Les résultats de l'algorithme montrent qu'avec la technique développée aujourd'hui, il s'avère très difficile d'atteindre la zone optimale, mais que nous atteignons plutôt une zone de solutions adaptables. Ce point constitue clairement une limite de l'approche proposée et nous proposerons des pistes de solutions en tant que perspectives de ce travail.

Lorsque les projets considérés comme similaires sont retrouvés dans la base d'expériences, il est possible d'identifier des risques potentiels qui pourraient émerger dans le projet actuel, grâce à la mémoire des actions de traitement efficaces et efficientes implémentées, de les transposer dans le nouveau contexte.



# Conclusion générale et perspectives

Dans ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés à l'amélioration de la maîtrise des risques dans les projets par l'utilisation de mécanismes de retour d'expérience. Nous avons ainsi étudié et formalisé une démarche d'aide aux experts en gestion de projet leur permettant d'assurer une anticipation rationnelle des risques dans un projet afin de concevoir et d'organiser des réponses efficaces et d'assurer leur mise en œuvre.

Dans le Chapitre 1, nous avons présenté une étude de la littérature traitant de l'amélioration de la maîtrise des risques dans les projets. Nous avons décrit les domaines centraux pour développer notre proposition dans le but d'appréhender et de mieux comprendre les caractéristiques et la complexité intrinsèque dans les processus de [Management de Projets](#), de [Management des Risques](#) et de [Retour d'expériences](#).

Pour chaque domaine plusieurs méthodologies et travaux ont été proposés. Nous avons structuré notre proposition autour d'approches bien établies que nous avons détaillées.

Pour le [Management de Projets](#), nous avons présenté la méthodologie décrite par le [PMI](#) dans le [PMBOK®](#), où le [MP](#) est conçu comme « l'application de connaissances, de compétences, d'outils et de techniques aux activités du projet afin d'en respecter les exigences et dont l'intégration est accomplie par l'application d'un groupe itératif de processus de démarrage, de planification, d'exécution, de suivi et de clôture ». Nous avons choisi cette méthodologie, d'une part, car elle incorpore le groupe de processus de management de projet dans chacune des phases du cycle de vie du projet afin de mener efficacement le projet jusqu'à son achèvement et, d'autre part, car elle envisage des notions de base de la méthodologie [REx](#) avec le retour d'informations dans les processus de suivi et de contrôle afin de mettre en œuvre des actions correctives et/ou préventives qui permettent de mettre le projet en conformité avec le plan de management du projet.

Pour le [Management des Risques](#), la démarche retenue a été celle que présente l'[Association française de Normalisation \(AFNOR\)](#) dans le référentiel [FD X50-117](#). Cette démarche préconise en effet, des activités liées à la capitalisation de l'expérience pour permettre de mettre au point des solutions en réponse à des problèmes à partir de la consultation des expériences stockées. Bien que le fascicule suggère la constitution d'une base de connaissances sur les risques du projet, la conduite en pratique de cette démarche n'est pas développée dans ce document.

Pour le [Retour d'expériences](#), nous avons repris les travaux de recherche sur le [REx](#) réalisés au [LGP](#) de l'ENI de Tarbes. Nous avons dans un premier temps décrit les principes généraux du retour d'expérience, ainsi que la conceptualisation de l'expérience selon différents auteurs, et la démarche générale du [REx](#) et ses fonctionnalités. L'ensemble de ces notations représente les bases de la construction de l'expérience dans nos travaux.

Nous avons dans un deuxième temps présenté des travaux se situant à l'intersection entre ces domaines clés. Nous avons constaté qu'il existe plusieurs approches concentrées sur l'intersection entre [MP - MR](#), [MP - REx](#) et [MR - REx](#). Néanmoins, nous avons observé que l'on ne trouve que très peu de travaux se situant à l'intersection des trois domaines [MP - MR - REx](#). Ainsi donc, nous avons identifié une opportunité de recherche pour développer une méthode dédiée à la capitalisation, au traitement et à l'exploitation d'expériences dans chacun des processus de gestion de risques dans le but d'améliorer et de favoriser la prise de décision dans les projets.

En vue de traiter cette problématique, nous avons développé dans le [Chapitre 2](#) une proposition de démarche méthodologique pour intégrer un retour d'expérience permettant une identification structurée des risques d'un projet, quelle que soit la nature des risques, et une réutilisation des expériences. Notre proposition a été conçue pour être aussi indépendante que possible du type de projet considéré.

L'approche générale que nous suggérons est fondée, d'une part, sur l'incorporation et la fusion de la base d'expériences et de connaissances avec les domaines clés impliqués concernant la gestion des risques (démarche de la méthodologie) et, d'autre part, sur la présentation d'un modèle conceptualisé de capitalisation des expériences et d'algorithmes de réutilisation (démarche technique, décrite dans les [chapitres 3 et 4](#)). Pour ce faire, nous avons défini cinq étapes principales de la méthodologie subdivisée en différentes activités constitutives : caractérisation du projet, analyse et évaluation des risques, traitement des risques, surveillance du déploiement des actions de maîtrise, mesure de la performance de l'analyse des risques.

Outre la démarche proposée et afin d'améliorer les processus de management des risques dans les projets, nous avons préconisé l'utilisation de taxonomies comme méthode pour contribuer aux processus de management des risques par la définition d'un mécanisme d'étiquetage.

Le [Chapitre 3](#) est consacré à la modélisation des expériences issues des processus de Management des risques d'un projet. À partir des concepts que nous avons identifiés dans la littérature sur la formalisation de l'expérience, nous avons établi un modèle support, nommé « [P.A.S.E.](#) », permettant de caractériser les projets, les risques, les actions de traitement et l'évaluation de la performance dans le but d'améliorer l'identification et la capitalisation des expériences et ainsi faciliter l'exploitation des connaissances par les experts du projet.

Les éléments descripteurs du « contexte du projet » sont les objets qui rassemblent les informations que nous avons identifiées comme essentielles et qui seront soumises

à une évaluation des risques. Ainsi, tout projet devra être contextualisé, par le biais des relations existantes entre le commanditaire, le projet, les objectifs, les clients, les exigences techniques, les livrables, les activités et les ressources. Les types d'interactions entre ces objets peuvent être de composition, de contribution, de séquence, d'influence, d'utilisation et de satisfaction. Sur cette base, nous avons développé un modèle de définition du contexte actuel du projet par l'utilisation des graphes orientés étiquetés. Un tel graphe comprend l'ensemble des objets (ou sommets) du projet, des liens (ou arcs) entre ces objets, des étiquettes d'objets et des étiquettes des liens associant les objets. Nous avons considéré la possibilité d'utiliser des taxonomies pour assigner une étiquette à chaque sommet et à chaque couple de sommets.

Pour ce qui concerne l'« analyse des risques », nous avons défini un modèle conceptuel à partir des concepts clés du processus d'analyse des risques (activités d'identification et de quantification des risques dans la démarche générale de management des risques d'un projet). Ensuite, nous avons présenté en détail les variables utilisées pour capitaliser l'information issue de ces processus d'analyse.

Concernant la définition des éléments descripteurs des « solutions », la démarche utilisée a été la même que pour les descripteurs des risques. Nous avons ici identifié les actions de traitement clés pour le processus de gestion des risques (activité de protection dans la démarche générale de management des risques d'un projet).

Les éléments descripteurs de l'« évaluation » sont ceux qui vont permettre d'identifier des explications possibles des succès ou des échecs d'un projet. Ainsi, cette partie du modèle va correspondre à la définition des indicateurs qui permettent d'évaluer l'efficacité globale du processus de management des risques et l'efficacité plus ciblée des actions de maîtrise.

Chaque descripteur de caractérisation fait ainsi partie des éléments qui vont nous permettre de définir le modèle global de caractérisation de l'expérience, orientant sa capitalisation en vue de leur réutilisation.

Sur la base de ce modèle de capitalisation, nous avons mis en place, dans le Chapitre 4, des mécanismes de réutilisation des expériences capitalisées dans la base d'expériences. L'approche proposée pour l'activité d'identification des projets similaires repose sur la mesure de similarité entre graphes orientés étiquetés. Nous avons sélectionné une technique, initialement utilisée en vue de la résolution de problèmes de reconnaissance de formes et de correspondance en vision par ordinateur, et nous l'avons adaptée à notre besoin. Étant donné la complexité des problèmes d'appariement de graphes, fortement combinatoires, il n'a pas été possible de rechercher des solutions exactes, sauf dans des cas très simples. Pour faire face à cette limitation, deux procédures ont été décrites, l'une portant sur la détermination de la mesure de similarité entre graphes par le biais de la création de matrices d'affinités, l'autre portant sur l'optimisation des résultats de similarité par algorithmes génétiques. Pour la méthode d'évaluation de la correspondance entre graphes orientés étiquetés, nous avons utilisé la mesure de similarité de Wu et Palmer ([Wu et Palmer, 1994](#)).

Une fois établie cette méthode de recherche de projets similaires dans la base d'expériences, nous avons présenté une démarche pour la réutilisation des expériences des projets similaires à partir de la combinaison entre les mesures de similarité et les mesures de criticité des risques. L'objectif général est de proposer ces risques, identifiés comme critiques, pour le projet actuel et, de la même façon, reprendre les actions de traitement efficaces mises en œuvre pour les risques pertinents.

Dans le Chapitre 5, nous avons illustré la modélisation proposée et la méthodologie sur un exemple issu du domaine de la construction de bâtiments. Ce cas d'études couvre l'ensemble des étapes de la démarche proposée et exploitant la méthode de recherche dans la base d'expériences et la réutilisation des expériences passées.

Plusieurs perspectives sont envisagées pour prolonger ce travail :

### **Multi-étiquetage**

La première perspective touche à la représentation du contexte de projet. En effet, nous avons indiqué que, dans nos travaux, chaque entité ne pouvait être étiquetée qu'avec un seul concept. En pratique cela constitue une limitation car il est fréquent de souhaiter étiqueter les objets avec différents concepts par exemple pour exprimer des points de vue multiples sur cet objet. L'étiquetage multiple complexifie naturellement l'ensemble des calculs de similarité entre sommets et entre arcs du graphe de projet et un travail supplémentaire est nécessaire pour élaborer des algorithmes adaptés et performants.

### **Amélioration de l'algorithme de recherche dans les projets antérieurs**

La deuxième perspective concerne l'algorithme de recherche des expériences passées que nous avons proposé. En effet, lors des expérimentations, nous avons constaté que la capacité de discrimination de l'algorithme d'appariement diminuait lorsque la dimension (nombre d'objets) du contexte de projet à prendre en compte augmentait. Cela pourrait conduire, dans le cas de projets de grande taille, à un tassement des similarités tel qu'il serait difficile de déterminer quels projets antérieurs sont les plus pertinents. Afin de prendre en compte cette difficulté potentielle, nous avons pensé qu'il serait intéressant de développer une démarche de recherche dont le spectre augmenterait progressivement. Les premières recherches pourraient être effectuées sur les objets eux-mêmes, sans tenir compte des interactions. Ainsi, il serait possible d'identifier les objets dans des projets passés similaires à un objet du projet courant ce qui pourrait être fait de manière très simple avec une mesure de similarité comme celle proposée par Wu et Palmer ([Wu et Palmer, 1994](#)). Dans un deuxième temps, il serait possible de considérer chaque objet avec son environnement immédiat, c'est-à-dire avec les objets auxquels il est directement connecté par une interaction. L'algorithme que nous avons proposé pourrait alors être utilisé uniquement sur ce sous-ensemble du graphe (et les sous-ensembles des graphes de projets antérieurs centrés sur les objets suffisamment similaires). Nous pensons que cette approche, qui reste à étudier expérimentalement, pourrait apporter de meilleures performances pour les projets complexes.

## Développement logiciel et expérimentation

Une troisième perspective concerne la mise en pratique effective des propositions. En effet, le modèle et les algorithmes sont actuellement intégrés dans un prototype développé en langage Ruby dont l'interface est encore peu ergonomique. Il s'agit en effet de fichiers textes décrivant le modèle et injectés dans le programme Ruby qui effectue les calculs et fournit les résultats sous forme de texte également. Pour envisager une utilisation dans un spectre d'entreprise, il sera indispensable de développer une interface graphique pour la saisie du modèle et l'affichage des résultats. Ces développements permettront, sur un terme plus long, une expérimentation in situ et un retour d'expérience utilisateur qui sera très utile pour améliorer la proposition.





# Glossaire

## A

### Arbre de Défaillance

Cette méthode se nomme en anglais comme *Fault Tree Analysis*. Elle représente l'ensemble des causes et conditions qui peuvent induire à l'apparition de l'événement redouté. [28](#)

### Arbres d'Événements

Appelés aussi Arbre des Conséquences et en anglais *Event Tree Analysis*. [28](#)

## B

### BPEST

(*Political, Economic, Social and Technological Analysis*). L'analyse des ravageurs est une méthodologie basée sur une description détaillée de l'environnement. Elle consiste notamment à analyser les aspects politiques, économiques, sociologiques et technologiques tels que les lois, les règlements, le PIB, la culture, l'innovation technologique, ..., qui auront une incidence directe sur le projet ou le système. Cette méthodologie est bien connue dans le secteur privé car elle aide les entreprises à identifier les opportunités et les menaces cachées sur le marché. [28](#)

## F

### FD X50-115 : 2001

Management de projet - Présentation générale : ce fascicule comprend les concepts, les définitions et les principes essentiels nécessaires à son exercice, indépendamment du type d'organismes, leur secteur d'activité, leur taille, le service rendu ou le produit fabriqué et inclut une bibliographie générale. Il constitue le document d'entrée d'une famille de fascicules de documentation détaillant des thèmes génériques du management de projet.

FD X50-116:2003 - Management par projets - Présentation et recommandations de mise en œuvre.

FD X50-117 : 2003 - Gestion du risque - Management des risques d'un projet.

FD X50-118:2005 - Management de projet - Recommandations pour le management d'un projet.

FD X50-137:2006 - Management de projet - Management des coûts.

FD X 50-138:2006 - Management de projet - Management des délais - Organisation, planification, coordination. [6](#), [8](#)

## G

### Guide PMBOK® : 2014

Guide du Corpus des connaissances en management de projet : ce guide regroupe l'ensemble des connaissances du domaine professionnel du management de projet qui sont généralement reconnues de bonne pratique et qui donnent aux chefs de projet les outils essentiels pour pratiquer le management de projet et délivrer des résultats organisationnels. Il fournit un lexique commun destiné autant aux débats qu'à la rédaction de documents en matière de management de projet, ainsi qu'à son application. [10](#), [24](#), [43](#), [133](#)

## H

### HAZOP (Méthode)

La méthode HAZOP (*HAZard and Operability studies*) consiste en une étude détaillée d'un processus ou d'une opération afin d'identifier d'éventuels écarts par rapport aux conditions normales pouvant causer l'apparition de dangers. Cette méthodologie a été introduite pour la première fois en 1974 et a été utilisée pour évaluer la sécurité dans l'industrie chimique. Plus tard, cette méthodologie a commencé à être utilisée dans des systèmes différents de l'industrie chimique ([Khan et Abbasi, 1998](#)). [28](#)

## N

### Norme ISO 31000 : 2010

Management du risque. Principes et lignes directrices : cette norme internationale fournit des principes et des lignes directrices générales sur le management du risque (tout type de risque). Celui peut être appliqué par toute industrie ou un secteur donné. [12](#), [13](#)

### Norme ISO 9000 : 2015

La série de normes de l'ISO 9000 couvre les divers aspects du management de la qualité. Elles offrent des lignes directrices et des outils aux entreprises et aux organismes qui veulent que leurs produits et services soient constamment en phase avec ce que leurs clients demandent et que la qualité ne cesse de s'améliorer.

ISO 9000:2015 - couvre les notions fondamentales et la terminologie.

ISO 9001:2015 - établit les exigences relatives à un système de management de la qualité.

ISO 9004:2009 - montre comment augmenter l'efficacité et l'efficacéité d'un système de management de la qualité. [6](#)

## P

### PESTEL

L'analyse PESTEL (*Politique, Economique, Sociologique, Technologique, Ecologique, Légal*) est un modèle permettant d'identifier l'influence (positive ou négative) que peuvent exercer, sur une organisation, les facteurs macro-environnementaux. [29](#)

**PRAM**

*Project Risk Analysis and Management guide.* [24](#)

**R****RAMP**

*Risk Analysis and Management for Projects:* est un cadre établi pour l'analyse et la gestion des risques inhérents aux projets. Une caractéristique clé de la structure du processus RAMP est une vision stratégique des projets dans une perspective de modélisation stratégiques et financière qui aidera à la direction au succès d'un projet. [24](#)

**S****SHAMPU**

*Shape, Harness, And Manage Project Uncertainty:* est un cadre générique qui se compose de trois étapes pour évaluer le risque. La première étape comprend la consolidation des informations actuelles du projet ainsi le but de résoudre les incohérences au niveau de la gestion. La deuxième étape détermine la façon de mener l'analyse des risques et exprime les fondements de l'évaluation des risques en définissant et en concentrant le projet. La troisième étape consiste à identifier les problèmes, exploiter les plans en combinant tous les plans d'action, qui comprennent les plans d'urgence pour obtenir un plan stratégique officiel approuvé. [24](#)



# Bibliographie

- AAMODT, A. et PLAZA, E. (1994). Case-based reasoning : Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI communications*, 7(1):39–59.
- ABELS, S., AHLEMANN, F., HAHN, A., HAUSMANN, K. et STRICKMANN, J. (2006). PROMONT - a project management ontology as a reference for virtual project organizations. In *OTM Confederated International Conferences. " On the Move to Meaningful Internet Systems"*, pages 813–823. Springer.
- AFITEP et AFNOR, éditeurs (2010). *Dictionnaire de management de projet : Plus de 1 400 termes français définis et analysés, avec leur équivalent en anglais; table de correspondance Français, Anglais, Allemand; Espagnol; Portugais, Ukrainien, Russe; 15 graphes d'enchaînement des termes*. AFNOR, Saint Denis-La Plaine, 5e éd. édition.
- AFNOR (1999). *Recommandation générale pour la spécification de management de programme*. Fd x 50-410 édition.
- AFNOR (2001). *Management de projet - Présentation générale*. Fd x50-115 édition.
- AFNOR (2002). *Pilotage des processus : une gestion de projet réussie*. AFNOR, Paris. OCLC : 56746010.
- AFNOR (2003). *Management de projet - Gestion du risque - Management des risques d'un projet*. 2 édition.
- AFNOR (2006). *Technique d'analyse de la fiabilité du système - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*. Nf en 60812 édition.
- AFNOR (2010a). *Gestion des risques - Techniques d'évaluation des risques*. France, nf en 31010 édition.
- AFNOR (2010b). *Management du risque - Principes et lignes directrices*. NF ISO 31000, 2 édition.
- AFNOR (2013). *Technologies de l'information - Techniques de sécurité - Gestion des risques liés à la sécurité de l'information*. France, nf iso/cei 27005 édition.
- AL-KHATEEB, B. et TAREQ, W. Z. (2013). Solving 8-Queens Problem by Using Genetic Algorithms, Simulated Annealing, and Randomization Method. In *Developments in eSystems Engineering (DeSE), 2013 Sixth International Conference on*, pages 187–191. IEEE.
- ARGOTE, L. et INGRAM, P. (2000). Knowledge transfer : A basis for competitive advantage in firms. *Organizational behavior and human decision processes*, 82(1):150–169.

- AUXEPAULES, L. (2009). *Analyse des diagrammes de l'apprenant dans un EIAH pour la modélisation orientée objet-Le système ACDC*. Thèse de doctorat, Université du Maine.
- BALMISSE, G. (2005). *Guide des outils du knowledge management : panorama, choix et mise en oeuvre*. Collection Entreprendre informatique. Vuibert, Paris.
- BALMISSE, G. (2006). Outil du KM Panorama, choix et mise en oeuvre Seconde édition actualisée. *Knowledge consult*.
- BARTLETT, J. (2007). *Project risk analysis and management guide : PRAM*. APM Publishing, Buckinghamshire, 2 édition. OCLC : 845196000.
- BERGMANN, R. (2002). *Experience Management : Foundations, Development Methodology, and Internet-based Applications*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- BERTIN, A. (2012). *Intégration d'un système de Retour d'Expériences à un PLM*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France.
- BERTIN, A., NOYES, D. et CLERMONT, P. (2012). Problem solving methods as Lessons Learned System instrumentation into a PLM tool. *In Information Control Problems in Manufacturing*, volume 14, pages 1141–1146.
- BOTERO LOPEZ, J. D. (2014). *Gestion des risques par retour d'expérience dans le processus de réponse à appel d'offres*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France.
- BRUN-MAGUET, H. et AFNOR (2002). *Management du risque : approche globale*. AFNOR, Saint Denis La Plaine, France. OCLC : 300721651.
- CARAYANNIS, E. G., KWAK, Y.-H. et ANBARI, F. T. (2005). *The story of managing projects : an interdisciplinary approach*. Greenwood Publishing Group.
- CARR, M., KONDA, S., MONARCH, I. et ULRICH, C. (1993). Taxonomy-Based Risk Identification. Technical Report CMU/SEI-93-TR-6. ESC-TR-93-183.
- CEBULA, J. L. et YOUNG, L. R. (2010). A taxonomy of operational cyber security risks. Rapport technique, DTIC Document.
- CELA, E. (2013). *The quadratic assignment problem : theory and algorithms*, volume 1. Springer Science & Business Media.
- CHAMPCLAUX, Y. (2009). *Un modèle de recherche d'information basé sur les graphes et les similarités structurelles pour l'amélioration du processus de recherche d'information*. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier-Toulouse III.
- CHAPMAN, C. B. et WARD, S. (2003). *Project risk management : processes, techniques, and insights*. Wiley, Hoboken, NJ, 2nd ed édition.
- CHATZKEL, J. L. (2003). *Knowledge capital : how knowledge-based enterprises really get built*. Oxford University Press, Oxford ; New York.
- CHAUVEAU, E. (2006). *Management des risques dans les projets et les processus logiciel*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1.
- CHEBEL-MORELLO, B. (2008). Définition d'un modèle générique des systèmes de retour d'expérience en entreprise. Paris.

- CHEVALLET, R., BARADAT, D. et MARTIN, C. (2010). *Réussir un projet de conception et d'aménagement de bâtiments en PME : l'enjeu des conditions de travail*. Anact.
- CHOUCHANI, I. (2010). Utilisation d'un algorithme génétique pour la composition de service web. Rapport technique, Université du Québec, Montréal.
- CHRISTELLE, P., VILLEPELET, S., INSTITUT FRANÇAIS DES AUDITEURS CONSULTANTS INTERNES, PRICEWATERHOUSECOOPERS et LANDWELL & ASSOCIÉS (2005). *Le management des risques de l'entreprise cadre de référence, techniques d'application : COSO II report*. Éd. d'Organisation ; [Diffusion] Numilog, Paris ; Bagnaux. OCLC : 690408425.
- CLELAND, D. L. et GAREIS, R. (2006). *Global Project Management Handbook : Planning, Organizing and Controlling International Projects, (Handbook)*. McGraw-Hill Professional.
- CORDIER, A. et FUCHS, B. (2005). Un assistant pour la conception et le développement des systèmes de RàPC. *Actes du 13ème atelier de raisonnement à partir de cas (RàPC'05), Nice, 27*.
- COURTOT, H. (1998). *La gestion des risques dans les projets*. Collection Gestion. Série Production et techniques quantitatives appliquées à la gestion. Economica, Paris.
- CRAWFORD, L. (2007). Global body of project management knowledge and standards. *The Wiley guide to project organization & project management competencies*, pages 206–252.
- CRÉPIN, D., PERNIN, F. et ROBIN, R. J. (2013). *Résolution de problèmes : méthodes, outils, retours d'expérience*. Eyrolles, Paris. OCLC : 870964194.
- DAVENPORT, T. H. et PRUSAK, L. (2000). *Working Knowledge*. Harvard Business Review Press, Boston, Mass, 2nd edition édition.
- DAVID, O., LOVING, A. B., PALMER, J. D., CIATTAGLIA, S. et FRICONNEAU, J. P. (2005). Operational experience feedback in JET Remote Handling. *Fusion Engineering and Design*, 75–79:519–523.
- DE MEYER, A., LOCH, C. H. et PICH, M. T. (2002). Managing project uncertainty : From variation to chaos. *Mit Sloan Management Review*, 43(2):60–+. WOS :000173375300015.
- DESROCHES, A., LEROY, A. et VALLÉE, F. (2003). *La gestion des risques : principes et pratiques*. Hermès Science Publications : Lavoisier, Paris. OCLC : 60172392.
- DESTORS, M. et NOBLANC, M.-C. (2001). *Le management de projets avec Microsoft Project & Project Central*. Microsoft Press, Les Ulis [Essonne. OCLC : 47886470.
- DEUS (2007). *Méthodologie de retour d'expérience pour les événements sanitaires ou à impact sanitaire*. Direction générale de la Santé (DGS). République française, 1 édition.
- DIONNE, G. (2013). Gestion des risques : histoire, définition et critique. *Cahier de recherche/Working Paper*, 13:01.
- DRURY, C. (1992). Decision-making under conditions of risk and uncertainty. *In Management and Cost Accounting*, pages 319–352. Springer.



- DUFFIELD, S. et WHITTY, S. J. (2015). Developing a systemic lessons learned knowledge model for organisational learning through projects. *International Journal of Project Management*, 33(2):311–324.
- DUFFIELD, S. et WHITTY, S. J. (2016). How to apply the Systemic Lessons Learned Knowledge model to wire an organisation for the capability of storytelling. *International Journal of Project Management*, 34(3):429–443.
- ERMINE, J.-L. (2008). *Management et ingénierie des connaissances. Modèles et méthodes*. Hermes-Lavoisier.
- ESTÈVE, M. (2012). *Comprendre la planification de projet*. Innovaxion, Isle. OCLC : 804990865.
- EYNARD, B. (2004). *Gestion dynamique des connaissances industrielles*. Hermès sciences : Lavoisier, Paris. OCLC : 77099354. p 45-59.
- FARHAN, A. S., TAREQ, W. Z. et AWAD, F. H. (2015). Solving N Queen Problem using Genetic Algorithm. *International Journal of Computer Applications*, 122(12).
- FIRESMITH, D. G. (2005). A taxonomy of security-related requirements. In *International Workshop on High Assurance Systems (RHAS'05)*. Citeseer.
- FLANAGAN, R., KENDELL, A., NORMAN, G. et ROBINSON, G. (1987). Life cycle costing and risk management. *Construction Management and Economics*, 5(4):S53–S71.
- FUMEY, M. (2001). *Méthode d'Évaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- GALISSON, R. et COSTE, D. (1976). *Dictionnaire de didactique des langues : la conception de l'ensemble de l'ouvrage*. Paris : Hachette.
- GALLAGHER, B. P., CASE, P. J., CREEL, R. C., KUSHNER, S. et WILLIAMS, R. C. (2005). A taxonomy of operational risks. Technical Report CMU/SEI-2005-TN-036, Software Engineering Institute.
- GIDEL, T. et ZONGHERO, W. (2006). *Management de projet : Tome 1, Introduction et fondamentaux*. Collection Finance, gestion, management. Hermes Science Publications.
- GIUDICI, J., VERVLLET, N. et GAUTIER, R. (2010). Exploitation du retour d'expérience : application au management des risques des projets d'innovation. *Journal International des Sciences de l'Information et de la Communication*.
- GODÉ, C. et LEBRATY, J.-F. (2015). Experience feedback as an enabler of coordination : An aerobic military team case. *Scandinavian Journal of Management*, 31(3): 424–436.
- GOURC, D. (2006). *Vers un modèle général du risque pour le pilotage et la conduite des activités de biens et de services : Propositions pour une conduite des projets et une gestion des risques intégrées*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT.
- GRAY, C. F. et LARSON, E. W. (2014). *Project management : the managerial process*. McGraw Hill, 6 édition.

- GRAY, C. F., LARSON, E. W. et LANGEVIN, Y. (2007). *Management de projet*. Dunod, Paris, 1 édition.
- GUENOUNOU, O. (2009). *Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique- application à un bioprocédé*. Thèse de doctorat, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- HAN, W.-M. et HUANG, S.-J. (2007). An empirical analysis of risk components and performance on software projects. *Journal of Systems and Software*, 80(1):42–50.
- HARRINGTON, S. E. et NIEHAUS, G. (2004). *Risk management and insurance*. McGraw-Hill/Irwin series in finance, insurance, and real estate. McGraw-Hill, Boston, Mass, 2nd ed édition.
- HARTMANN, A. et DORÉE, A. (2015). Learning between projects : More than sending messages in bottles. *International Journal of Project Management*, 33(2):341–351.
- HUBBARD, D. W. (2009). *The failure of risk management : Why it's broken and how to fix it*. John Wiley & Sons.
- ICE et IFA (2014). *RAMP. Risk analysis and management for projects : a strategic framework for managing project risk and its financial implications*. ICE Publishing, 3 édition. OCLC : 885519241.
- IRSN (2014). Faire du REX aujourd'hui : Pourquoi? Comment? - Repères pour un retour d'expérience événementiel source d'apprentissages. Rapport technique PSN-SRDS/2014-00019.
- ISO (2009). *Risk management–Vocabulary*. Fd iso guide 73 édition.
- ISO (2012). *Lignes directrices sur le management de projet*. Nf iso 21500 édition.
- ISO (2015). *Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire*. Iso 9000 édition.
- JABROUNI, H. (2012). *Exploitation des connaissances issues des processus de retour d'expérience industriels*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- JANCOURT, D. et SIMART, M. (2016). *Le management par projets*. Dunod.
- JOCELYN, S., CHINNIAH, Y. et OUALI, M.-S. (2016). Contribution of dynamic experience feedback to the quantitative estimation of risks for preventing accidents : A proposed methodology for machinery safety. *Safety Science*, 88:64–75.
- JULLIEN, J. P. (1995). Manuel du management des risques dans un programme d'armement. *DGA, juin*.
- KENDALL, R. P., POST, D. E., CARVER, J. C., HENDERSON, D. B. et FISHER, D. A. (2007). A proposed taxonomy for software development risks for high-performance computing (HPC) scientific/engineering applications. Rapport technique, DTIC Document.
- KERZNER, H. (2013). *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- KETIKIDIS, P. H., LENNY KOH, S., GUNASEKARAN, A., CUCCHIELLA, F. et GASTALDI, M. (2006). Risk management in supply chain : a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(6):700–720.

- KHAC, K. V. (2016). *Théorie abstraite des graphes en vue d'optimisations concrètes*. Connaissances et Savoirs, 1 édition. Google-Books-ID : HVMNDQAAQBAJ.
- KHAN, F. I. et ABBASI, S. (1998). Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. *Journal of loss Prevention in the Process Industries*, 11(4):261–277.
- KOLODNER, J. (2014). *Case-based reasoning*. Morgan Kaufmann.
- KUBICKI, S. (2006). *Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments. Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération*. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré-Nancy I.
- LARSON, E. et GRAY, C. (2013). *Project Management : The Managerial Process with MS Project*. McGraw-Hill/Irwin, 6 edition édition.
- LEAKE, D. B. (1996). *Case-Based Reasoning : Experiences, Lessons and Future Directions*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1st édition.
- LEDOUX, É. (2000). *Projets architecturaux dans le secteur sanitaire et social : du bâtiment au projet : la contribution des ergonomes à l'instruction des choix*. Thèse de doctorat, CNAM.
- LIN, D. (1998). An information theoretic definition of similarity. In *ICML*, volume 98, pages 296–304. Citeseer.
- LIPOL, L. S. et HAQ, J. (2011). Risk analysis method : FMEA/FMECA in the organizations. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, 11(05):74–82.
- MANOTAS NIÑO, V., CLERMONT, P. et GENESTE, L. (2014). A review of methodologies and tools for project risk management. Guayaquil, Ecuador.
- MARIANI, C. (2012). *Risk analysis in take-off procedure with electronic flight bag*. Thèse de doctorat, Politecnico di Milano.
- MARLE, F. (2002). *Modèles d'information et méthodes pour aider à la prise de décision en management de projets*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale Paris.
- MARTIN, P. (2012). Review of NASA's Lessons Learned Information System. Audit Report IG-12-012, Office of Inspector General.
- MATTA, N. (2004). Ingénierie des connaissances en conception pour la mémoire de projets. Rapport HdR, Université de Technologie de Compiègne.
- MAZOUNI, M. H. (2008). *Pour une meilleure approche du management des risques : de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL.
- MEILING, J. (2010). *Continuous improvement and experience feedback in off-site construction timber-framed module prefabrication*. Thèse de doctorat, Luleå University of Technology.
- MORAIS, S. (2016). *Study and obtention of exact, and approximation, algorithms and heuristics for a mesh partitioning problem under memory constraints*. Theses, Université Paris Saclay.

- MORTUREUX, Y. (2002). Arbres de défaillance, des causes et d'événement. *Techniques de l'ingénieur. Sécurité et gestion des risques*.
- MUNERA, D., DIAZ, D. et ABREU, S. (2016). Solving the quadratic assignment problem with cooperative parallel extremal optimization. *In European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*, pages 251–266. Springer.
- PATANAKUL, P., SHENHAR, A. J. et MILOSEVIC, D. Z. (2012). How project strategy is used in project management : Cases of new product development and software development projects. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(3): 391–414.
- PELLE, S. (2005). Géomatique : La théorie des graphes, cours ingénieur 1ère année. *Ecole nationale des sciences géographiques, Marne, 79p*.
- PEUPORTIER, B. (2008). *Eco-conception des bâtiments et des quartiers*. Les Presses MINES ParisTech.
- PMI (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge : PMBOK Guide*. Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, 5th edition édition.
- PMI (2014). *Guide du corpus des connaissances en management de projet*. Project Management Institute, 5 édition.
- PRAX, J.-Y. (2003). Le manuel du knowledge management(une approche de 2 ème génération). *Collection Stratégies et management*.
- QUÉBEC, I. (2014). La gestion des risques dans les grands projets d'infrastructure publique. Guide méthodologique.
- RAKOTO, H. (2004). *Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels Application à Alstom Transport*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes.
- RAKOTO, H., CLERMONT, P. et GENESTE, L. (2002). Elaboration and exploitation of lessons learned. *In Intelligent Information Processing*, pages 297–300. Springer.
- RAMIREZ, N. G. (2009). *Contribution à l'amélioration des processus à travers la mesure de la maturité de projet : application à l'automobile*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale Paris.
- RAPALA, K. (2011). Moving From Retrospective to Prospective Management of Risk. *Nursing economics*, pages 211–214.
- RAZ, T. et HILLSON, D. (2005). A comparative review of risk management standards. *Risk Management*, 7(4):53–66.
- RENAUD, J., BONJOUR, E., MORELLO, B. C., FUCHS, B. et MATTA, N. (2008). *Retour et capitalisation d'expérience : Outils et démarches*. AFNOR, Saint-Denis-La Plaine (Seine-Saint-Denis).
- RESNIK, P. (2011). Semantic Similarity in a Taxonomy : An Information-Based Measure and its Application to Problems of Ambiguity in Natural Language. *arXiv :1105.5444 [cs]*. arXiv : 1105.5444.
- REVUELTA, R. (2004). Operational experience feedback in the World Association of Nuclear Operators (WANO). *Journal of Hazardous Materials*, 111(1–3):67–71.

- ROSTAMI, A. (2016). Tools and Techniques in Risk Identification : A Research within SMEs in the UK Construction Industry. *Universal Journal of Management*, 4(4):203–210.
- RUPERT JR, G. et OTHERS (2012). *Simultaneous statistical inference*. Springer Science & Business Media.
- SHENHAR, A., RENIER, J. et WIDEMAN, M. (2001). Project Management : From Genesis to Content to Classification.
- SIENOU, A. (2009). *Proposition d'un cadre méthodologique pour le management intégré des risques et des processus d'entreprise*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.
- SOLNON, C. (2010). *Optimisation par colonies de fourmis*, volume 1. Lavoisier S.A.S.
- SONI, N. et KUMAR, T. (2014). Study of various mutation operators in genetic algorithms. *IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(3):4519–4521.
- SONOU, M. et ABRIC, S. (2010). Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest. *ARID, FAO, IWMI, BM, UE, FIDA*, 139p.
- SORLIN, S. (2006). *Mesurer la similarité de graphes*. Thèse de Doctorat en Informatique, Université Claude Bernard Lyon I. Thèse encadrée par Christine Solnon et Mohand-Saïd Hacid Ecole doctorale : EDIIS.
- SORLIN, S., CHAMPIN, P.-A. et SOLNON, C. (2003). Mesurer la similarité de graphes étiquetés.
- SORLIN, S. et SOLNON, C. (2005). *Similarité de graphes : une mesure générique et un algorithme tabou réactif*. RJCIA.
- STAL-LE CARDINAL, J., GIORDANO, J.-L. et GILLES, T. (2014). *Les retours d'expérience du projet : Réduire les risques, augmenter les performances collectives*. AFNOR. p. 8-13.
- STOESSEL, C. (2010). *Décisions risquées et organisations à risques : autonomie au travail et reconnaissance sociale dans la conduite d'une industrie de process*. Thèse de doctorat, Conservatoire national des arts et métiers-CNAM.
- THÉNOT, A. (2007). *Modèles de données pour l'appréhension et la gestion des risques à Nouakchott (Mauritanie)-Une capitale contre vents et marées*. Thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne-Paris I.
- TIXIER, J., DUSSERRE, G., SALVI, O. et GASTON, D. (2002). Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15(4):291–303.
- TRÉMEAUX, J.-M. et ADAMO, J.-M. (2005). Algorithmes génétiques pour l'identification structurelle des réseaux bayésiens. *Rapport de stage de Master Recherche en Informatique Spécialité Extraction de Connaissances à partir des Données Année, 2006*.
- TSG (2014). Chaos. Rapport technique, Standish Group Report.

- VAN HEIJST, G., Van der SPEK, R. et KRUIZINGA, E. (1996). Organizing corporate memories.
- VAN WASSENHOVE, W. (2004). *Définition et opérationnalisation d'une Organisation Apprenante (OA) à l'aide du retour d'expérience : application à la gestion des alertes sanitaires liées à l'alimentation*. Thèse de doctorat, ENGREF (AgroParisTech).
- VAN WASSENHOVE, W. et GARBOLINO, E. (2008). *Retour d'expérience et prévention des risques : principes et méthodes*. Lavoisier. Google-Books-ID : 9e9gAQAAQBAJ.
- VIDAL, L.-A., MARLE, F. et BOCQUET, J.-C. (2007). Modelling project complexity. In *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED*, volume 7, pages 1–10.
- VILLENEUVE, É. (2012). *Hybridation des retours d'expérience statistique et cognitif pour l'évaluation des risques. Application à la déconstruction des avions*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- VILLEVAL, P. et LAVIGNE-DELVILLE, P. (2004). *Capitalisation d'expériences... expérience de capitalisations : comment passer de la volonté à l'action ?* Groupe Initiatives, 1 édition.
- WEBER, R., AHA, D. W. et BECERRA-FERNANDEZ, I. (2001). Intelligent lessons learned systems. *Expert systems with applications*, 20(1):17–34.
- WEBER, R., AHA, D. W., MUÑOZ-ÁVILA, H. et BRESLOW, L. A. (2000). Active Delivery for Lessons Learned Systems. In BLANZIERI, E. et PORTINALE, L., éditeurs : *Advances in Case-Based Reasoning*, numéro 1898 de Lecture Notes in Computer Science, pages 322–334. Springer Berlin Heidelberg.
- WU, Z. et PALMER, M. (1994). Verbs semantics and lexical selection. In *Proceedings of the 32nd annual meeting on Association for Computational Linguistics*, pages 133–138. Association for Computational Linguistics.
- ZARGAYOUNA, H. et SALOTTI, S. (2004). Mesure de similarité dans une ontologie pour l'indexation sémantique de documents XML. In *15èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances*, pages 249–260. Presses universitaires de Grenoble.
- ZHOU, F. (2014). *Spatial, Temporal and Spatio-Temporal Correspondence for Computer Vision Problems*. Thèse de doctorat, Carnegie Mellon University.
- ZHOU, F. et De la TORRE, F. (2012). Factorized graph matching. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 Conference on IEEE*, pages 127–134. IEEE.







# Annexe 1 - Matrice d'évaluation des risques

Tableau 5.4 – Niveau d'impact selon différentes normes

Def Stan 00-56 (1991)	MIL-STD 882C (1993)	NF F 00-101 (1993)	NIST 800-30 (2002)	FD X 50-117 (2003)	PMBOK (2004)	NF EN 60812 (2006)	NF EN 62198 (2014)
<i>Catastrophic</i>	<i>Catastrophic (I)</i>	Catastrophique (IV)	<i>High</i>	Catastrophique (4)	Très élevé (0,80)	Catastrophique (IV)	5
<i>Multiple deaths</i>	<i>Death, system loss, or severe environmental damage</i>	Un événement à conséquences catastrophiques provoque une ou plusieurs pertes humaines, dans lequel la ou les victimes n'ont pas d'autres actions que celles auxquelles on peut légitimement s'attendre	<i>Exercise of the vulnerability (1) may result in the highly costly loss of major tangible assets or resources; (2) may significantly violate, harm, or impede an organization's mission, reputation, or interest; or (3) may result in human death or serious injury</i>	Coût : Dépassement > 50% Délai : retard avec impact sur l'exploitation commerciale Performance : exploitation du matériel impossible	Coût : augmentation > 40% Délais : augmentation >20% Contenu : produit final du projet inutilisable Qualité : produit final du projet inutilisable	Un modèle de défaillance qui peut potentiellement provoquer la défaillance des fonctions primaires du système et par conséquent entraîner de sérieux dommages au système et à son environnement et/ou des blessures humaines	Personnes : plusieurs morts ou invalidités totales Environnement : effet de masse Financier : perte ou gain direct > \$10 millions Réputation : impact international
<i>Critical</i>	<i>Critical (II)</i>	Critiques (III)	<i>Medium</i>	Majeure (3)	Élevé (0,40)	Critique (III)	4
<i>A single death; and/or multiple severe injuries or severe occupational illnesses</i>	<i>Severe injury, severe occupational illness, major system or environmental damage</i>	Soit un événement qui provoque pertes humaines, dans lequel les victimes ont réalisé d'autres actions que celles auxquelles on peut légitimement s'attendre et qui conduit à l'accident; Soit un événement qui provoque des blessures graves ou une incapacité grave et permanente Soit un événement entraînant un endommagement notable du système ou de son environnement	<i>Exercise of the vulnerability (1) may result in the costly loss of tangible assets or resources; (2) may violate, harm, or impede an organization's mission, reputation, or interest; or (3) may result in human injury</i>	Coût : Dépassement > 20% Délai : phasage impacté avec retard de livraison du matériel Performance : nécessité d'effectuer des modifications de conception de matériel	Coût : augmentation 20-40% Délais : augmentation 10-20% Contenu : inacceptable pour le commanditaire Qualité : inacceptable pour le commanditaire	Un mode de défaillance pouvant potentiellement provoquer la défaillance des fonctions primaires du système entraînant des dommages considérables au système et à son environnement, mais ne constitue pas une menace sérieuse de blessures ou menace pour la vie	Personnes : un seul mort ou une seule personne en invalidité totale Environnement : principal effet Financier : perte ou gain direct de \$500 mil à \$10 millions Réputation : impact au niveau national
<i>Marginal</i>	<i>Marginal (III)</i>	Significatives (II)	<i>Low</i>	Significative (2)	Modéré (0,20)	Marginal (II)	3
<i>A single severe injury or occupational illness; and/or multiple minor injuries or minor occupational illnesses</i>	<i>Minor injury, minor occupational illness, or minor system or environmental damage</i>	Soit un événement qui provoque des blessures légères de personne(s) dans la ou les victimes n'ont pas réalisé d'autres que celles auxquelles on peut légitimement s'attendre	<i>Exercise of the vulnerability (1) may result in the loss of some tangible assets or resources or (2) may noticeably affect an organization's mission, reputation, or interest</i>	Coût : Dépassement entre 10 à 20% Délai : phasage impacté sans retard de livraison du matériel Performance : nécessité de faire des maintenances rapprochées	Coût : augmentation 10-20% Délais : augmentation 5-10% Contenu : impact sur des domaines majeurs Qualité : baisse de qualité exigeant l'approbation du commanditaire	Un mode de défaillance pouvant potentiellement dégrader l'aptitude du système sans dommages appréciable au système ou menace de blessure fatale	Personnes : blessures importantes ou effets sur la santé Environnement : effet localisé Financier : perte ou gain direct de \$100 mil à \$500 mil Réputation : impact considérable
<i>Negligible</i>	<i>Negligible (IV)</i>	Mineures ou nulles (I)		Négligeable ou sans impact (1)	Faible (0,10)	Insignifiant (I)	2
<i>At most a single minor injury or minor occupational illness</i>	<i>Less than minor injury, occupational illness, or less than minor system or environmental damage</i>	Soit un événement qui provoque des blessures légères de personne(s) dans la ou les victimes ont réalisé d'autres que celles auxquelles on peut légitimement s'attendre et qui ont conduit à l'accident Soit un événement qui ne provoque ni blessure, ni endommagement notable du système ni conséquences sur son environnement		Coût : Dépassement < 10% Délai : pas de retard significatif sur le planning Performance : pas d'impact sur l'exploitation	Coût : augmentation >10% Délais : augmentation >5% Contenu : impact des domaines mineurs Qualité : impact uniquement sur des applications très exigeantes	Un mode de défaillance pouvant potentiellement dégrader les fonctions du système mais ne provoquant pas de dommage au système et ne constituant pas une menace de blessures ou une menace pour la vie	Personnes : blessures ou effets sur la santé mineurs Environnement : pollution mineure Financier : perte ou gain direct de \$10 mil à \$100 mil Réputation : impact limité
					Très faible (0,05)		1
					Coût : augmentation non significative Délais : augmentation non significative Contenu : réduction à peine décelable Qualité : dégradation de la qualité à peine décelable		Personnes : blessures légères ou effets sur la santé peu importants Environnement : effet peu important Financier : perte ou gain inférieur à \$10 mil Réputation : impact peu important

Tableau 5.5 – Échelles de probabilité d'occurrence d'un événement selon différents normes

Def Stan 00-56 (1991)	MIL-STD 882C (1993)	NF F 00-101 (1993)	NIST 800-30 (2002)	FD X 50-117 (2003)	PMBOK (2014)	NF EN 60812 (2006)	NF EN 62198 (2014)
<b>Frequent</b>	<b>Frequent (A)</b>	<b>Fréquent (A)</b>	<b>High</b>	<b>Fortement probable (4)</b>	<b>Presque certain</b>	<b>Fréquente (5)</b>	<b>A</b>
<i>Likely to occur often</i>	<i>Item : likely to occur frequently Fleet : continuously experienced.</i>	L'événement est susceptible d'apparaître de nombreuses fois au cours de la vie du système	<i>The threat-source is highly motivated and sufficiently capable, and controls to prevent the vulnerability from being exercised are ineffective.</i>	Supérieur à 9 chances sur 10 dans la durée du projet	$P \geq 0,9$	$P_i \geq 0,2$	La conséquence a de fortes chances de se produire, ou peut se produire tous les mois
<b>Probable</b>	<b>Probable (B)</b>	<b>Probable (B)</b>	<b>Medium</b>	<b>Probable (3)</b>	<b>Probable</b>	<b>Probable (4)</b>	<b>B</b>
<i>Likely to occur many times</i>	<i>Item : will occur several times in the life of an item. Fleet : will occur frequently.</i>	L'événement est susceptible d'apparaître quelques fois au cours de la vie du système.	<i>The threat-source is motivated and capable, but controls are in place that may impede successful exercise of the vulnerability.</i>	Supérieur à 1 chance sur 2 dans la durée du projet	$0,5 < p \leq 0,7$	$0,1 \leq P_i < 0,2$	Prépondérance des probabilités ou peut se produire tous les ans
<b>Occasional</b>	<b>Occasional (C)</b>	<b>Occasionnel (C)</b>	<b>Low</b>	<b>Très peu probable (2)</b>	<b>Possible</b>	<b>Occasionnelle (3)</b>	<b>C</b>
<i>Likely to occur sometimes</i>	<i>Item : likely to occur some time in the life of an item. Fleet : will occur several times.</i>	L'événement est susceptible d'apparaître au moins une fois au cours de la vie du système.	<i>The threat-source lacks motivation or capability, or controls are in place to prevent, or at least significantly impede, the vulnerability from being exercised.</i>	Inférieur à 1 chance sur 2 dans la durée du projet	$0,3 < p \leq 0,5$	$0,01 \leq P_i < 0,1$	Peut se produire sous peu, mais présente une probabilité de ne pas se produire, ou peut se produire tous les 2 à 10 ans
<b>Rare</b>	<b>Remote (D)</b>	<b>Rare (D)</b>		<b>Improbable (1)</b>	<b>Peu probable</b>	<b>Éloigné (2)</b>	<b>D</b>
<i>Unlikely to occur</i>	<i>Item : unlikely but possible to occur in the life of an item. Fleet : unlikely but can reasonably be expected to occur.</i>	L'événement est susceptible d'apparaître une fois au cours de la vie du système, mais le risque d'apparition pendant la vie du système est extrêmement faible		Inférieur à 1 chance sur 10 dans la durée du projet	$0,1 < p \leq 0,3$	$0,001 \leq P_i < 0,01$	Peut se produire, mais n'a pas été anticipé ou peut se produire tous les 11 à 50 ans
<b>Improbable</b>	<b>Improbable (E)</b>	<b>Improbable (E)</b>			<b>Très Peu probable</b>	<b>Improbable (1)</b>	<b>E</b>
<i>Very unlikely to occur</i>	<i>Item : so unlikely, it can be assumed occurrence may not be experienced. Fleet : unlikely to occur, but possible.</i>	L'événement est très peu probable mais le risque d'apparition pendant la vie du système n'est pas nul			$p \leq 0,1$	$0 \leq P_i < 0,001$	L'occurrence implique des circonstances exceptionnelles. Exceptionnellement peu probable, même dans le long terme. Se produit moins d'une fois tous les 50 ans
<b>Incredible</b>		<b>Extrêmement improbable (F)</b>					
<i>Extremely unlikely to occur</i>		L'événement est si peu probable que le risque d'apparition pendant la vie du système peut être considéré comme nul					

$P$  : probabilité,  $P_i$  : Probabilité d'apparition

Tableau 5.6 – Niveau de criticité selon différentes normes

Def Stan 00-56 (1991)	MIL-STD 882C (1993)	NIST 800-30 (2002)	FD X 50-117 (2003)	PMBOK (2004)	NF EN 60812 (2006)	NF EN 62198 (2014)
<i>Unacceptable</i>	(1-5)	<i>High</i>	Inacceptables (> 6)	Forte	Intorérable	Élevée
<i>Can not be tolerated (unable to be signed off) - unless there are exceptional reasons for the activity to take place.</i>	<i>Unacceptable</i>	<i>If an observation or finding is evaluated as a high risk, there is a strong need for corrective measures. An existing system may continue to operate, but a corrective action plan must be put in place as soon as possible.</i>	Appelés également critiques ou majeurs, sont ceux pour lesquels la direction de projet estime que l'on ne peut pas continuer le projet sans enclencher des actions de sécurisation du projet envers ce risque	Une menace entre 0,18 - 0,72, le risque est annoté comme élevé pour l'objectif	Risque élevé	Si les contrôles ne sont pas totalement satisfaisants, prendre des mesures visant à les améliorer ou réduire le risque à moyen ou un niveau inférieur
<i>Tolerable</i>	(6-9)	<i>Medium</i>	À surveiller (4 au 6)	Modérée	Indésirable	Moyenne
<i>Can be tolerated. (Can be signed off from an ALARP perspective.)</i>	<i>Undesirable (managing activity decision required)</i>	<i>If an observation is rated as medium risk, corrective actions are needed and a plan must be developed to incorporate these actions within a reasonable period of time.</i>	Appelés également moyens, sont ceux pour lesquels la direction de projet estime qu'ils doivent faire l'objet d'une réévaluation par une autre méthode que celle utilisée initialement	Une menace entre 0,06 - 0,14, le risque est annoté comme modéré pour l'objectif	Mode de défaillance 1 a une criticité plus élevée que le mode de défaillance 2	Plan de traitement du risque en liaison avec le plan du projet
<i>Broadly Acceptable</i>	(10-17)	<i>Low</i>	Acceptables (< 6)	Faible	Tolérable	Basse
<i>Can be tolerated. (Can be signed off from an ALARP perspective.)</i>	<i>Acceptable with review by managing activity</i>	<i>If an observation is described as low risk, the system's must determine whether corrective actions are still required or decide to accept the risk.</i>	Appelés également mineurs au secondaires, sont ceux pour lesquels la direction de projet estime que l'on peut continuer le projet sans enclencher des actions de sécurisation du projet envers ce risque	Une menace entre 0,01 - 0,05, le risque est annoté comme faible pour l'objectif	Mode de défaillance 2 a une sévérité plus élevée	Plan en liaison avec toutes les autres priorités. Requiert toujours une attention particulière
	(18-20)				Négligeable	
	<i>Acceptable with review</i>				Risque faible	



## Résumé

Nous proposons une méthodologie d'amélioration de l'efficacité d'un système de Management des Risques qui comporte des propositions sur la collecte et le stockage et la réutilisation des expériences (projets déjà réalisés).

Nous définissons un modèle permettant de caractériser les projets, les risques et les expériences en vue du repérage, de la capitalisation et de l'exploitation des connaissances. La modélisation de ces éléments permet aussi de disposer d'une structuration facilitant une lecture plus rapide du projet ou de ses processus.

Du point de vue de la recherche des expériences antérieures, nous définissons, d'une part, un algorithme de recherche des expériences similaires fondé sur les comparaisons entre des graphes étiquetés orientés. Cela consiste en l'établissement d'une correspondance entre deux graphes (le graphe 1 étant le contexte du projet actuel et le graphe 2 le contexte d'un projet passé enregistré sous forme d'expérience) par une factorisation par paire de la matrice d'affinité qui découple la structure des sommets et des arcs similaires (Zhou et De la Torre, 2012).

D'autre part, un algorithme pour trouver la correspondance optimale entre ces graphes, de sorte que la somme de la compatibilité des sommets et des arcs soit maximisée. Pour ce faire, nous avons utilisé un algorithme génétique.

Enfin, nous proposons une démarche d'exploitation des expériences passées similaires. De cette manière nous pouvons obtenir un ensemble de risques associés à ces objets similaires afin d'alimenter le système d'aide à la décision dans la gestion du projet.

**Mots clés :** Gestion de risques, gestion de projets, retour d'expérience, similarité,

## Abstract

In order to improve Project Risk Management and to reinforce its effectiveness, the managers of the project should reuse the experiences and the good practices acquired in previous projects. The Experience Management constitutes an important source of knowledge to reduce the levels of uncertainty and thus the risks in the projects.

The methodologies for Experience Management have thus become truly recognized in many companies. However, these companies were often satisfied to collect information at the end of the project by thinking that would be enough to generate knowledge necessary to improve their performance. Unfortunately, the capitalization of these experiments is traditionally a static stage at the close of the project, which simply allows the capture of some events memorized by the implied experts. Moreover, capitalized information is difficult to reuse directly in a new-risk analysis.

Our efforts focused on developing a methodology to improve the Risk Management Process in Projects using an Experience Management System and thus contribute to the logic of continuous improvement.

The proposed approach is based on a knowledge-based system that enables the development of key competencies such as problem solving, collective decision-making, reflection, learning and prospective capacity. The proposed model is based on the study of the contribution of three central fields : Projects Management, Risks Management and the Experience Management. The singularity of our work lies in the fact of integrating a mechanism back from experiment explicitly uninterrupted in order to improve the performance of the processes of risk management in the projects.

We propose to implement a knowledge-based modeling approach based on Experience management. We define a model to characterize projects, risks and experiences for the identification, capitalization and exploitation of knowledge. The modeling of these elements also makes it possible to have a structuring facilitating a faster reading of the project or its processes.

Therefore, we have developed a model which allows us to represent the key elements used during the risk management process and thus to facilitate the capitalization of the experiments and the research of previous similar experiences. That then makes it possible to standardize and improve the risk management approach. From the point of view of the search for previous experiences, we define, on the one hand, an algorithm of research of similar experiments founded on the comparisons between directed labeled graphs. That consists of the establishment of a correspondence between two graphs (graph 1 being context of the current project and graph 2 context of the last project recorded in the form of experiment) by a pairwise factorization of the affinity matrix, which decouples the structure of nodes and similar arcs (Zhou and Of Torre, 2012).

On the other hand, an algorithm to find the optimal correspondence between these graphs, so that the sum of the compatibility of the nodes and the arcs is maximized. With this intention, we used a genetic algorithm.

Lastly, we propose an approach of exploitation of similar last experiences. In this manner, we can obtain a set of risks associated with these similar objects in order to feed the assistance system with the decision in the management of the project.

**Keywords :** Risk management, projet management, Lesson Learned, similarity,