

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	11
CHAPITRE 1 : GESTION DU RISQUE.....	18
1.1. NOTION DE RISQUE.....	18
1.1.1. Définition.....	18
1.1.2. Classification.....	19
1.2. GENERALITES SUR LA GESTION DU RISQUE.....	20
1.2.1. Définition.....	20
1.2.2. Classification.....	20
1.2.3. Gestion du risque classique.....	21
1.3. GESTION DU RISQUE D'ENTREPRISE.....	22
1.3.1. Bases théoriques.....	22
1.3.2. Schéma général du processus GRE.....	25
1.3.3. Remarques.....	27
1.4. PROBLEMATIQUES DE GESTION DU RISQUE DANS LES PME.....	28
CHAPITRE 2 : GESTION ET REPRESENTATION DE LA CONNAISSANCE.....	30
2.1. GESTION DES CONNAISSANCES.....	30
2.1.1. Notion de connaissance.....	30
2.1.2. Fondamentaux de la gestion des connaissances.....	32
2.1.3. Systèmes de gestion des connaissances.....	34
2.2. REPRESENTATION DES CONNAISSANCES.....	38
2.2.1. Généralités.....	38
2.2.2. Sélection d'un formalisme de représentation.....	39
2.2.3. Graphes conceptuels.....	44
CHAPITRE 3 : SYSTEME DE GRE PROPOSE.....	53
3.1. PARADIGME DE CONCEPTION.....	53

3.2.	CADRE MODULAIRE OPTIONNEL SEQUENCIEL.....	57
3.2.1.	Fondations & Contextes.....	59
3.2.2.	Modélisation & Appréciation.....	60
3.2.3.	Réponse & Traitement.....	61
3.2.4.	Monitoring & Révision.....	62
3.2.5.	Communication & Information.....	63
3.3.	METHODOLOGIE DES COMPOSANTES AU CŒUR DU SYSTEME DE GRE.....	63
3.3.1.	Module 1: Nomination des parties prenantes d'un comité aux risques.....	64
3.3.2.	Module 2: Caractérisation de la terminologie commune.....	65
3.3.3.	Module 3: Caractérisation du contexte stratégique.....	65
3.3.4.	Module 4: Caractérisation du contexte opérationnel.....	66
3.3.5.	Module 5: Formulation des stratégies opérationnelles.....	67
3.3.6.	Module 6: Identification des risques.....	67
3.3.7.	Module 7: Modélisation de la représentation des risques.....	69
3.3.8.	Module 8 : Normalisation de la représentation des risques.....	70
3.3.9.	Module 9 : Mise en place des portefeuilles de risques.....	75
3.3.10.	Module 10 : Analyse et mesure des risques.....	76
3.3.11.	Module 11: Modélisation de la caractérisation du risque.....	78
3.3.12.	Module 12: Normalisation de la caractérisation des risques.....	81
3.3.13.	Module 13: Capacité de risque et profilage.....	81
3.3.14.	Module 14: Évaluation stratégique du risque.....	82
3.3.15.	Module 15: Modélisation de la réponse au risque.....	83
3.3.16.	Module 16: Identification des options de réponse.....	86
3.3.17.	Module 17: Analyse des options de réponse.....	87
3.3.18.	Module 18: Formulation du plan de traitement.....	88
3.3.19.	Module 19: Evaluation des plans de traitement.....	89
3.3.20.	Module 20: Mise en œuvre de la réponse/traitement.....	89
3.4.	METHODOLOGIE DES COMPOSANTES DE SUPPORT.....	89
	CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....	91
4.1.	CONTEXTE GENERAL.....	91
4.2.	ARCHITECTURE DU CADRE.....	93
4.3.	METHODOLOGIE.....	93
4.3.1.	Inter-connectivité des risques.....	94

4.3.2.	Cohérence.....	95
4.3.3.	Alignement stratégique	95
4.4.	SYNTHESE DES PRINCIPALES CONTRIBUTIONS.....	96
4.5.	LIMITES DU SYSTEME PROPOSE.....	97
CHAPITRE 5 : CONCEPTION DU SYSTEME DE GESTION DES CONNAISSANCES.....		98
5.1.	PRINCIPE DE CONCEPTION.....	98
5.2.	MODELISATION EN GRAPHE CONCEPTUEL.....	101
5.2.1.	Canon adapté au system de GRE proposé.....	101
5.2.2.	Extension du formalisme proposé : requêtes de recherche sur les instances des graphes conceptuels.....	108
5.2.3.	Exemples illustratifs.....	111
5.3.	ARCHITECTURE GLOBALE DE LA PLATEFORME WEB	113
5.3.1.	Front end	113
5.3.2.	Back end.....	114
CONCLUSION GENERALE		116
REFERENCES.....		118
ANNEXE		127

Liste des figures

Figure 1. Schéma général du processus GRE déduit d'une synthèse de la littérature (Bensaada et Taghezout, 2019).....	26
Figure 2. Cadre avancé de prise de décision basé sur le web (Karacapilidis, 2006).....	37
Figure 3. Les différents niveaux de formalisme et d'engagement sémantique en représentation des connaissances (Marcheix Loraine, 2008)	43
Figure 4. Représentation simplifiée des connaissances de la phase de description environnementale d'un processus de GRE au moyen d'un graphe conceptuel.	51
Figure 5. Représentation simplifiée de la connaissance de la phase d'évaluation des risques d'un processus de GRE au moyen d'un graphe conceptuel pour les deux risques de la figure précédente.....	52
Figure 6. Cadre MOS proposé correspondant au composantes cœur du processus synthétisé de GRE : (a) « Fondations & Contextes » ; (b) « Modélisation & Appréciation » et (c) « Réponse & Traitement » (Bensaada & Taghezout, 2019).	58
Figure 7. Illustration schématique de la représentation du risque finale de bas niveau du premier exemple selon la méthodologie proposée (étape 4).	72
Figure 8. Illustration schématique de la représentation du risque finale de bas niveau du deuxième exemple selon la méthodologie proposée (étape 4).	74
Figure 9. Hiérarchie des concepts	106
Figure 10. Hiérarchie des relations.....	107
Figure 11. Illustration partielle d'une vue haut niveau sur la base des faits de définition des risques.....	111
Figure 12. Illustration partielle d'une vue bas niveau sur un fait de représentation d'un risque.....	111
Figure 13. Exemple N°1 de resultats retournés par une requête dans le cadre de l'instanciation des faits exposés dans les figures 11 et 12.....	112
Figure 14. Exemple N°2 de resultats retournés par une requête dans le cadre de l'instanciation des faits exposés dans les figures 11 et 12.....	112

Liste des tableaux

Tableau 1. Eléments clés de tout processus de GR déduits d'une analyse comparative de la littérature.	23
Tableau 2. Références sources du tableau 1 et codes correspondants.....	24
Tableau 3. Principales sources GRE de la littérature.	25
Tableau 4. Perspectives de la connaissance et leurs implications (adapté de (Alavi & Leidner, 2001))	31
Tableau 5. Taxonomies de la connaissance et exemples (Alavi & Leidner, 2001).	32
Tableau 6. Importantes contributions à la GC (adapté de (Anand & Singh, 2011))......	33
Tableau 7. Comparaison critique de différentes approches (Anand & Singh, 2011).....	35
Tableau 8. Spécifications du design concernant les besoins des PME et principes de conception correspondants du cadre et de la méthodologie	54
Tableau 9. Normalisation pas a pas de la représentation des risques du premier exemple jusqu'à l'étape 3.....	72
Tableau 10. Normalisation par étapes de la représentation des risques du deuxième exemple jusqu'à l'étape 3.....	73
Tableau 11. Dimensions d'analyse, exemples d'échelles de mesure qualitatives et possibles alternatives quantitatives	77
Tableau 12. Analyse comparative des contextes généraux de différentes approches.	92
Tableau 13. Analyse comparative de différentes architectures de cadres.....	93
Tableau 14. Analyse comparative des principaux enjeux de la GRE abordés par différentes méthodologies.	94
Tableau 15. Spécifications du SGC.....	99
Tableau 16. Composants de la plateforme web mis en jeu dans l'implémentation de chaque module.....	114
Tableau 17. Répartition des services par composant de la plateforme web.....	115

INTRODUCTION GENERALE

Les activités entrepreneuriales sont associées à des risques pouvant conduire à des problèmes plus ou moins graves et engendrer des pertes importantes s'ils ne sont pas pris en compte dans le cadre d'un processus approprié de gestion du risque (GR). Ainsi, la GR est considérée, de plus en plus, comme un facteur majeur dans la capacité des petites et moyennes entreprises (PME) à survivre (Brustbauer, 2016; Gao, Sung, & Zhang, 2011; Gates, Nicolas, & Walker, 2012) et à croître (Ping & Muthuveloo, 2015; Verbano & Venturini, 2013).

Les PME forment le groupe de firmes prédominant dans le monde entier et, en particulier dans les pays en développement, leur prospérité est considérée comme hautement stratégique (Karungu & Rwigema, 1999; Smit & Watkins, 2012). En effet, elles jouent un rôle fondamental dans la société d'un point de vue aussi bien économique que social, en assurant croissance et emploi. Elles sont néanmoins caractérisées par des contraintes structurelles et de ressources qui les rendent encore plus sensibles aux risques que les grandes entreprises. Confrontées à des menaces internes et externes similaires, elles manquent par contre de moyens pour réagir efficacement (Falkner & Hiebl, 2015; Smit & Watkins, 2012; Verbano & Venturini, 2013). Par ailleurs, dans la mesure où, dans tous les cas, l'appréciation et l'administration des risques sont faits au moins de manière implicite (Falkner & Hiebl, 2015; Gao et al., 2011), il serait préférable d'accomplir ces tâches plus efficacement et effectivement par le biais d'un processus proactif et formel de GR. Les principaux bénéfices devraient être: une sensibilité accrue aux risques et une amélioration de la prise de décision opérationnelle et stratégique (Islam, Tedford, & Haemmerle, 2008; Smit & Watkins, 2012).

CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

À l'heure actuelle, il n'y a toujours pas assez de données documentaires disponibles pour profiler avec précision la prééminence de la GR dans les PME. En fait, elle varie considérablement en fonction de facteurs clés tels que la structure de la propriété de l'entreprise ainsi que son secteur et sa taille (Paape & Speklé, 2012; Ping & Muthuveloo, 2015). Cependant, elle est considérée comme globalement plutôt insuffisante (Brustbauer, 2016; Falkner & Hiebl,

2015; Verbano & Venturini, 2013). Par ailleurs, il a été confirmé que lorsque des propriétaires-dirigeants de PME déploient des techniques de GR pour faire face aux risques auxquels leurs entreprises pourraient être confrontées, ils le font généralement de manière réactive et inefficace (Spinellis, Kokolakis, & Gritzalis, 1999).

PROBLEMATIQUE

Cette situation regrettable d'engagement déficient des PME dans la GR peut également être corrélée à une série de difficultés rencontrées lors de sa mise en œuvre (Falkner & Hiebl, 2015; Gao et al., 2011; Islam et al., 2008; Smit & Watkins, 2012; Verbano & Venturini, 2013). Tout d'abord, au-delà de l'aspect financier, les PME manquent souvent de capacités adéquates pour soutenir facilement et efficacement l'activité de GR, notamment un personnel qualifié ainsi que des mécanismes et infrastructures organisationnels fiables. Également, l'inadéquation de la formation, due au taux élevé de rotation du personnel dans de nombreux secteurs, et certains effets négatifs de la psychologie des employés, tels que la résistance au changement et la réticence envers la GR (Agarwal & Ansell, 2016), sont souvent des freins puissants.

Ensuite, bien que certaines solutions de GR simples à utiliser et accessibles aux non-professionnels (pour faire baisser les coûts) soient disponibles dans la littérature (Davidson & Lambert, 2004; Henschel, 2009), elles sont généralement trop spécialisées pour induire une bonne utilisation systématique de la GR ainsi que sa large diffusion parmi les PME. En effet, cet état de fait a une incidence négative sur la facilité et le coût en temps d'apprentissage lorsque plusieurs solutions sont combinées pour couvrir l'ensemble des besoins d'une entreprise donnée.

Enfin, des disparités importantes concernant les approches, conceptions et mises en œuvre de la GR subsistent dans la littérature spécialisée. Elles conduisent parfois à de graves divergences au sujet de concepts fondamentaux (Aven & Zio, 2014) et donc à des difficultés de compréhension, voire carrément un manque de compréhension fiable. Par exemple, sous le générique GR, une revue de la littérature en donne une définition très large (Verbano & Venturini, 2013), alors qu'elle est limitée au traitement du risque dans une autre (Falkner & Hiebl, 2015).

En fait, il n'existe pas encore de consensus général au sujet de la catégorisation des différentes approches de la GR. Par exemple, elles peuvent être classées en fonction du type de risque, de la partie du processus de GR qui est abordée, du champ ou même du courant de recherche de la GR (Haimès, 2018; Kanitsorn & Dessalegn, 2011; Ritchie & Brindley, 2007;

Thekdi & Aven, 2018; Verbano & Venturini, 2013; Zio, 2018). Cependant, sur la base d'un macro-critère défini ici comme le "champ d'application", il est possible de procéder à leur séparation en types soit très généraux (universels) soit plus restreints (spécifiques). Les premières font référence à des directives générales qui doivent ensuite être adaptées à un cas particulier (Choo & Goh, 2015; Davidson & Lambert, 2004), mais sont souvent trop vagues pour qu'un non-spécialiste puisse les mettre en œuvre sans aucun problème. Les dernières dépendent du contexte du business (cas, domaine, secteur ou fonction) et/ou de la phase du processus de GR et fournissent souvent des directives, avec des instructions plus ou moins détaillées, qui peuvent parfois être utilisées directement même par un non-expert (Islam et al., 2008; Marcelino-sádaba, Pérez-ezcurdia, Echeverría, & Villanueva, 2013). Il est important de noter ici que dans la suite de cette thèse, les travaux s'insérant dans la première catégorie sont appelés 'cadres', tandis que ceux appartenant à la seconde sont nommés 'méthodologies'.

Sur un autre registre, le point de vue que les risques constituent une menace néglige le fait qu'ils peuvent aussi être considérés comme une opportunité à travers l'acquisition d'une expertise dans leur gestion et sa valorisation. Bien que l'évitement ou la réduction au minimum restent des stratégies légitimes pour faire face à certains risques, des entreprises peuvent à certains moments en échanger, conserver et rechercher activement d'autres en raison de la confiance dans leur capacité à les exploiter. Une meilleure information étant disponible, elle permet de mieux évaluer le coût d'un risque, et éventuellement conclure qu'il serait plus opportun de ne pas le traiter. On se rend de plus en plus compte que le risque n'est pas complètement évitable et que, en fait, une prise de risque informée est souvent un moyen d'obtenir un avantage concurrentiel (CAS - ERM Committee, 2003).

Par conséquent, les risques et ce qui s'y rattache constituent un domaine de connaissance et doit être géré comme tel. Ainsi, un système d'aide à la GR devrait être conçu plus généralement comme un système de gestion des connaissances (GC) englobant un volet sur les risques. La GR devrait également accommoder les principes de la GC pour être en mesure de dépasser cette vue négative et réductrice du risque, et ce malgré les difficultés supplémentaires induites.

OBJECTIF

Sur la base de ce qui précède, il est apparu intéressant et utile de tenter de soutenir les PME pour l'emploi et la mise en œuvre de la GR. Cette thèse traite la problématique de la GR

dans les PME avec comme objectif final l'élaboration d'un système informatique basé sur la connaissance et spécialement conçu pour assister les PME tout au long du processus de GR. Il devra, par exemple, contribuer à détecter les situations à risque et donner des recommandations aux PME. Il s'agira principalement de fournir un instrument collaboratif d'aide à la décision, faisant appel à des services Web. Le cœur de ce dispositif devra être établi conformément à un système à base de connaissances (représentation et moteur de raisonnement) qui serait lui-même conçu sur la base d'un processus de GR.

Pour ce faire, une première approche a été envisagée (Bensaada, Taghezout, Bensalah, & Baba-hamed, 2015) et a fait l'objet d'une communication (voir annexe). Toutefois, elle est finalement apparue inadaptée et les raisons de sa subséquente disqualification sont brièvement décrites ici. Il s'agissait de concevoir un système d'assistance informatique basé sur les méthodes de GR disponibles dans la littérature et le rendre plus facilement accessible aux PME. Malheureusement, cette voie a abouti à une impasse car il n'existe pas encore de solutions véritablement adaptées aux PME. En effet, comme mentionné précédemment, soit ce sont des cadres trop généraux (et alors la PME aurait sûrement d'importantes difficultés juste pour commencer l'implémentation de la GR et serait par la suite accablée par son fonctionnement), soit ce sont des méthodologies trop spécialisées et spécifiques (ce qui pourrait valider la démarche mais dans un champ d'application extrêmement étroit, au mieux comprenant seulement un certain type de PME), rendant inadéquat et particulièrement inefficace l'effort fourni.

TRAVAUX ET CONTRIBUTIONS MAJEURES

Par conséquent, la démarche finalement retenue dans cette thèse se focalise plutôt sur un développement approprié, conceptuel, de la GR pour la rendre plus accessible et adaptée aux PME, le cœur du travail étant la conception d'une solution adéquate de GR imbriquée à un système de GC comme base de construction d'un futur système d'assistance informatique. Pour atteindre ces objectifs, l'étape préliminaire repose sur la détermination des principes fondamentaux soutenant leur réalisation effective.

Dans ce contexte, les résultats de l'étude bibliographique entreprise ont permis d'écarter la GR dite classique ou traditionnelle (Razali & Tahir, 2011; Verbano & Venturini, 2013) caractérisée par sa division en un certain nombre de processus indépendants, appelés silos, directement liés aux différentes unités fonctionnelles de l'entreprise (Liebenberg & Hoyt, 2003). Effectivement, cette conceptualisation présente certaines limites intrinsèques (Razali & Tahir, 2011). Essentiellement, elle pourrait conduire à une mauvaise représentation de l'exposition au

risque pour les raisons principales suivantes: premièrement, le manque de cohérence lors de la combinaison de divers constituants de la GR pour obtenir une couverture complète des phases de la GR et fonctions de l'entreprise; deuxièmement, la négligence de l'inter-connectivité des risques et troisièmement, la perte d'une perspective stratégique globale.

Au vu de toutes ces carences, un effort de recherche de plus en plus important a été entrepris ces deux dernières décennies (Razali & Tahir, 2011). Il a culminé dans l'émergence d'un courant de recherche, le plus complet et le plus universel à ce jour, pour effectuer, de manière cohérente, une GR holistique. Il prend en compte toutes les vulnérabilités, susceptibles de nuire au bon déroulement des activités de l'entreprise et à ses objectifs, et intègre la GR dans les divers processus ainsi que dans la stratégie globale et les principes d'organisation (Bromiley, Mcshane, Nair, & Rustambekov, 2014).

Bien que non encore complètement bien établie (Mikes & Kaplan, 2015), cette approche est le plus souvent connue sous le nom de «gestion du risque d'entreprise» (GRE) et est promue par des cadres de référence internationaux, les plus connus étant (COSO, 2004) et (ISO, 2009). Elle s'est avérée bénéfique pour la compétitivité des entreprises (Clarke & Varma, 1999) grâce à l'amélioration de la gouvernance (Frigo & Anderson, 2011) comme de la performance (Gates et al., 2012; Ping & Muthuveloo, 2015), ainsi qu'à l'efficacité de l'information et du positionnement stratégique (Kleffner, Lee, & McGannon, 2003).

La mise en œuvre de la GRE devrait, dans l'absolu, être utile aux PME d'autant plus qu'elle remédie structurellement aux faiblesses de la GR classique en raison de sa vision globale. En effet, les PME manquant généralement de connaissances en matière de GR sont très susceptibles de commettre les erreurs induites par la GR classique. En outre, la GRE s'emploie à promouvoir auprès de tous les employés, une nouvelle culture de risque bénéfique à l'entreprise (Agarwal & Ansell, 2016).

En dépit de toutes ces avancées notables, de nombreuses entreprises n'ont pas encore effectué la transition vers la GRE car cela constitue un défi pour la plupart d'entre elles en raison de l'augmentation de la complexité. En particulier, il s'agit de modifier ou d'introduire de manière cohérente et étroitement imbriquée plusieurs constituants de GR. Par conséquent, cela pourrait aboutir à une mise en œuvre partielle ou, pire encore, à un échec complet si cela était fait de façon inappropriée (Gates et al., 2012; Paape & Speklé, 2012).

La problématique de la mise en œuvre de la GRE est fortement accentuée pour les PME en raison des moyens limités et/ou inadéquats pouvant être affectés à cette tâche. De plus, il existe peu de travaux liés à la GRE dans les PME (Brustbauer, 2016). Et, encore plus significatif,

ils présentent les inconvénients d'être, premièrement, rarement totalement conformes à la GRE et, deuxièmement, soit simples à mettre en œuvre (Henschel, 2009; Zhao, Hwang, & Low, 2016), soit universels dans leur champ d'application (Lark, 2015), mais jamais les deux simultanément. Dans ce contexte, il est observé dans la littérature une absence frustrante de stratégies satisfaisantes de GRE (Falkner & Hiebl, 2015; Verbano & Venturini, 2013).

À ce stade, il convient de noter qu'il n'existe pas de définition standardisée de l'expression PME car elle varie en fonction de différents critères. Les plus couramment utilisés sont le chiffre d'affaire annuel et le nombre d'employés (Altman, Gabriele, & Nicholas, 2008). Toutefois, en ce qui concerne cette thèse, la définition la plus appropriée se réfère à toute entreprise qui ne peut se permettre une GRE sur mesure, généralement très coûteuse et nécessitant l'aide de professionnels pour sa conception et mise en œuvre. Par conséquent, l'un des principaux objectifs de ce travail est de fournir une telle stratégie de GRE, convenable pour n'importe quelle PME, dans le sens décrit ci-dessus. Cela soulève la question centrale de savoir comment développer des solutions de GRE pour les PME qui soient pratiques et en même temps capables de se répandre largement parmi elles. L'hypothèse de travail émise est que la solution réside dans la conception elle-même d'une solution GRE pratique et universelle, mais forcée à rester suffisamment simple pour pouvoir être généralisée en tant que pratique standard. Cette idée de l'adéquation à un large éventail d'entreprises devrait non seulement stimuler une meilleure diffusion parmi les PME, promouvant des compétences générales en matière de GRE, mais également permettre aux mécanismes de GRE de se développer progressivement et avec souplesse, au fur et à mesure que l'entreprise croît, éventuellement.

Pour tenter de surmonter de manière concomitante tous les obstacles exposés précédemment, une approche novatrice qui vise la GRE pour les PME a dû être élaborée en premier. Elle consiste en un paradigme de conception inédit dont l'idée centrale repose sur la conception même d'une solution holistique autonome agrégeant un cadre simplifié et une méthodologie personnalisable. Ensuite, un système dual (cadre/méthodologie) pratique et de type GRE a été développé en tant qu'application de cette stratégie. Il comprend à la fois un cadre modulaire, optionnel et séquentiel (MOS) et une méthodologie appariée, directive mais également adaptable au contexte et au niveau souhaité de profondeur de la mise en œuvre.

Cette solution a été conçue dans le but de promouvoir une mise en œuvre de la GR par les propriétaires/dirigeants de PME, généralement sans aucune expertise en GR, de manière satisfaisante, simple et consistante, afin que des décisions de GR appropriées et cohérentes puissent être prises facilement et efficacement. Pour répondre à l'ensemble de ces exigences, le

cœur de l'approche s'appuie sur trois contraintes (ou principes) essentielles: la simplicité d'utilisation, la conformité à la GRE et l'adaptabilité. La première se traduit par la décomposition des directives générales d'un cadre de GRE en un processus directif régi par des activités modulaires claires et restreintes. En ce qui concerne la seconde, les constituants et les principes de GRE sont pris en compte autant que possible. Enfin, pour la troisième, l'approche est rendue aveugle par rapport aux méthodes d'appréciation du risque, ce qui permet d'utiliser n'importe laquelle selon les besoins.

ORGANISATION DE LA THESE

L'introduction générale présente la problématique à laquelle cette thèse tente de répondre ainsi que l'argumentaire (intérêt et hypothèse) et les objectifs de la solution envisagée.

Dans le premier chapitre, premièrement, les fondements théoriques, les principes et constituants principaux du processus de GRE, établis à partir d'une synthèse d'une étude bibliographique, sont exposés. Deuxièmement, un aperçu des enjeux majeurs de la GR dans les PME, et que notre approche tente de résoudre, est présenté.

Le chapitre 2, dans lequel l'accent est mis sur la représentation des connaissances et les systèmes informatiques de la GC, est consacré à cette dernière.

Ensuite, le design et la solution proposée de GRE pour les PME sont décrits dans le chapitre 3. En premier, le paradigme de conception du système qui a été développé est expliqué avec argumentation à l'appui. Puis, le cadre MOS est présenté, suivi d'une description détaillée de la méthodologie associée. Dans la partie consacrée à la méthodologie, une attention particulière est portée sur les phases nécessaires à la définition (représentation et caractérisation) des risques, l'objectif principal étant de mettre en évidence les modèles de représentation et de caractérisation des risques développés, cet aspect étant fondamental pour la mise en place de la GRE sur des bases solides et sans lesquelles tout le processus serait susceptible d'échouer.

Le chapitre 4 présente une discussion étayée par une comparaison avec des travaux représentatifs de la littérature, permettant de mettre en lumière les contributions majeures ainsi que quelques limitations concernant le travail décrit dans le chapitre 3.

Enfin, le chapitre 5 contient la modélisation du système à base de connaissances, ses principales fonctions et son architecture Web préconisée, en phase avec le paradigme de design du système de GRE proposé.

Une conclusion générale clôture le document en suggérant quelques perspectives de recherche.

CHAPITRE 1 : GESTION DU RISQUE

La GR a pour objectif essentiel de protéger les actifs et les bénéfices d'une organisation. Sa mise en œuvre s'opère en une série d'étapes qui comprend principalement: l'identification et la signalisation des risques; la mesure et l'évaluation de l'exposition et, enfin, sa réduction ou son élimination afin de limiter les pertes qui pourraient survenir.

Ce chapitre présente l'état de l'art de la GR. Après avoir introduit la notion de risque, la GR et ses fondements sont exposés selon une perspective chronologique, en mettant en exergue ses faiblesses, pour ensuite traiter la GRE qui représente actuellement l'option la plus avancée dans le domaine. Enfin, les défis majeurs associés à la GR dans les PME sont relevés.

1.1. NOTION DE RISQUE

1.1.1. Définition

La signification intuitive du risque diffère généralement d'une personne à l'autre en fonction de son point de vue, de ses attitudes et de son expérience, ce qui rend l'étude du risque assez complexe (Wisseem & Ahmed, 2013). Ces questions sont très subjectives pour chaque individu. Par exemple un conducteur de voiture de course a une autre perception du risque dans le trafic automobile normal que celle d'une vieille dame (Bijl & Hamann, 2002). C'est un concept qui reste diversement compris, représenté, identifié, estimé, interprété, perçu, évalué, maîtrisé et géré (Mazouni, 2008).

Les risques techniques, liés au calendrier, aux coûts et à la gestion sont quelques exemples de ce que le risque peut décrire dans des projets techniques. Sous d'autres aspects, on peut également trouver des risques politiques, environnementaux ou financiers. Ils sont généralement liés à la planification et à la gestion des différentes activités et fonctions de l'entreprise, telles que la production, le marketing et les ventes.

Ainsi, il existe de nombreuses définitions du risque plus ou moins génériques (Bijl & Hamann, 2002; Wisseem & Ahmed, 2013). En ce qui concerne cette thèse, la définition (ISO, 2009) a été sélectionnée car elle est courte, simple et relativement complète: le risque est «l'effet

de l'incertitude sur les objectifs». Un effet est un écart par rapport à l'attendu (positif et/ou négatif). L'incertitude est l'état, même partiel, de carence d'informations relatives à la compréhension ou la connaissance d'un événement. Les objectifs peuvent avoir différents aspects (tels que financiers, de sécurité et environnementaux) et peuvent s'appliquer à différents niveaux (tels que stratégie, organisation globale, projet, produit et processus).

1.1.2. Classification

Les différences de perception du concept de risque peuvent conduire à des identifications de risques différentes. Effectivement, il est impossible de trouver une classification commune (type de risques) dans la littérature. Il est ainsi plus difficile de classer les risques que de les définir, et ce pour 2 raisons principales.

- L'inter-connectivité des risques représente un premier défi majeur. En effet, différents types de risques peuvent être fortement liés. Par exemple, la probabilité qu'un capteur ne réponde pas à ses exigences pendant les tests constitue un risque technique, mais l'une des conséquences pourrait être un dépassement du calendrier, il s'agit donc également d'un risque de planning (Bijl & Hamann, 2002).
- L'angle d'attaque, le caractère subjectif du risque et la façon dont on l'aborde en termes de nature (stratégique, opérationnel, financier...), d'envergure (macro, micro) ou de complexité, constituent le deuxième obstacle.

Par conséquent, l'appréciation des risques, sujette à interprétations, peut paradoxalement être considérée comme un risque en soi et cela constitue un problème épineux. Cependant, il existe dans la littérature certains types de risques très redondants, complets et bien compartimentés. Par exemple, les chercheurs reconnaissent une macro-classification des risques en deux catégories principales: le risque pur ou statique, qui ne cause que des dommages, et le risque spéculatif ou dynamique, qui peut causer des dommages ou des opportunités de revenus (Sokolov, Yusupov, Saint, & Ivanov, 2015; Verbano & Venturini, 2013). Toujours négatif, le premier est généralement inattendu car déterminé par des événements imprévus. Le deuxième est typiquement entrepreneurial; par exemple, un investissement qui n'a pas généré de profit.

Il convient de noter que, traditionnellement, le risque est considéré comme quelque chose de négatif, mais ce point de vue est contesté, à l'instar de l'ISO, 2009 dans sa définition. Même si

l'idée que le risque est généralement associé à une opportunité est apparue dans la littérature (Aven, 2012), elle est toutefois rarement adressée effectivement pour les PME.

1.2. GENERALITES SUR LA GESTION DU RISQUE

1.2.1. Définition

Tout ce qui a été décrit précédemment donne lieu à des définitions de la GR encore plus diverses que celles du risque. Cependant, il existe trois définitions complémentaires qui peuvent aider à saisir ce qui est généralement compris par GR. Elles s'énoncent de la manière suivante :

- activités coordonnées pour diriger et contrôler une organisation en matière de risque (ISO, 2009);

- méthode logique et systématique d'établissement du contexte, identification, analyse, évaluation, traitement, surveillance et communication des risques associés à n'importe quelle activité, fonction ou processus, de manière à permettre aux organisations de minimiser les pertes et de maximiser les opportunités (Davidson & Lambert, 2004);

- processus organisé pour identifier ce qui peut mal se passer, quantifier et évaluer les risques associés et également mettre en œuvre l'approche appropriée pour prévenir ou gérer chaque risque identifié (Bijl & Hamann, 2002).

1.2.2. Classification

L'étude des sources documentaires pertinentes montre qu'il existe une grande variété d'approches concernant la GR. De nombreux facteurs tels que la législation, les normes, l'historique et le cadre organisationnel de la GR ainsi que son processus, la taille de l'entreprise, le degré de sensibilisation au risque, le type d'industrie et la concurrence sont à l'origine de cette grande disparité. Cette situation génère un grand nombre de méthodes plus ou moins spécialisées et spécifiques développées pour prendre en charge des situations particulières. En effet, les solutions de GR sont souvent adaptées au domaine (finances, santé...) ou à la fonction ciblée (chaîne d'approvisionnement, projet...) et d'ailleurs, par conséquent, rarement utilisables par d'autres.

On observe également que les différentes approches ne sont pas classées sur la base d'un large consensus. Ainsi, elles finissent par être nommées de différentes manières: cadre, adaptation, application, processus ou méthodologie. Il convient de noter que, dans la littérature, il n'y a parfois pas de distinction claire entre le processus de GR et le cadre. En effet, selon le point de vue impliqué, le premier peut ou bien faire partie du dernier (ISO, 2009) ou bien être imbriqués l'un dans l'autre (COSO, 2017).

En ce qui concerne ce travail, lorsque l'approche s'apparente à des directives générales, elle est appelée 'cadre', mais si elle s'approche plutôt d'instructions spécifiques, elle est nommée 'méthodologie'.

1.2.3. Gestion du risque classique

La grande diversité de risques (opérationnels, financiers, stratégiques, etc...) auxquels une entreprise peut être confrontée est un autre facteur important qui a conduit à la spécialisation des approches, des méthodes et des solutions de GR disponibles. Cet aspect a contribué au développement d'une GR divisée en unités fonctionnelles au niveau de la compagnie, appelée GR classique (Abrams, von Kanel, Muller, Pfitzman, & Ruschka-Taylor, 2007). Toutefois, cette conceptualisation présente d'importantes limitations qui augmentent la probabilité d'erreurs (ex. non considération de risques pertinents, prise en compte de doublons ou risques non pertinents) conduisant à un sentiment de sécurité trompeur en ce qui concerne le niveau de protection atteint. Principalement, elle pourrait manquer non seulement de consistance et de cohérence vis-à-vis des divers constituants de la GR (procédures, politiques, processus, méthodes, outils, langage commun ou taxonomie, métriques et échelles), mais produire également une mauvaise représentation de l'exposition au risque puisque l'ensemble des séries de risques correspondants à chacune des unités fonctionnelles ne correspond pas nécessairement à l'ensemble du pool de risques de l'entreprise (Kleffner et al., 2003).

D'autre part, afin de mettre en œuvre un processus de GR complet couvrant l'ensemble des fonctions de l'entreprise, plus d'un seul outil d'évaluation des risques est généralement recherché. Ce fait peut potentiellement conduire à une GR embrouillée, manquant de cohérence ou même inappropriée, augmentant ainsi la probabilité d'erreur d'évaluation des risques. Il est donc très important d'utiliser ces outils de manière juste et équilibrée, comme cela est recommandé dans la GRE décrite dans la section suivante.

1.3. GESTION DU RISQUE D'ENTREPRISE

1.3.1. Bases théoriques

L'étude bibliographique entreprise a attiré notre attention sur le fait qu'il existe des disparités significatives concernant le contenu de la GRE ainsi que la manière dont elle est appréhendée et mise en œuvre (Ben Amor, Martel, & Guitouni, 2016; Choo & Goh, 2015; Kanitsorn & Dessalegn, 2011; Verdelho, Carvalho, Santana, & Ferreira, 2016). En effet, il est possible de trouver des études sous différents génériques (ex. 'GR holistique, intégrée et stratégique' (Razali & Tahir, 2011)) présentant un contenu comparable à celui de la GRE. Et inversement, le vocable GRE peut correspondre à des contenus diversifiés tels que ceux des standards ISO, 2009 et COSO, 2017.

Toutefois, une analyse approfondie de cette littérature a conduit à l'identification de cinq composantes principales. Elles sont énumérées dans la première colonne du tableau 1 qui fournit ainsi un résumé de l'état d'art de la littérature. Il faut bien souligner ici que, selon la source, chaque composante peut non seulement être nommée de différentes manières, avec un contenu plus ou moins distinct, bien que l'intention soit similaire, mais également elle-même fragmentée en plusieurs composantes, comme on peut le voir à partir de l'inspection de la deuxième colonne du tableau 1 où elles sont séparées par des barres obliques. Ainsi, la deuxième composante, 'Modélisation & Appréciation', est dissociée en 3 phases (Problème de structuration/Instanciation/Inférence) dans la référence A4 et en 2 parties (Identification de l'événement/Evaluation du risque) dans les publications S1, A2 et P1. De plus, dans certains cas, un seul élément peut englober deux composantes clés, comme par exemple "Performance" pour 'Modélisation & Appréciation'. Les sources citées sont, à notre avis, représentatives de la littérature existante sur les processus généraux et spécifiques de GR. Elles figurent explicitement au tableau 2. Certaines sont soit des normes, soit inspirées d'elles, d'autres ont été choisies comme cas particuliers illustratifs.

TABLEAU 1. Eléments clés de tout processus de GR déduits d'une analyse comparative de la littérature.

Composantes	Composantes comparables	
	Nom	Codes des Références
Fondations & Contexte	Mandat et engagement	S2, A3
	Conception du CO*/Mise en œuvre de la GR	S2
	Gouvernance et culture	S3
	Stratégie et fixation d'objectifs	
	Environnement interne/Paramétrage objectif	S3, P1, P5
	Établissement du contexte	S1, A2
	Planification	S2, A1, A4, P5
Modélisation & Appréciation	Connaissance essentielle/Etablissement de la portée	P2, P4
	Management et employés	P3
		P6
	Évaluation	S2, A3, A4, P5
	Performance	S3
	Identification de l'événement/Evaluation du risque	S1, A2, P1
Réponse & Traitement	Identification	A1, P2, P3, P5, P6, N1, N2
	Analyse	A1, P2, P3, P4, P6
	Evaluation	A1, P4, P5
	Problème de structuration/Instanciation/Inférence	A4
Monitoring & Révision	Traitement	S2, A1, A4, P5
	Performance	S3
	Réponse aux risques/Activités de contrôle	S1, A2, P1, N3
	Mitigation/Atténuation	A3, N3
	Planification de la réponse	P2, P3
	Exécution de la réponse	P3
	Actions correctives	P4
Sélection de la technique/Mise en œuvre de la stratégie	P6	
Communication	Monitoring et Révision du CO*/Amélioration continue du CO*	S2
	Examination et Révision	S3, P4
	Monitoring	S1, A2, P5
	Monitoring et Examination	S2, A1, A3, A4
	Communication et Monitoring	P1
	Monitoring et Contrôle/Révision et Enregistrement	P2
	Monitoring	P3, P4
Contrôle	P4, P6	
Communication	Communication et consultation	S2, A1, A3, A4
	Information, communication et signalisation	S3

Composantes	Composantes comparables	
	Nom	Codes des Références
& Information	Information et communication	S1, A2
	Communication et monitoring	P1
	Examen et enregistrement	P2
	Examen des risques basé sur les connaissances/Partage/...	P3
	Document	P4

* Cadre organisationnel

TABLEAU 2. Références sources du tableau 1 et codes correspondants.

Références	Champ d'application	code*
(COSO, 2004)	Général	S1
(ISO, 2009)	//	S2
(COSO, 2017)	//	S3
(Davidson & Lambert, 2004)	Spécifique	A1
(Ballou & Heitger, 2005)	Général	A2
(Choo & Goh, 2015)	Spécifique	A3
(Qazi, Quigley, & Dickson, 2015)	Général	A4
(Shenkir & Walker, 2007)	Spécifique	P1
(Tserng et al., 2009)	//	P2
(Alhawari, Karadsheh, Nehari, & Mansour, 2012)	//	P3
(Marcelino-sádaba et al., 2013)	//	P4
(Verbano & Venturini, 2013)	Revue	P5
(Falkner & Hiebl, 2015)	//	P6
(Donnell, 2005)	Spécifique	N1
(Islam, Tedford, & Haemmerle, 2006)	//	N2
(R. S. Kaplan & Mikes, 2012)	Général	N3

* S:Standard; A: Adaptation d'un standard; P: Particulier; N: Aucun processus.

Au-delà des aspects décrits ci-dessus, la synthèse de la littérature, présentée assez succinctement ici, s'est imposée comme un travail incontournable dans la mesure où son aboutissement devrait constituer, de notre point de vue, l'épine dorsale de toute approche GRE. Certaines des références les plus importantes utilisées pour cette synthèse, en plus des trois standards figurants au tableau 2, sont rassemblées par commodité dans le tableau 3. Ainsi, trois principes fondamentaux qui caractérisent une GRE sont mis en évidence. En conséquence, toute GRE devrait être à la fois:

- (1) complète (doit inclure et faciliter la compréhension des risques de tous types ainsi que leurs dépendances);
- (2) intégrée (doit couvrir toutes les fonctions de l'entreprise et imbriquer de manière étroite et cohérente les différents constituants de la GR);
- (3) et stratégique (doit être alignée sur le contexte stratégique, principalement les objectifs, la valeur fondamentale, la stratégie et la politique de l'appétence au risque).

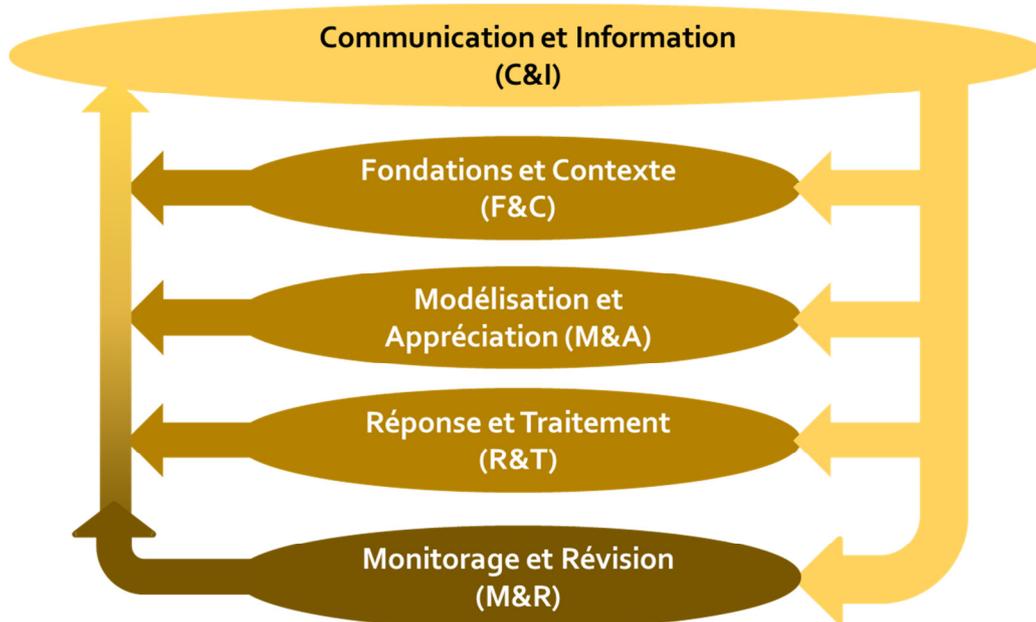
TABLEAU 3. Principales sources GRE de la littérature.

Références	Type
(Ballou & Heitger, 2005)	Adaptation de standard
(CAS - ERM Committee, 2003)	“
(Choo & Goh, 2015)	“
(Lark, 2015)	“
(Agarwal & Virine, 2017)	Non standard
(Clarke & Varma, 1999)	“
(Henschel, 2009)	“
(R. S. Kaplan & Mikes, 2012)	“
(Bromiley et al., 2014)	Revue
(Dickinson, 2001)	“
(D'Arcy, 2001)	“
(Frigo & Anderson, 2011)	“
(Ogutu, Bennett, & Olawoyin, 2018)	“
(Razali & Tahir, 2011)	“
(Renn, 1998)	“
(Agarwal & Ansell, 2016)	Etude de cas
(Fraser & Simkins, 2016)	“

1.3.2. Schéma général du processus GRE

Un schéma général de GRE a émergé de la synthèse bibliographique. Il est constitué des cinq composantes de base présentées précédemment, intégrées dans un processus itératif à cycles multiples, comme le montre la figure 1 (Bensaada & Taghezout, 2019).

FIGURE 1. Schéma général du processus GRE déduit d'une synthèse de la littérature (Bensaada et Taghezout, 2019).



La composante de départ du processus décrit sur la figure 1, «Fondations et Contexte» (F&C), implique d'une part, d'informer sur les avantages de la GR et de consulter les parties prenantes internes et externes afin de les impliquer efficacement. D'autre part, il s'agit de planifier, définir et installer ce qui peut être identifié comme les contextes externes (ex. les perceptions et les valeurs des parties prenantes externes ainsi que les principaux facteurs et tendances ayant une incidence sur les objectifs), internes (ex. objectifs, processus du business et mesures de performance) et de risque (ex. les critères de risque et la politique d'appétence) dans lesquels le processus de GR devrait avoir lieu.

Il s'agit en fait d'une modélisation de l'entreprise et de son environnement visant à simplifier et à clarifier la complexité du business. Les contextes en question doivent être compris de manière à ce que la GRE puisse être conçue et intégrée afin de compléter ou, du moins, ne pas entrer en conflit avec les processus, structures, stratégies et objectifs ainsi que la culture organisationnelle. Il faut noter que souvent cette phase, bien que cruciale, n'est prise en compte que superficiellement, voire complètement négligée (Verbano & Venturini, 2013). En effet, c'est premièrement l'étape préliminaire du processus de GR et, deuxièmement, il faut impérativement aligner la GRE avec la stratégie et les objectifs de l'entreprise, sinon ses avantages pourraient être sérieusement mis en doute (Rittenberg & Martens, 2012).

«Modélisation et Appréciation» (M&A) constitue la deuxième composante et est le plus couramment étudiée. De nombreuses approches, méthodes et outils ont été développés à ce sujet. M&A constitue le mécanisme global d'identification, d'analyse et d'évaluation des risques. Ainsi, elle fournit les entrées/informations (causes profondes, conséquences, indicateurs, compromis risque/bénéfice, niveau de risque) pour l'étape suivante durant laquelle les décisions au sujet de la prise en charge des risques sont prises.

La troisième composante, «Réponse et Traitement» (R&T), gère (c'est-à-dire ajoute, supprime, sélectionne, génère, modifie et met en œuvre) les moyens de contrôle, existants ou nouveaux, concernant le traitement des risques évalués. La nature de chaque action de contrôle peut être classée dans l'un des trois types d'option de réponse au risque: éviter, réduire et accepter.

La quatrième composante, 'Monitoring et Révision' (M&R), évalue d'une part tout changement de paramètre et, d'autre part, l'efficacité du processus de GR vis-à-vis de sa conception et de son utilisation, en comparant les résultats prévus aux performances réelles. Les résultats du monitoring doivent être utilisés comme apport majeur à la révision de la GRE, ce qui implique de proposer des mises à jour et des améliorations.

Enfin, «Communication et Information» (C&I) est un processus continu qui fait partie de chaque étape du dispositif de GR et relie toutes les phases entre elles. Il convient de définir un mécanisme qui gère les informations de GR, ainsi qu'un autre de communication fournissant des informations pertinentes aux niveaux et aux moments appropriés. La diffusion d'une culture de conscientisation des risques doit également être prise en compte.

1.3.3. Remarques

Il convient de noter que plusieurs processus de GR coordonnés et harmonisés peuvent exister au sein d'une seule organisation constituant le processus global de GRE (ISO, 2009). Cette configuration offre un moyen amélioré de fournir des informations pertinentes et applicables répondant aux besoins de l'organisation et de l'équipe de direction.

Par ailleurs, l'inter-connectivité intrinsèque des risques représente un défi majeur pour parvenir à une GRE intégrale. Cet obstacle peut aboutir à un chevauchement de catégorisation des risques, ce qui rend difficile l'utilisation d'une classification rigide (Bijl & Hamann, 2002) tout au long du processus de GRE.

1.4. PROBLEMATIQUES DE GESTION DU RISQUE DANS LES

PME

Une contrainte majeure est liée au fait que les stratégies de GR ne doivent pas surexploiter les ressources limitées des PME (Falkner & Hiebl, 2015). En particulier, alors que les conceptions fondamentales de la GRE ont découlé de travaux consacrés essentiellement aux grandes entreprises, les frais généraux, liés à l'acquisition et au fonctionnement d'un processus GRE, ne peuvent pas bénéficier de l'effet d'économie d'échelle (Ping & Muthuveloo, 2015). En effet, plus la taille de l'entreprise cible est petite, plus le retour sur investissement est faible, donc cela pourrait s'avérer insupportable pour les PME si les coûts supplémentaires ne peuvent être compensés. Par conséquent, il est important de disposer d'un processus simplifié pour mettre en œuvre la GR dans les PME de manière intuitive et directe selon les recommandations de (Calandro & Scott, 2006; Falkner & Hiebl, 2015).

En gardant à l'esprit la définition proposée précédemment dans la section 1.2, les cadres disponibles dans la littérature sont à usage général et habituellement couvrent relativement bien toutes les caractéristiques et les composantes de la GRE, mais sont trop vagues pour qu'un non-praticien puisse entreprendre leur mise en œuvre sans aucun soucis. Cet aspect est l'un des inconvénients majeurs pour les PME, comme cela a déjà été mentionné dans l'introduction générale.

Par contre, bien que les approches assimilables à des méthodologies soient directives (certaines donnent même des instructions très détaillées pour pouvoir être utilisés directement par un non-praticien), elles ne couvrent généralement pas tous les aspects de la GRE ainsi que les différentes phases du processus de GR, sans compter qu'elles sont généralement dépendantes du cas, de la fonction ou du secteur en question.

Etant donné qu'il faut plus d'un outil d'évaluation des risques pour couvrir un processus complet de GR et tout le spectre des fonctionnalités d'une entreprise, la spécialisation des approches ou des méthodes, comme souligné précédemment, peut potentiellement conduire à une GR défectueuse, manquant de cohérence ou, à la limite, complètement inappropriée, augmentant ainsi la probabilité des erreurs d'évaluation des risques. Il paraît donc impératif de les utiliser de manière juste et équilibrée, conformément aux principes de la GRE, c'est-à-dire, par exemple, en

interconnectant les résultats, en utilisant les mêmes critères de risque et/ou en décidant éventuellement, à un moment donné, si oui ou non une approche sophistiquée est justifiée.

En ce qui concerne la GR quantitative (méthodes et outils statistiques et probabilistes), souvent valorisée (Lleo, 2009), il est souligné ici que la GR devrait être principalement une problématique de gestion (Tschoegl, 2005). En effet, les décisions et stratégies capitales, ainsi que les chiffres représentant les risques, sont sujets à interprétation et à débat (Lleo, 2009; Taleb, Goldstein, & Spitznagel, 2009). Ainsi, une PME dont les capacités et la culture de risque sont minimales ou nulles ne doit pas se concentrer sur la GR quantitative, sinon elle pourrait échouer dans le développement de compétences de base en GR.

Enfin, les ressources humaines constituent généralement un obstacle majeur à la mise en œuvre de la GR au sein des PME. Les principales raisons en sont (Gao et al., 2011): une attitude générale négative à l'égard de la GR et la résistance au changement; un taux de renouvellement élevé du personnel dont forcément la formation pourrait s'avérer totalement inappropriée; la difficulté pour les employés de signaler et d'analyser l'incidence des risques de manière formelle.

En conclusion de ce chapitre, il apparaît que bien que des solutions optimales ayant un coût d'accès tolérable soient indispensables pour les PME, les conditions contribuant à leur avènement sont rarement remplies. Il s'avère que la capacité d'adaptation des approches existantes aux différentes catégories de PME fait encore défaut.

CHAPITRE 2 : GESTION ET REPRESENTATION DE LA CONNAISSANCE

La conception d'une plate-forme Web comme support pour le système GRE nécessite la sélection du type de système basé sur la connaissance le plus approprié. Le modèle proposé dans cette thèse vise à initier, faciliter et/ou améliorer de manière continue toutes les phases du processus de GRE au sein des entreprises grâce à un outil de travail unique, interactif et collaboratif. Au cœur du système GRE devrait se placer un système collaboratif basé sur la connaissance qui utilise le formalisme de représentation des graphes conceptuels en tant que moyen d'interaction.

Ce chapitre présente un tour d'horizon des concepts, principes et méthodes en lien avec ce volet de notre travail de recherche, en l'occurrence la gestion des connaissances (GC). Il ne s'agit pas d'un état de l'art exhaustif, ayant fait le choix d'être concis, avec un focus précis et limité, dans la présentation de l'étude bibliographique entreprise à cet effet.

2.1. GESTION DES CONNAISSANCES

La reconnaissance de la valeur des actifs intellectuels d'une organisation est liée à l'importance des connaissances organisationnelles en tant qu'atout concurrentiel (Edvinson, L., & Malone, 1997; Norton, N., & Kaplan, 1996; Sveiby, 1996). De manière exponentielle, la connaissance est considérée actuellement comme un capital immatériel dont l'exploitation est devenue stratégique (Ermine, Boughzala, & Tounkara, 2006; Nonaka & Takeuchi, 1995). En conséquence, des systèmes de gestion des connaissances (SGC), en particulier informatiques, avec l'essor croissant des TIC, se sont développés comme support de modèles de GC.

2.1.1. Notion de connaissance

La connaissance est une notion abstraite et relativement ouverte dont les définitions, qui dépendent des différentes perspectives d'approche, engendrent diverses taxonomies qui influencent les nombreux développements théoriques de GC. Le tableau 4 (Alavi & Leidner,

2001) résume les différentes conceptions de la connaissance ainsi que leurs implications pour la GC et en particulier pour les systèmes informatiques de GC (SIGC).

TABLEAU 4. Perspectives de la connaissance et leurs implications (adapté de (Alavi & Leidner, 2001))

Perspectives	Implications pour la GC	Implications pour les SIGC
<p>Connaissance vis-à-vis des données et de l'information</p> <p>Les données sont des faits, des chiffres bruts. L'information est des données traitées/interprétées. La connaissance est une information personnalisée.</p>	<p>La GC vise à exposer les individus à des informations potentiellement utiles et à faciliter leur assimilation.</p>	<p>SIGC ne sera pas radicalement différent du SI existant, mais sera étendu à l'assimilation des informations par les utilisateurs</p>
<p>Etat d'esprit</p> <p>La connaissance est l'état de savoir et comprendre.</p>	<p>La GC implique l'amélioration de l'apprentissage et de la compréhension des individus par la fourniture d'informations</p>	<p>Le rôle des TIC est de fournir un accès aux sources de connaissances plutôt qu'aux connaissances elles-mêmes</p>
<p>Objet</p> <p>La connaissance est un objet à stocker et à manipuler.</p>	<p>Le problème clé de la GC est la création et la gestion des stocks de connaissances</p>	<p>Le rôle des TIC implique la collecte, le stockage et le transfert de connaissances</p>
<p>Processus</p> <p>La connaissance est un processus d'application d'une expertise.</p>	<p>La GC se concentre sur les flux de connaissances et le processus de création, de partage et de diffusion des connaissances</p>	<p>Le rôle des TIC est de créer un lien entre les sources de connaissances pour créer des flux de connaissances plus étendus et plus profonds.</p>
<p>Accès à l'information</p> <p>La connaissance est une condition d'accès à l'information.</p>	<p>Le focus de GC est un accès organisé au contenu et à sa récupération</p>	<p>Le rôle des TI est de fournir des mécanismes efficaces de recherche et de récupération pour localiser les informations pertinentes</p>
<p>Aptitude</p> <p>La connaissance est le potentiel d'influencer l'action.</p>	<p>La GC consiste à développer les compétences de base et à comprendre le savoir-faire stratégique</p>	<p>Le rôle de l'informatique consiste à améliorer le capital intellectuel en soutenant le développement des compétences individuelles et organisationnelles</p>

Dans la littérature, une grande importance est accordée à la distinction entre la connaissance en tant qu'état d'esprit et en tant que données et information. Le tableau 5 regroupe les taxonomies essentielles de la connaissance et des exemples correspondants. Polanyi

(Polanyi, 1996) a introduit la notion de connaissance tacite. Nonaka et Takeuchi (1995) ont développé les notions de connaissances explicites et tacites en les reliant à leurs dimensions collective et individuelle.

TABLEAU 5. Taxonomies de la connaissance et exemples (Alavi & Leidner, 2001).

Types de connaissance	Définitions	Exemples
Tacite	Le savoir est enraciné dans les actions, l'expérience et l'implication dans un contexte spécifique	Meilleur moyen de traiter avec un client spécifique
Tacite cognitif:	Modèles mentaux	Conviction de l'individu sur les relations de cause à effet
Tacite technique:	Savoir-faire applicable à un travail spécifique	Compétences en chirurgie
Explicite	Connaissances articulées et généralisées	Connaissance des principaux clients dans une région
Individuel	Créé par et inhérent à l'individu	Informations tirées du projet achevé
Social	Créé par et inhérent aux actions collectives d'un groupe	Normes de communication inter-groupes
Déclarative	Savoir-à propos de	Quel médicament est approprié pour une maladie
Procédural	Savoir-faire	Comment administrer un médicament particulier
Causal	Savoir-pourquoi	Comprendre pourquoi le médicament fonctionne
Conditionnel	Savoir-quand	Comprendre quand prescrire le médicament
Relationnel	Savoir-avec	Comprendre comment le médicament interagit avec un autre médicament
Pragmatique	Connaissance utile pour une organisation	Meilleures pratiques, cadres de business, expériences de projet, dessins techniques, rapports de marché

2.1.2. Fondamentaux de la gestion des connaissances

Historiquement (Anand & Singh, 2011), la première vague (I) de GC a concerné sa définition, la recherche de ses avantages potentiels pour les entreprises et la conception de projets spécifiques, en particulier pour la représentation et le stockage des connaissances. La deuxième (II) a trait aux problèmes de recherche liés au développement des business,

opérations, processus et avancées technologiques. La troisième génération (III) est apparue vers 2003; l'accent a été mis sur les résultats tels que le lien entre savoir et action. En effet, la connaissance organisationnelle ne peut être réalisée que par un changement d'activités et de pratiques organisationnelles. Le tableau 6 présente les sources bibliographiques qui sont considérées comme des références dans le domaine de la GC.

TABLEAU 6. Importantes contributions à la GC (adapté de (Anand & Singh, 2011)).

Thèmes de GC	Génération	Références
Connaissances explicites, tacites et implicites	I	(Nonaka & Takeuchi, 1995; Polanyi, 1996)
Principes fondamentaux	I	(Liebowitz. J., & Beckm, 1998; Wiig, 1993)
Cadres	II	(Holsapple & Joshi, 2000; Rubenstein-Montano, B., 2001)
Projets	II	(Davenport, T. H., De Long, D.W. and Beers, 1998)
GC et intelligence artificielle	II	(Fowler, 2000; Liebowitz, 2001)
GC et aide à la décision	III	(Bolloju N, Khalifa M, 2002; Courtney J, 2001)
Enquêtes de GC	III	(Anantatmula, V. and Kanungo, 2006; Bajaj et al., 2009; Kakabadse, N., Kakabadse, A. and Kouzmin, 2003; Liao, 2003; Wong & Aspinwall, 2005)
Outils logiciels	III	(Tyndale, 2002)
GC dans les PME	III	(McAdam & Reid, 2001; Wong & Aspinwall, 2004)
Standardisation	III	(Weber, F.,Wunram, M., Kemp, J., Pudlatz, M. and Bredehorst, 2002)

Comme la connaissance, la GC est complexe et à facettes multiples. En effet, une variété d'approches existe pour gérer efficacement la diversité des types et des attributs de la connaissance. Toutefois, on peut dire en résumé que son objectif global est de capturer, formaliser (modéliser), préserver, partager, utiliser et développer les divers savoirs et compétences en vue d'accroître la performance générale d'une organisation, en favorisant l'innovation et en aidant à la prise de décision (Brahmi, 2014). Ainsi, le patrimoine de connaissances qui revêt un caractère critique et stratégique est valorisé (Boughzala & Ermine, 2004). La GC suppose une vision managériale particulière à tous les niveaux de l'entreprise, en passant du top management à l'opérationnel, en tenant compte de leurs diverses interactions. En tant que telle, la GC n'est pas un phénomène monolithique, mais dynamique et continu (Alavi & Leidner, 2001).

2.1.3. Systèmes de gestion des connaissances

La GC s'exerce à l'aide d'un SGC dont le but est de rendre opérationnel le processus global qui peut être conceptuellement divisé en trois phases: constitution d'une base ou bibliothèque de connaissances (cartographie); diffusion et application des connaissances (exploitation) et enfin examen et révision des connaissances (maintenance). Ces phases sont généralement à leur tour divisées de façons variées en sous-phases ou fonctions. Il paraît important de noter ici que cette classification est le résultat d'une synthèse de l'étude bibliographique mais ne reflète pas un consensus général émergeant de la littérature. Par exemple, (Anand & Singh, 2011) considèrent qu'en général, un SGC implique, pour les connaissances, les quatre phases suivantes: capture et création; organisation et conservation; diffusion; utilisation.

La capture et la création de connaissances forment un processus dans lequel l'identification, la capture, l'acquisition et la création de connaissances sont effectuées (Rao, 2004). L'organisation et la conservation des connaissances sont un processus dans lequel les connaissances sous forme tacite peuvent être codifiées sous une forme compréhensible dans la mesure du possible (Millar, Demaid, & Quintas, 1997). Ces connaissances doivent ensuite être classées par catégorie et stockées dans des référentiels dans un format standard pour une utilisation ultérieure. La diffusion des connaissances est un processus qui implique leur partage entre tous les membres de l'organisation, sous forme explicite ou tacite. Une culture de coopération et des incitations sont les principaux facteurs de soutien à la diffusion des connaissances (Morris & Empson, 1998). L'utilisation des connaissances est un processus d'application et d'utilisation des connaissances dans le processus de création de valeur d'une organisation (Currie, 2003).

En pratique, un SGC renvoi à un processus itératif intégrant un ensemble d'activités distinctes mais interdépendantes (Anand & Singh, 2011), qui encadre un cycle de vie de la connaissance, telle que par exemple (liste non exhaustive): identification, création, collection, construction, stockage/retrait, sélection, évaluation, mise en relation, structuration, formalisation, capitalisation, dissémination, distribution, rétention, évolution, valorisation, actualisation, application de la connaissance (Penciu, 2011). En outre, la complexité, les besoins en ressources, ainsi que les outils et approches sous-jacents des différentes fonctions du processus de GC varient en fonction de leur type, portée et caractéristiques (Alavi & Leidner, 2001).

La classe des SIGC s'appuie sur les TIC comme puissants facilitateurs de la GC. Il est important de noter que les SIGC, en exploitant divers outils et capacités informatiques flexibles, donnent lieu à différentes formes de prise en charge de la GC, qui vont bien au-delà du stockage traditionnel et de la récupération des connaissances codées (Anand & Singh, 2011).

Le tableau 7 présente une comparaison de différents SGC représentatifs de la littérature selon 12 critères ou points fondamentaux d'après (Anand & Singh, 2011). Il met en évidence que (Bukowitz & Williams, 2000) considèrent le plus grand nombre de points, ce qui en fait l'approche la plus complète.

TABLEAU 7. Comparaison critique de différentes approches (Anand & Singh, 2011)

Numéro de série	Critères	(Wiig, 1993)	(Mayer & Zack, 1996)	(McElory, 1999)	(Bukowitz & Williams, 2000)	(Wong & Aspinwall, 2004)	(Lee, Lee, & Kang, 2005)	(Daghfous & Kah, 2006)
1	Création / Capture de connaissances	X	X	X	X	X	X	X
2	Raffinement		X			X		
3	Validation			X				
4	Codification							X
5	Stocker / Récupérer	X	X	X	X	X		X
6	Accès	X		X	X			X
7	Distribution	X	X	X	X			
8	Préserver				X			
9	Mise à jour						X	
10	Application					X	X	X
11	Utilisation					X	X	
12	Destruction	X			X			
	Points totaux	5	4	5	6	5	4	5

A partir du contenu du tableau 7, il est possible de définir plus en détails chacun des trois éléments d'un SGC, tels que proposés au début de cette sous-section. Dans la première phase de cartographie, il s'agit de capturer/créer, raffiner, valider, codifier et stocker des connaissances critiques ou cruciales (points 1, 2, 3, 4 et 5/stocker). Au cours de la phase suivante d'exploitation, les points 5/récupérer, 6, 7, 10 et 11 sont mis en œuvre: les mécanismes de récupération, d'accès et de diffusion des connaissances doivent permettre (et aboutir à) leur utilisation ainsi que leur application. Enfin, la phase de maintenance (points 8, 9 et 12) préserve, met à jour ou détruit, selon le cas, les connaissances cartographiées en fonction de leur évaluation après une analyse précise.

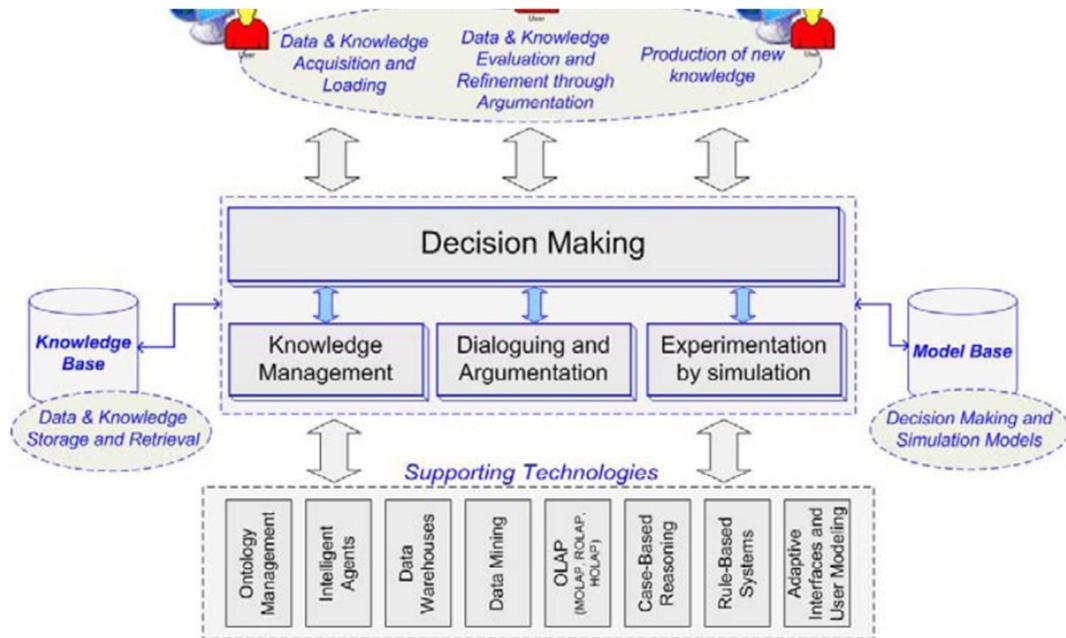
D'après (Aubertin, Boughzala, & Ermine, 2003), la cartographie des connaissances est un moyen de navigation « cognitif » pour accéder aux ressources d'un patrimoine de connaissances d'une organisation, qu'il soit implicite ou explicite. C'est avant tout une démarche managériale dont la finalité est d'identifier, développer (Brahami, 2014) et préserver (Saad, Grundstein, & Rosenthal-Sabroux, 2003) les patrimoines de connaissances stratégiques. Elle vise à repérer, localiser et caractériser les connaissances cruciales d'une organisation. Elle est considérée comme une méthode d'explicitation des connaissances ayant pour objectif leur mise en valeur (Ermine et al., 2006). Monticolo considère qu'elle permet d'identifier les connaissances pertinentes à capitaliser dans un projet par exemple (Monticolo, 2008). Par ailleurs, c'est une étape nécessaire à une prise de décision éclairée. Une cartographie des connaissances « permet de représenter les espaces sémantiques, issus de pages web ou de bases de données, sous forme de représentation dynamiques» (Brahami, 2014).

On peut également considérer la cartographie des connaissances comme un instrument qui indique les lieux où se situe le savoir et comment se déroulent l'accès, la distribution et l'acquisition de ce savoir (Alavi & Leidner, 2001). Ainsi, elle peut se décliner sous la forme d'un mode de représentation visuelle des connaissances permettant leur localisation ainsi que les liens les unissant grâce à une représentation graphique (Aubertin et al., 2003).

La phase d'exploitation des connaissances, quant à elle, s'appuie sur la capitalisation des connaissances qui ont de la valeur pour l'entreprise et leur visualisation comme outil d'aide à la décision. Les notions et techniques d'ingénierie des connaissances (Matta, Corby, & Ribiere, 1999) sont à la base de la mise en œuvre de la capitalisation et dépendent du cadre d'application. Elles sont classées en deux catégories: explicitation et extraction automatique des connaissances.

Comme il a été argumenté dans l'introduction générale, la prise de décision concernant un problème donné devrait être abordée dans une perspective holistique, de telle sorte que les aspects conceptuels, méthodologiques et ceux axés sur l'application puissent être simultanément pris en compte. Pour ce faire, un cadre avancé de prise de décision basé sur le Web, schématisé sur la figure 2, a été proposé dans la littérature (Karacapilidis, 2006) et répond, de notre point de vue, de manière efficiente et efficace aux enjeux de la GC. Etant donné que ce cadre a constitué une base fondamentale de réflexion pour l'élaboration du travail présenté dans cette thèse, il s'avère indispensable d'en faire une description qui en souligne les aspects les plus importants.

FIGURE 2. Cadre avancé de prise de décision basé sur le web (Karacapilidis, 2006)



Ainsi, selon ce cadre, la prise de décision doit être parfaitement intégrée et étroitement liée aux processus de GC, de dialogue et d'argumentation, et d'expérimentation par simulation. Tous ces mécanismes fonctionnant en continu sont soutenus par divers outils technologiques dédiés à la gestion des ontologies, agents intelligents, bases de données, OLAP, raisonnement basé sur des cas et des règles, interfaces adaptatives et de la modélisation utilisateur.

Cette architecture entretient deux bases, l'une de connaissances, contenant les données et connaissances relatives au sujet, et l'autre de modèles avec une bibliothèque de modèles de prise de décision et de simulation. Ici, la prise de décision est basée sur une consultation (dialogue) argumentative via des interfaces Web consacrées à l'acquisition, chargement, évaluation et raffinement des données et des connaissances. Cette démarche favorise l'émergence de critiques constructives ainsi que l'externalisation des connaissances tacites des individus et leur intégration aux connaissances explicites spécifiques. Par conséquent, cela participe à la construction des connaissances organisationnelles afférentes au problème considéré (composante «gestion des connaissances»).

L'élément servant à l'expérimentation par simulation, reflétant une réalité virtuelle, a pour finalité d'aider à mieux comprendre le processus global de prise de décision. En parallèle, les technologies de support (partie inférieure de la figure 2) peuvent être exploitées pour mieux

appuyer les positions des personnes impliquées dans la prise de décision et leurs argumentations. Par exemple, ils peuvent récupérer des fragments de discussions antérieures (en utilisant des techniques d'exploration de données et en exploitant un modèle d'ontologie bien structuré) concernant des problèmes similaires et les rattacher à leurs positions, les validant ainsi davantage. En plus, ils peuvent analyser les résultats obtenus à l'aide de l'outil de simulation et les visualiser sous différentes perspectives à l'aide des outils OLAP.

Enfin, le processus de décision global, au-delà du raisonnement fondé sur l'argumentation, peut également être basé sur des règles et des cas antérieurs, bien enregistrés et largement acceptés.

2.2. REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

2.2.1. Généralités

Un opérateur humain et/ou machine doit pouvoir interpréter et manipuler des connaissances. Ainsi, il s'agit de pouvoir lister, classifier, catégoriser, stocker, représenter informatiquement, organiser et combiner les connaissances (Lopez, 2017). Le formalisme de la représentation des connaissances répond à ces besoins (Ermine, 2007a, 2007b). C'est une représentation formelle où les connaissances sont symbolisées par des objets reliés par des propriétés, axiomes et règles.

En la matière (Pastor, 2014), il existe deux voies majeures: déclarative et procédurale. La première promeut la séparation entre les connaissances et leur manipulation (c.à.d. le raisonnement). La deuxième combine les connaissances et la manière de les manipuler.

C'est la représentation déclarative qui est généralement préférée pour plusieurs raisons, même si une de ses faiblesses réside dans les problèmes d'interprétation qui peuvent surgir. En effet, elle peut être modifiée facilement par ajout ou suppression de nouveaux faits; une même collection de faits peut être utilisée de différentes façons moyennant quelques simples modifications et ce, selon le problème à résoudre; elle est souvent extensible au-delà de ce qui est explicitement représenté grâce aux processus de raisonnement adéquats qui permettent la dérivation d'une connaissance additionnelle. Quant à la représentation procédurale, elle s'avère indispensable à toute implémentation sur machine car il est nécessaire de spécifier la manière procédurale d'utilisation des connaissances déclaratives dans le but de trouver une solution au problème posé. Afin de mieux représenter des connaissances par nature structurées et d'en

faciliter une part d'interprétation, il serait par conséquent judicieux d'opter pour des représentations mixtes déclaratives et procédurales.

2.2.2. Sélection d'un formalisme de représentation

2.2.2.1. Critères de choix

En tout état de cause, un formalisme de représentation des connaissances devrait pouvoir répondre aux critères suivants (Pastor, 2014):

- expressibilité ou aptitude à représenter toutes les connaissances pertinentes du domaine;
- fidélité ou capacité de faire concorder facilement les connaissances avec leur représentation;
- extensibilité ou disposition à acquérir de nouvelles connaissances;
- compréhensibilité ou intelligibilité pour les opérateurs humains des raisonnements effectués sur les représentations des connaissances;
- adéquation inférentielle ou validité du mécanisme de raisonnement servant à la manipulation des connaissances;
- efficacité calculatoire ou capacité à guider le processus de raisonnement dans le choix des inférences à appliquer pour une résolution plus rapide.

2.2.2.2. Choix d'un formalisme

En règle générale, le choix d'un formalisme se fait parmi les deux familles suivantes appartenant à la classe des représentations déclaratives:

- logiques (descriptives, propositionnelles, prédicats...);
- sémantiques structurés (dictionnaires, thésaurus, taxonomies, réseaux sémantiques, graphes conceptuels, schémas et scripts,...).

Toutefois, lorsqu'il s'agit de manipuler les connaissances déclaratives pour trouver une solution à un problème donné, ces formalismes font appel à des représentations procédurales (algorithmes). Il arrive aussi que certaines problématiques puissent nécessiter la combinaison de plusieurs formalismes afin de couvrir l'ensemble de leurs différentes facettes.

Les formalismes logiques (en particulier, la logique des prédicats) sont plus appropriés lorsque les connaissances en question sont uniformes et peu sujettes au contexte de telle sorte qu'elles peuvent être vues comme une 'théorie' du domaine.

Les formalismes structurés comme les réseaux sémantiques et les schémas peuvent être plus efficaces pour la résolution de certains types de problèmes relevant de domaines où les

connaissances sont, par exemple, de nature taxonomique. Un réseau sémantique, qui est un graphe orienté et étiqueté représentant les relations entre des objets ou classes d'objets, permet aussi de soutenir les systèmes automatisés de raisonnement sur la connaissance.

Tous ont une sémantique, une structure et un niveau de puissance différents et, par conséquent, possèdent leurs propres mérites et inconvénients, qui dépendent du type de connaissance à représenter. La combinaison de différents types de modèles, ou une représentation hybride, peut être utilisée pour obtenir un modèle plus efficace et performant.

2.2.2.3. Quelques exemples de formalismes disponibles

Les graphes conceptuels ainsi que les ontologies formant l'option retenue dans cette thèse (voir chapitre 5), ils font l'objet d'une attention particulière et sont décrits à part dans les sections qui suivent celle-ci.

Thésaurus

Un thésaurus est ensemble de termes normalisés fondé sur une structuration hiérarchisée et où les termes sont organisés de manière conceptuelle et reliés entre eux par des relations sémantiques (Charlet, 2002). C'est un répertoire alphabétique de mots représentant les concepts d'un domaine de la connaissance pour l'analyse de contenu, le classement et donc l'indexation de documents d'information. Il ne contient qu'accessoirement des définitions, à l'inverse d'un dictionnaire, et se distingue d'une taxonomie dans la mesure où il n'est pas (seulement) hiérarchique, mais s'appuie aussi sur d'autres propriétés pour décrire les sujets (relation horizontale).

Réseaux sémantiques

C'est à partir de travaux sur la mémoire sémantique (Quillian, 1968) que l'utilisation des réseaux sémantiques comme outil de représentation de connaissances s'est amorcée. Ce formalisme structuré sous forme de graphe a pour fonction l'encodage des connaissances taxonomiques concernant des objets ainsi que leurs propriétés. Dans ces graphes sémantiques, les concepts du domaine à modéliser sont représentés par des nœuds et les relations (interactions) entre concepts par des arcs orientés et étiquetés reliant les nœuds. Leur intérêt réside principalement dans la représentation graphique directement interprétable par l'humain.

Schémas et scripts

Le schéma peut être considéré comme un développement du réseau sémantique lorsque la tâche et la représentation deviennent trop complexes. Il décrit des objets concrets ou abstraits

(Minsky, 1975) et est organisé, de façon hiérarchique en emplacements (slots, attributs) associés à leurs valeurs. C'est une structure qui présente une parties déclarative (propriétés, relations entre les objets, ...) et une autre procédurale (procédures et méthodes connues par l'objet) (Espinasse, 2008).

Le schéma facilite la configuration d'emplacements pour de nouvelles propriétés et relations, et l'inclusion des informations par défaut ainsi que la détection des valeurs manquantes. Il permet au modèle de connaissance du domaine d'être reflété directement et prend en charge efficacement les connaissances procédurales. Par contre, les expressions de connaissances incertaines, imprécises et hypothétiques ne peuvent pas être représentées en raison du manque de sémantique et des limitations expressives, sans compter que certaines inférences sont favorisés alors que d'autres sont difficiles à réaliser.

Souvent utilisé pour le développement d'ontologies, l'extension du formalisme des schémas a abouti aux scripts qui décrivent des séquences d'évènements, plutôt que des objets, associés à l'idée de scénario (Schank & Abelson, 1977).

Logiques

Les approches logiques peuvent utiliser un raisonnement déductif ou inductif (Tanwar, Prasad, & Mahendra, 2010). La logique propositionnelle fonctionne pour les déclarations qui sont vraies ou fausses et se limite aux associations entre propositions. La logique des prédicats prend en charge des connections entre variables et propositions, lesquelles sont décomposées en un prédicat (symbole qui exprime une relation vraie ou fausse entre des termes) et un sujet. Un prédicat possède une tête et de zéro à plusieurs arguments qui sont des termes. Par conséquent, les variables propositionnelles sont simplement des prédicats à zéro argument. Un prédicat avec un argument exprime une propriété d'un objet, tandis qu'avec deux arguments ou plus, il exprime une relation entre des objets ou des individus.

La logique des prédicats est aussi appelée logique des prédicats du premier ordre ou logique du premier ordre, par opposition à la logique des prédicats de second ordre qui admettent la quantification non seulement sur des objets mais aussi sur des prédicats, la logique propositionnelle pouvant être classée comme logique des prédicats d'ordre zéro. Elle étend la logique propositionnelle dans deux directions. Premièrement, elle fournit une structure interne aux phrases considérées comme exprimant des relations entre des objets ou des individus. Deuxièmement, elle procure un moyen d'exprimer et de raisonner avec des généralisations permettant d'affirmer qu'une certaine propriété est valable pour tous les objets, certains ou

aucun. Elle fournit un meilleur moyen de raisonner qui permet de déduire du nouveau de l'ancien et peut être utilisée pour prouver les déclarations. Ces dernières, quantifiées et existentielles sont facilement représentées.

La logique de description, issue des «réseaux d'héritage structurés» (Brachman, 1977), a été introduite comme une extension des premiers réseaux et cadres sémantiques qui ne possédaient pas de sémantique formelle basée sur la logique, induisant des ambiguïtés. Elle sert à modéliser la connaissance terminologique (définition des concepts, rôles et individus) d'un domaine d'application à l'aide d'une sémantique formelle selon une transcription en logique du premier ordre afin de spécifier (décrire) les propriétés des objets et des individus. Un concept (entité générique d'un domaine) permet de représenter un ensemble d'individus (une entité singulière, une instance d'un concept). Un rôle représente une relation binaire entre individus. Les opérations de base sont: la classification de concepts (ou rôles) qui détermine la position d'un concept (ou rôle) dans une hiérarchie et l'instanciation qui permet de retrouver les concepts dont un individu est susceptible d'être une instance (Kayser, 1997).

Basée sur la notion d'axiome qui est une déclaration logique reliant les rôles et/ou les concepts, et soutenant des modèles d'inférence qui permettent leur classification (structure de la terminologie sous la forme d'une hiérarchie de subsomption), la logique descriptive fournit un formalisme logique pour les ontologies et le Web sémantique.

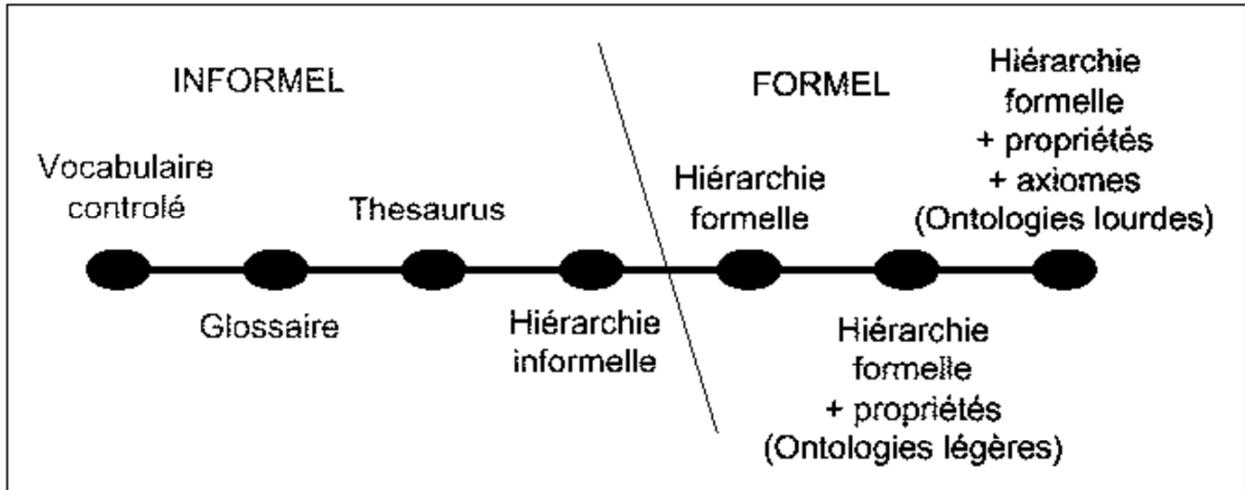
Ontologies

Les ontologies sont considérées comme les successeurs logiques des thésaurus aussi bien d'un point de vue linguistique qu'informatique car elles structurent de manière plus formelle et approfondie les relations sémantiques entre les concepts. Elles permettent par exemple l'amélioration de la recherche documentaire, l'automatisation de l'indexation ou encore l'accessibilité et la visibilité d'un produit sur le Web dans la perspective du Web sémantique.

Une ontologie est une spécification explicite (c.à.d. traduite dans un langage) d'une conceptualisation d'un ensemble de connaissances (Gruber, 1993). Elle peut prendre différentes formes mais rassemble obligatoirement une terminologie pertinente d'un domaine et définit le sens des termes ainsi que les relations entre eux (Bachimont & Troncy, 2004; Charlet, 2002). Lorsque le langage est formel, il est généralement basé sur la logique du premier ordre. Conçue comme un réseau sémantique, c'est une représentation des concepts (objets et catégories) et des relations sémantiques et de subsomption d'un domaine de connaissance.

La figure 3 schématise les différents niveaux de formalisme et d'engagement sémantique en situant les ontologies parmi les représentations des connaissances.

FIGURE 3. Les différents niveaux de formalisme et d'engagement sémantique en représentation des connaissances (Marcheix, 2008)



Il existe principalement trois types d'ontologies (Van Heijst Gertjan et al., 1997) que l'on peut classer selon leur niveau croissant d'abstraction.

1°/Les ontologies d'application sont requises pour décrire un champ particulier d'un domaine de connaissance en spécifiant des concepts plus généraux pouvant provenir d'une ontologie de domaine.

2°/Les ontologies du domaine, qui spécialise les concepts de l'ontologie générique, sont spécifiques à un domaine particulier.

3°/Les ontologies génériques (globales ou de haut niveau) conceptualisent les distinctions formelles entre les éléments d'un domaine, indépendamment de leur réalité (Guarino, 1997). Elles sont appropriées pour différents domaines caractérisés par des notions très générales comme celles d'entités, matière, propriété, valeur, état, espace, temps, processus, fonction ou actions.

Il existe aussi des ontologies de représentation (Benhmidi, 2011), pouvant être classées dans la catégorie d'abstraction la plus élevée et regroupant les concepts généraux utilisés pour décrire les connaissances.

Par ailleurs, suivant le degré de formalisation du langage utilisé (Uschold & Gruninger, 1996), il est possible de distinguer quatre niveaux. Les ontologies informelles sont les plus compréhensibles mais plus difficile à valider car elles utilisent les langues naturelles. Afin d'en réduire l'ambiguïté, les ontologies semi-informelles s'appuient sur les langues naturelles mais en les limitant et structurant tandis que les semi-formelles sont exprimées dans un langage artificiel. Les ontologies formelles non seulement utilisent un langage artificiel mais possèdent en plus une sémantique formelle, permettant de prouver des propriétés de cette ontologie.

Enfin, la granularité constitue un autre qualificatif. Ainsi, les ontologies ayant un vocabulaire riche, procurant une description détaillée des concepts, sont à granularité fine. Ceux à granularité large, comme les ontologies de haut niveau, peuvent être raffinées par des notions plus spécifiques.

Les principaux composants d'une ontologie sont (Benkaddour, 2017; Guarino & Poli, 1995) :

1°/ Les concepts (termes ou classes) correspondent aux abstractions pertinentes du domaine. Ils symbolisent des objets matériels, notions ou idées.

2°/ Les relations (interactions) définies entre concepts peuvent être de spécification (subsumption), composition, instanciation...

3°/ Les fonctions (cas particulier de relation) permettent de définir le $n^{\text{ème}}$ élément d'une relation de manière unique à partir des $(n-1)^{\text{ème}}$ éléments précédents.

4°/ Les axiomes (ou règles d'inférences) permettent de modéliser des assertions toujours vraies du domaine et de combiner des concepts, des relations, des fonctions pour définir des règles d'inférences. Ils peuvent intervenir dans la définition et la déduction des concepts et relations. Cet aspect distingue les anthologies des thésaurus.

5°/ Les instances (individus) représentent des éléments singuliers étayant les connaissances du domaine.

2.2.3. Graphes conceptuels

Le contenu de cette section s'appuie sur de nombreuses références dont, en particulier, les suivantes (Champavère, 2010; Ellis, 1995; Espinasse, 1992; Hounis, 1998; Nouvel, 2002)

2.2.3.1. Notions de base et intérêts

Basés sur les graphes existentiels (représentation diagrammatique ou graphique pour des expressions logiques) de Peirce (Peirce, 1909), les graphes conceptuels ont été proposés par

Sowa (Sowa, 1984) comme un système de notation en logique en mettant à profit les atouts des réseaux sémantiques (Collins & Quillian, 1969). La représentation des connaissances s'accomplit par le biais de la description des concepts (objets d'intérêt du domaine de connaissance) et des relations conceptuelles qui les associent. Leur ensemble connexe forme un graphe conceptuel qui est fondamentalement un diagramme qui représente le sens d'une phrase.

En pleine évolution (Chein & Mugnier, 2008), les graphes conceptuels trouvent de nombreux champs d'application tels que l'analyse de texte, le Web sémantique et les systèmes intelligents. Ils ont été mis en œuvre dans divers projets de récupération d'informations, de conception de bases de données, de systèmes experts et de traitement du langage naturel. C'est une des meilleures représentations de connaissances hybrides telles que les logiques de description, ontologies ...

Leur atout essentiel repose sur un compromis entre la logique des prédicats trop abstraite et le langage naturel insuffisamment fonctionnel. De fait, ils représentent un compromis entre un langage formel fonctionnel (processus de raisonnement) et un langage graphique expressif (visuel). Ainsi, cette forme de représentation peut servir de langage de communication et permet des constructions formelles, compréhensibles et manipulables de systèmes à base de connaissances, l'aspect graphique facilitant la construction d'interfaces homme-machine conviviales dans des processus interactifs.

Disposant d'une sémantique formelle, ils sont capables de représenter proprement un large éventail de formes de connaissances, de la logique des prédicats au langage naturel qui n'a pas de sémantique claire. Afin de simuler un raisonnement logique, lisible par l'humain et directement exploitable par une machine, le formalisme des graphes conceptuels s'appuie sur la définition d'un opérateur, qui associe à tout graphe conceptuel une formule logique unique de premier ordre, et un certain nombre de règles de formation canoniques. Avec leur représentation graphique, ils servent de langage de conception et de spécification lisible, mais formel.

Ils ont été développés en particulier afin de surmonter les limites qu'avaient les réseaux sémantiques à prendre en charge les hiérarchies multiples (l'appartenance d'un même concept à deux classes différentes). Ils sont un type de réseaux sémantiques dans lesquels des nœuds et des liens sont utilisés pour stocker des propositions et qui permettent de représenter la connaissance hiérarchique aussi bien sous la forme graphique que textuelle. En particulier, le typage des données introduit une relation d'ordre sous forme de hiérarchie.

2.2.3.2. Définitions et formalisme basique

Un graphe conceptuel est par définition bipartite, orienté, connecté et fini.

Les concepts représentent le sens des mots en interprétant des entités, action, propriétés, attributs, états ou événements du monde réel (Gerbé, Keller, & Mineau, 1998). Les relations conceptuelles montrent comment les concepts sont interconnectés, leur fonction étant de décrire la structure des propositions impliquant l'ensemble des concepts. Les concepts et les relations forment les deux sortes de nœuds du réseau et les arcs orientés forment sa structure par liaison des concepts aux relations.

Chaque relation possède au moins un arc et doit être nécessairement lié à un concept, respectant une alternance concept/relation. Un seul concept peut à lui seul constituer un graphe conceptuel, mais chaque relation conceptuelle doit être liée à un concept. Les graphes conceptuels sont souvent considérés comme un ensemble de relations qui lient des paires de concepts: les triplets.

Formalisme

A chaque graphe correspond une formule logique exprimée dans la logique des prédicats. L'opérateur d'interprétation logique qui transforme chaque élément du modèle des graphes conceptuels en un élément de la logique du premier ordre associe à tout type de concept un prédicat unaire. Ainsi, chaque concept est associé à un type (classe) et un marqueur ou référent (instanciation) et peut être affiché sous forme textuelle, dite linéaire, de la façon suivante: [Type: marqueur]. Une relation, rassemblant des concepts pour construire une proposition, ne dispose pas de marqueur et est étiquetée par le type correspondant: (Type). Les arcs sont notés par des flèches. Dans la forme graphique, un cadre, soit rectangulaire soit ovoïdal, remplace respectivement les crochets des concepts et les parenthèses des relations.

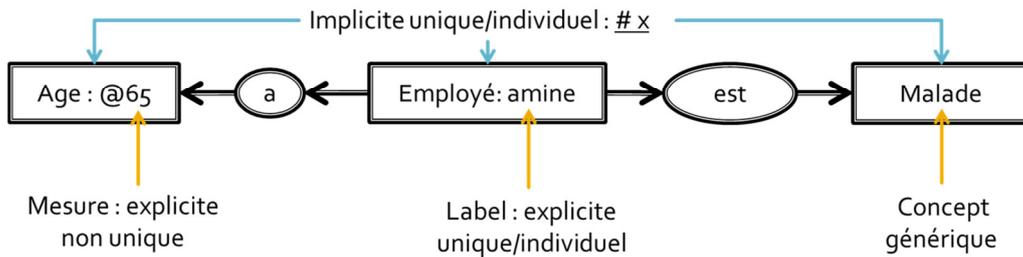
Les concepts correspondant à des entités particulières (instances) sont représentés par des marqueurs individuels (un nombre, un numéro ou un nom particulier), alors que ceux qui représentent des concepts non spécifiés d'un type donné sont génériques.

Un marqueur peut être:

- implicite, c.à.d. un numéro (identifiant) affecté automatiquement à un concept lorsqu'il est instancié (ex. [Personne : #123] = concept individuel, numéro 123);
- explicite, c.à.d. soit un label unique (un nom donné à un concept récurrent ou à un concept que l'on veut pouvoir repérer facilement, ex. [Employé : ilies]), soit une mesure (une valeur qui n'est pas unique par instance, ex. [Poids: @80]).

Le système maintient alors un ensemble de marqueurs M implicites, et également explicites lorsque cela est indiqué.

Un exemple dans le format graphique est donné ci-dessous :



Dans le cas où il existe un ensemble de marqueurs d'instances correspondants à un type donné, la notation linéaire introduit l'accolade. Par exemple, si X, Y et Z sont les marqueurs des instances de type C, alors la notation

[Type C : X], [Type C : Y] et [Type C : Z],

peut se réduire à

[Type C : X, Y, Z].

Typage

Chaque concept est typé par rapport à une hiérarchie de types qui constitue un treillis fini muni d'une relation d'ordre partiel. De manière similaire, une hiérarchie de relations forme un deuxième treillis définissant l'héritage entre les types. Le formalisme des graphes conceptuels supporte l'héritage multiple. Un type peut être sous-type de plusieurs types.

La fonction de type (t) délimite les concepts dans un ensemble T dont les éléments sont des étiquettes de type t. L'ordre partiel \leq sur les étiquettes de type dans T, appelé hiérarchie de type, forme le treillis de type. La hiérarchie des types crée des déclarations analytiques sur les types: elles doivent être vraies par intension. L'affirmation Fille < Personne est vraie, car les propriétés d'une personne sont également associées à une fille. Le sur-type commun minimal d'une paire d'étiquettes de type s et t est écrit $s \cup t$. Le sous-type commun maximal est écrit $s \cap t$.

Il existe deux labels de type primitif: le type universel T et le type absurde \perp . Pour n'importe quel label de type t, $\perp \leq t \leq T$. Le sur-type commun minimal de Chat et Chien pourrait éventuellement être Carnivore selon la hiérarchie. Le sous-type maximal commun de Animal de compagnie et Chat est Chat de compagnie. Le sous-type maximal commun de Chat et Chien est \perp (absurde), ce qui signifie qu'il est logiquement impossible pour une entité d'être à la fois un chien et un chat.

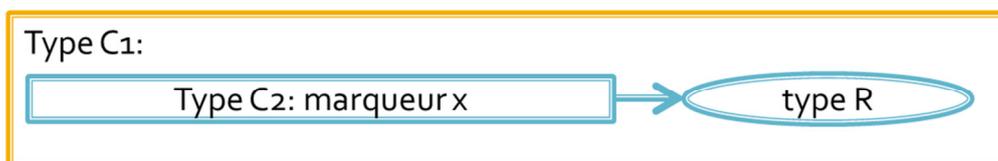
La dénotation de type t , écrite δt , est l'ensemble de toutes les entités qui sont des instances de tout concept de type t . Pour les extensions, l'union $\delta\text{Cat} \cup \delta\text{Dog}$ est l'ensemble des chiens et des chats du monde et rien d'autre. Pour les étiquettes de type intensif, $\text{Cat} \cup \text{Dog}$ est leur super-type commun minimal, *Carnivore*, qui comporte également des sous-types *Ours*, *Belette*, etc. Le treillis de types représente des catégories de pensées et le treillis d'ensembles et de sous-ensembles représente des collections de choses existantes (instances). Les deux treillis ne sont pas isomorphes et l'opérateur de dénotation qui délimite l'un dans l'autre n'est ni 'un-pour-un' ni 'sur'.

Contextes

Les contextes servent à décrire un concept par un graphe: ceux-ci permettent de faire d'une proposition (le graphe) un objet mental (le concept). C'est un moyen de raisonner avec un plus haut niveau d'abstraction: grâce aux contextes, il est possible de former des relations entre des graphes. Ces contextes correspondent à des propositions subordonnées, relatives, infinitives... Du point de vue de la logique, ils représentent un raisonnement sur les prédicats du premier ordre, c.à.d. qu'ils sont des prédicats de deuxième ordre. Ainsi, un contexte peut être représenté en plaçant un graphe à l'intérieur d'un rectangle. Ce graphe est typé: on lui assigne un type, mais il ne dispose pas de référent (marqueur) car celui-ci est en fait l'intérieur du graphe. Dans la notation linéaire, on utilise la symbolique suivante:

[Type C1: [Type C2: marqueur x] -> (Type R)].

Et dans la notation graphique, on a:



Mineau et Gerbé (Mineau & Gerbé, 1997) proposent de créer des ensembles d'assertions par l'utilisation de ces contextes en les regroupant dans un treillis. Dans ce cas, les contextes sont référencés pour permettre une utilisation plus souple (dotée de marqueurs implicites et explicites). Ils peuvent aussi contenir plusieurs graphes qui sont traités selon les représentations d'ensembles. Dans cette situation, les contextes sont des concepts dont les instances sont des graphes conceptuels et on peut avoir une forme retractée d'un contexte en utilisant un identifiant d'un graphe ou bien un label. En notation linéaire, on aurait : [Type C1: m] comme forme retractée permettant de se référer à [Type C1: m [Type C2: marqueur x] -> (Type R)].

Graphes de définition

Il est possible de définir un type de concept ou de relation par un autre graphe. Ces définitions sont supposées mettre en jeu des concepts et des relations plus élémentaires, d'un plus bas niveau d'abstraction, à l'image d'un dictionnaire. Les définitions sont également supposées être isomorphes: il est toujours possible de remplacer un concept ou une relation par sa définition, et inversement.

Il existe également un lien avec les contextes: la définition représente un ensemble d'individus, alors que les contextes peuvent représenter des ensembles. Dans un contexte, on représente une instance d'un type, alors que la définition représente toutes les instances d'un type. Il est alors théoriquement possible d'extraire une définition par analogies entre plusieurs contextes, ou inversement de dériver un contexte par instanciation d'une définition.

Un autre type de définition, dite fonctionnelle, est très utilisée pour décrire une grammaire. Ces règles ne définissent alors pas forcément un type de concept ou de relation, mais leur organisation dans une structure possible. Elles permettent de spécifier des contraintes sur les types, en donnant la place de chaque type dans une structure générique : elles spécifient comment composer des types entre eux lors de la construction de graphes. Ces définitions sont souvent considérées comme un ensemble de graphes particuliers des systèmes : la base canonique. Elles permettent alors de donner une cohérence aux règles de formation des graphes. Elles sont par ailleurs très souvent centrées sur l'utilisation des types de relations: à chacune sont associés un ensemble de types de concepts à travers les arcs. Nombre de systèmes mettent en œuvre ce type de définitions.

2.2.3.3. Propriétés

Chaque graphe permet de représenter une unité d'information cohérente et complète. Cette représentation de la connaissance est à la fois computationnelle (en tant qu'affirmation) et interprétable (en tant qu'ensemble de termes). Elle permet ensuite de construire et de manipuler de manière formelle des systèmes basés sur la connaissance compréhensibles avec des propriétés et des règles très spécifiques. Elle fournit une structure beaucoup plus facile à manipuler et à formaliser: les graphes pourront être représentés comme un ensemble de triplets, chaque triplet représentant l'entrée, la relation et la sortie liés.

Le modèle de graphe conceptuel peut être implémenté sous forme d'un jeu de graphes de formes arborescentes. Il peut être exécuté et possède un format de texte sous forme linéaire qui

évolue avec une facilité d'utilisation à l'aide de programmes informatiques et de définitions qui ressemblent à des règles de construction.

En général, les relations sont d'un nombre très limité pour faciliter les manipulations et uniformiser la structure des graphes. Mais selon les besoins du système, il peut être possible d'augmenter le nombre de relations à utiliser pour exprimer plus simplement et plus soupagement des assertions complexes.

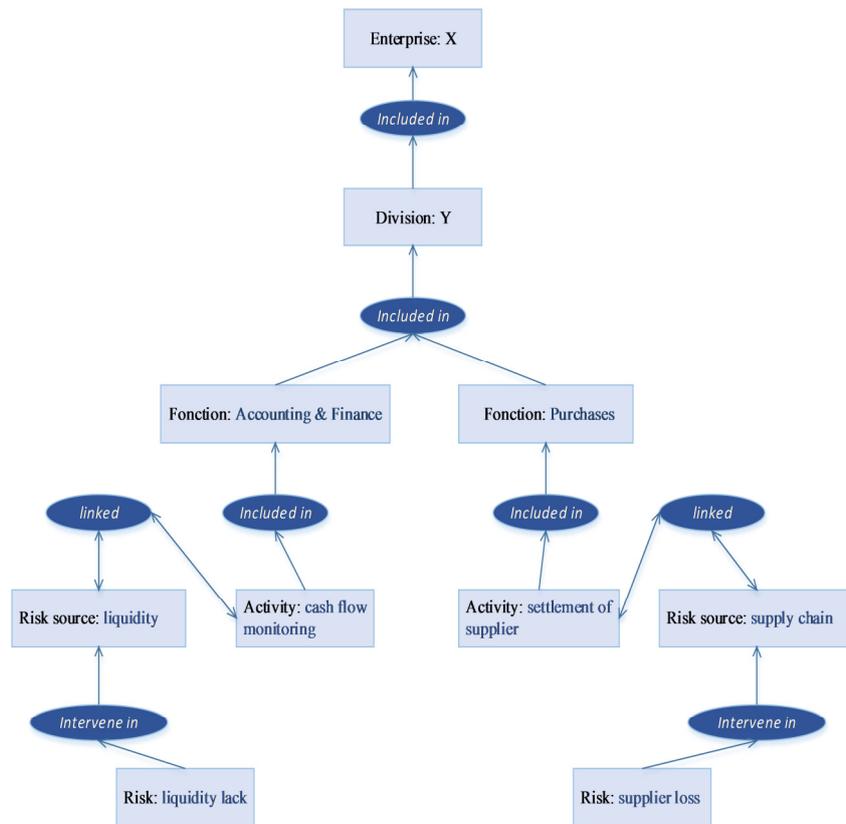
Les arcs donnent tout le sens du graphe en tant qu'assertion. Ils forment en quelque sorte l'instanciation de chaque relation en précisant quels concepts sont mis en jeu. Etant orientés, ils fournissent un ordre de lecture au graphe conceptuel.

Le typage des données, organisé par une relation d'ordre sous forme de hiérarchie permet à la fois de mieux manipuler et de mieux interpréter les graphes conceptuels. Les types vont permettre au système de comparer les concepts entre eux ou les relations entre elles. L'ensemble de marqueurs, labels implicites ou explicites, permettent de distinguer un concept de manière explicite (en le nommant) et les individus d'un même type.

2.2.3.4. Exemples (voir annexe)

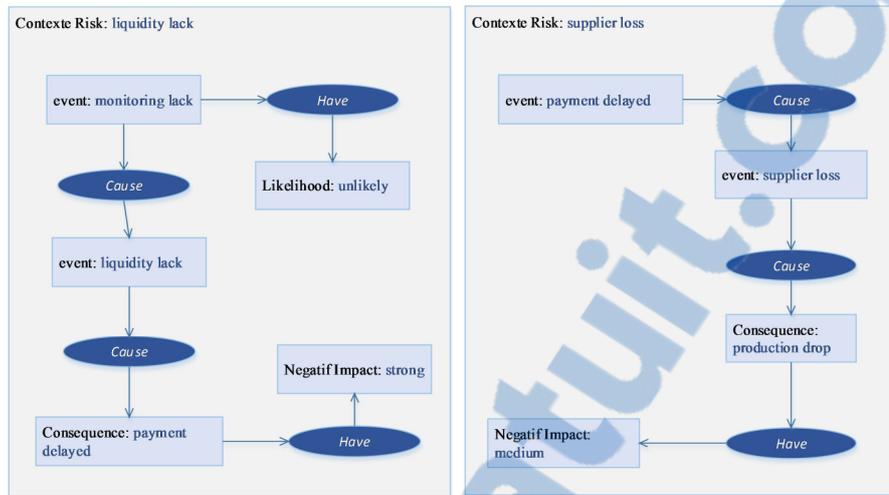
Dans l'exemple de la figure 4, le graphe conceptuel représente des connaissances de la phase de description d'un processus GRE. Il est interprété de la manière suivante: une entreprise X inclue une division Y qui incluent 2 fonctions; la fonction comptabilité et finance est incluse dans l'activité de monitoring du flux de trésorerie liée à la source de risque des liquidités dans laquelle intervient le risque du manque de liquidités; la fonction achats est incluse dans l'activité règlement des fournisseurs liée à la source de risque de la chaîne d'approvisionnement dans laquelle intervient le risque de perte d'un fournisseur.

FIGURE 4. Représentation simplifiée des connaissances de la phase de description environnementale d'un processus de GRE au moyen d'un graphe conceptuel.



L'exemple de la figure 5 est une représentation simplifiée de la connaissance de la phase d'appréciation des risques d'un processus de GRE au moyen d'un graphe conceptuel pour les deux risques de la figure précédente. Le risque du manque de liquidités est interprété comme suit: l'événement du manque de monitoring ayant une probabilité improbable cause un événement de manque de liquidités causant une conséquence de retard de paiement ayant un impact négatif fort. Le risque perte de fournisseur est interprété comme suit: l'événement de retard de paiement cause l'événement de perte de fournisseur causant la conséquence de baisse de production ayant un impact négatif moyen.

FIGURE 5. Représentation simplifiée de la connaissance de la phase d'évaluation des risques d'un processus de GRE au moyen d'un graphe conceptuel pour les deux risques de la figure précédente.



Pour conclure ce chapitre, il faut souligner le foisonnement dans de nombreux, vastes et nouveaux domaines de recherche liés à la GC et à la représentation des connaissances. En ce qui concerne cette thèse, la sélection du type de système basé sur la connaissance, le plus approprié pour une conception de plate-forme Web, comme support pour le système GRE proposé, a exploité la puissance représentative des graphes conceptuels. Cet aspect sera développé dans le chapitre 5.

CHAPITRE 3 : SYSTEME DE GRE PROPOSE

Compte tenu de l'argumentation développée dans l'introduction générale, l'objectif de cette thèse est de produire un processus simple, tout en étant universel, de mise en œuvre de la GRE dans les PME. Ces dernières englobent un assez large éventail (allant des micro-entreprises à celles de tailles substantielles) et présentent des besoins généralement radicalement différents.

L'intégration des composantes de la GRE de façon modulaire, avec des éléments obligatoires et d'autres optionnels, devrait permettre aux PME de ne pas être submergées par une GRE complète et de répondre à leurs besoins spécifiques en fonction de leur culture et de leurs capacités (Mikes & Kaplan, 2015).

3.1. PARADIGME DE CONCEPTION

Comme indiqué précédemment, il existe actuellement deux principaux types d'approches dans la GR en général: le cadre et la méthodologie. Le premier est généralement censé être plutôt universel, tandis que le second, étant plus spécifique, est généralement plus simple à utiliser.

L'hypothèse exigeant que la simplicité et l'universalité soient conjointement incarnées dans une approche optimale conduit aux trois options suivantes: soit un cadre rendu simple à utiliser; soit une méthodologie rendue plus adaptable; soit les deux propositions précédentes jointes en tandem dans un seul produit. Cette dernière solution a finalement été retenue dans ce travail en raison de son avantage synergique sur les deux premières. Il est entendu que dans ce cas la méthodologie personnalisable devra être conforme au cadre simplifié auquel elle serait associée.

Par ailleurs, la solution à concevoir doit également répondre de manière adéquate aux principales contraintes et besoins spécifiques des PME. Elle devrait offrir des coûts d'accès réduits pouvant être acceptables non seulement en termes de ressources allouées (temps, infrastructure, humaines et financières) et de niveau de complexité gérable, mais également adaptées aux différents contextes, spécificités et besoins d'une entreprise donnée, fournissant des outils associés flexibles de sorte qu'aucun besoin d'apprendre ou d'en développer de nouveaux ne soit requis pour chaque cas particulier.

Par conséquent, les principales spécifications du design par rapport aux PME devraient d'abord être établies en tirant parti des recommandations au sujet des meilleures pratiques

trouvés dans la littérature, telles que celles faites dans des études basées sur des enquêtes empiriques (Brustbauer, 2016; Gao et al., 2011; Henschel, 2009; Islam et al., 2008) ou sur des cas réels testant des méthodes particulières (Marcelino-sádaba et al., 2013) ainsi que dans une revue de la littérature (Falkner & Hiebl, 2015). Elles sont rassemblées et décrites dans la première colonne du tableau 8. Sur la base de leur analyse, les principes de conception correspondants pour le cadre et la méthodologie peuvent être élaborés et sont également présentés dans le tableau 8.

TABLEAU 8. Spécifications du design concernant les besoins des PME et principes de conception correspondants du cadre et de la méthodologie

Spécifications	Principes	
	Cadre	Méthodologie
Flexible et adaptable à différents contextes (systèmes, secteurs, fonctions, culture et capacités, par exemple) et besoins, étant donné que spécifique est la meilleure option mais d'un coût prohibitif.	<p><u>Modularité</u></p> <p>La méthodologie correspondante de n'importe quel module peut être personnalisée sans changer tout le reste.</p> <p><u>Optionalité</u></p> <p>Seuls les modules requis pour répondre aux besoins spécifiques d'une PME donnée sont mis en œuvre.</p>	<p><u>Ajustabilité</u></p> <p>Il est possible de traiter différents contextes de business en élevant d'un degré le niveau d'abstraction.</p>
	Convenable, facile à comprendre et rapide à utiliser pour réduire considérablement le besoin d'expérience, de formation ou de personnel qualifié, en raison de connaissances limitées ou insuffisantes en matière de GR.	<p><u>Modularité</u></p> <p>Des étapes réduites et clairement définies limitent le risque d'incompréhension.</p> <p><u>Optionalité</u></p> <p>Moins il y a de modules optionnels mis en œuvre, plus le processus est simple et court.</p> <p><u>Séquentialité</u></p> <p>Une compréhension intime de l'ensemble des processus d'intégration et de mise en œuvre est obtenue, tout en évitant la perte de temps dans un parcours non optimal.</p>
Construire en souplesse et progressivement la capacité en GR et sa culture, afin de ne pas submerger la PME et		<p><u>Optionalité</u></p> <p>En commençant uniquement par les modules obligatoires et en ajoutant progressivement des modules facultatifs, lors des itérations suivantes, le processus est plus facile à appréhender au</p>

Spécifications	Principes	
	Cadre	Méthodologie
réduire ainsi le risque qu'elle quitte le processus.	début. <u>Séquentialité</u> L'organigramme interdit le parallélisme et reporte (dans la mesure du possible) certaines tâches qui ne doivent pas nécessairement être mises en œuvre en premier lieu, réduisant ainsi la lourdeur du processus.	veau de profondeur et du degré de détails recherchés.

Comme on peut le déduire du tableau 8, une idée cruciale pour prendre en charge les problèmes exposés est de reléguer les sujets complexes dans des activités facultatives, en concevant une partie obligatoire expurgée, autant que possible de ce qui pourrait être, selon le cas, reporté, traité progressivement ou même pas du tout pris en compte. Au fur et à mesure que la connaissance, les mécanismes et la culture de la GR sont développés dans une entreprise donnée, l'ajout de modules optionnels ne doit pas perturber le processus en cours.

Une autre idée de base concerne la nécessité de fournir une modularité étendue qui devra être exécutée de telle sorte que chaque module soit intégré et/ou implémenté un à la fois, de manière séquentielle et surtout sans qu'il soit nécessaire de bien comprendre les modules suivants.

Une exigence capitale supplémentaire se retrouve dans le besoin de directivité du système, de sorte que les non-professionnels en GR puissent facilement comprendre et exécuter chacun des modules. Pour atteindre ce but, chaque module doit être fragmenté en un ensemble de tâches simples (élémentaires).

Enfin, une idée clé est corrélée à la propriété de l'ajustabilité, d'une part, au contexte général (stratégique et opérationnel) des PME et, d'autre part, au degré de profondeur d'analyse souhaité. Cela signifie que l'on peut implémenter un module assez rapidement et facilement en procédant plutôt superficiellement lors de la première itération, puis évoluer vers une façon de faire plus large et plus profonde lorsque l'on se sent plus à l'aise avec le processus de mise en œuvre, en développant par la même occasion une expertise si nécessaire.

Par conséquent, il est apparu que la conception du cadre devait reposer sur la fragmentation de chacune des composantes constituant le cœur d'un processus de GRE (F&C, M&A et R&T), comme schématisé sur la figure 1 (Chapitre 1), en un ensemble de modules séquentiels, dont certains seraient facultatifs, avec une gamme d'activités claire et concise.

Tandis que chaque module correspondant de la méthodologie doit être construit de manière bien structurée, en suivant les orientations générales du cadre, tout en tenant compte, autant que possible, en fonction des cas, des principes de directivité et d'ajustabilité aux divers contextes et niveaux de détails.

Considérant le sujet de l'évaluation des risques, une PME qui se concentre sur des méthodes quantitatives pourrait facilement en faire un mauvais usage et échouer dans cet exercice en raison d'une insuffisance ou d'un manque de capacités et de culture de la GR. Ainsi, il est soutenu que la méthodologie devrait s'éloigner de ces méthodes (Henschel, 2009; Marcelino-sádaba et al., 2013) et se concentrer davantage sur la compréhension des risques, la reconnaissance et le développement des compétences fondamentales en matière de GR (Amundrud & Aven, 2015).

À ce stade, l'attention se focalise sur les contenus du cadre et de la méthodologie qui doivent être développés autour des trois axes clés d'une GRE, comme exposé dans le Chapitre 1. Sachant que les enjeux de mise en œuvre du noyau de la GRE, associés à chaque axe, doivent être pris en charge par la résolution systématique des principales lacunes correspondantes de la GR classique qui ont été mises en évidence dans l'introduction.

Dans cette perspective, en particulier pour parvenir à un processus de GRE complet, la complexité due à l'inter-connectivité intrinsèque des risques (Ogutu et al., 2018) doit être abordée en premier lieu. Cet aspect peut aboutir à un chevauchement de la catégorisation des risques, ce qui rend difficile la classification rigide des risques tout au long du processus de GRE. Pour accomplir cette tâche, un modèle de représentation des risques hautement structuré doit être développé et constitue en réalité l'épine dorsale du système proposé, comme cela sera détaillé plus loin.

Une autre difficulté bien connue consiste à maintenir une cohérence globale pour réaliser une GRE intégrée. En effet, premièrement, il est probable qu'il existe une pluralité d'outils pour l'appréciation des risques en lien avec les différentes fonctions et types de projets de l'entreprise, ce qui entraîne un certain degré d'incompatibilité. Cet inconvénient pourrait être traité par un principe de cécité vis-à-vis des mesures, modèles et méthodes d'appréciation des risques, qui devrait être atteint à travers la capacité d'intégration de résultats finaux obtenus par d'autres méthodes, tout en maintenant la cohérence.

Deuxièmement, même si des outils identiques ou compatibles sont utilisés, le problème reste prégnant, même si à un niveau inférieur. À cet égard, deux préoccupations doivent être notées: les critères de marquage et de mesure pourraient être différents pour une cible donnée et

les subjectivités individuelles pourraient produire des évaluations de risque incohérentes. Pour contourner le premier problème, il est généralement préconisé d'utiliser simplement un langage commun, alors que pour le second, une correction impliquant une normalisation par rapport à la préférence globale de l'entreprise, telle que recommandée habituellement, semble tout à fait satisfaisante.

Enfin, il reste un obstacle majeur à traiter afin que la GRE présente effectivement un caractère stratégique. Cette problématique est généralement traitée en alignant le processus de GRE sur le contexte stratégique. Ainsi, ce qui est défini, par consultation entre les parties prenantes, comme le contexte stratégique de l'entreprise, devrait être traduit au niveau opérationnel. Pour ce faire, il est apparu pertinent de lier les risques identifiés au contexte stratégique, de manière actionnable (ayant une valeur pratique) et systématique, comme une partie intégrante de la routine d'identification et de représentation des risques.

Les idées développées dans cette section constituent le canevas général sur lequel le système de GRE proposé a été conçu pour résoudre les problèmes exposés. Certaines parties suivent, plus ou moins, le cas échéant, les modèles et les contenus fréquemment trouvés dans la littérature, tandis que d'autres, les plus importantes, introduisent des caractéristiques novatrices clés comme cela est argumenté dans le chapitre de discussion.

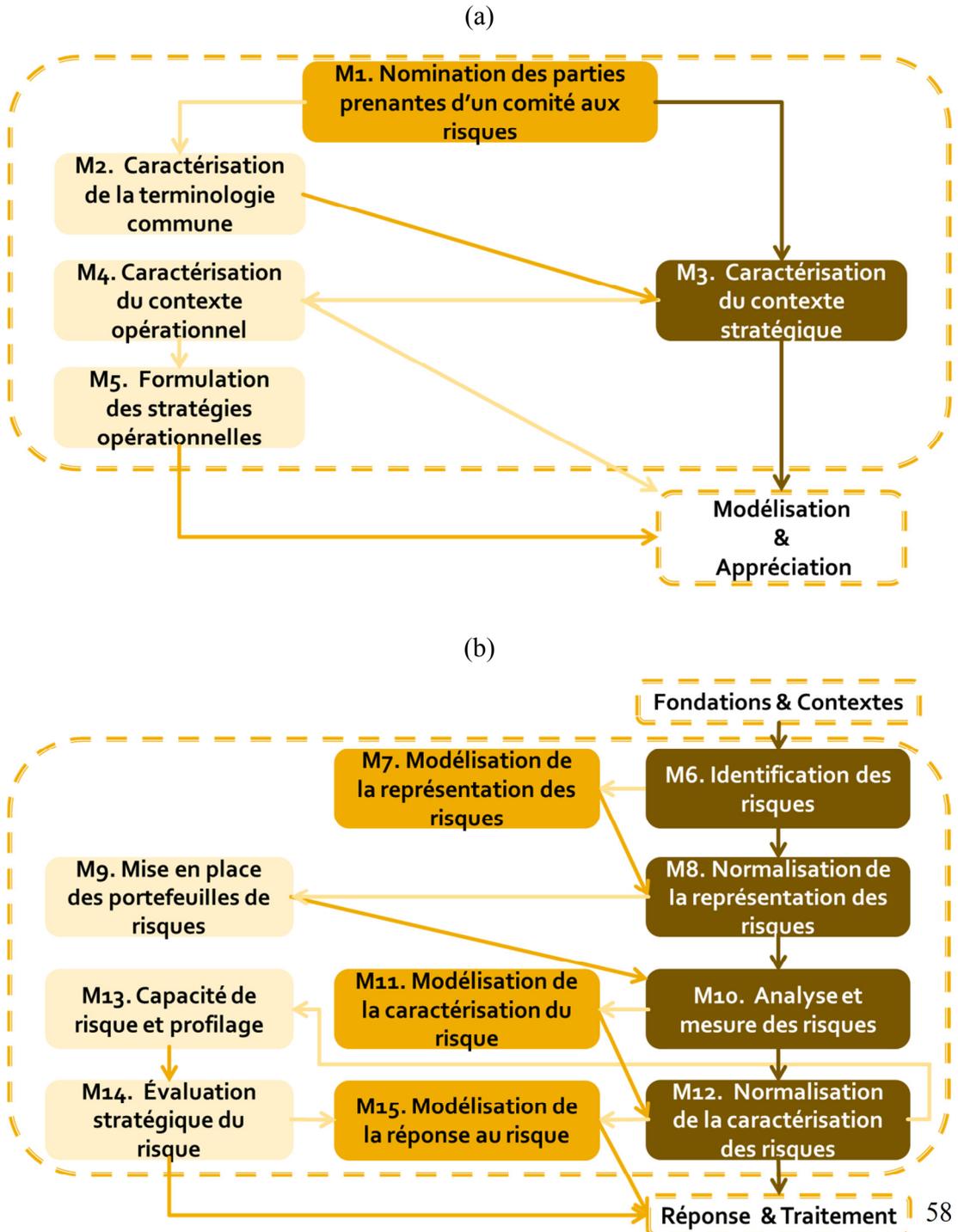
3.2. CADRE MODULAIRE OPTIONNEL SEQUENCIEL

La figure 6 présente le cadre MOS du système proposé. Il convient de rappeler que cela correspond aux trois composantes du cœur du processus de GRE synthétisé (voir figure 1). Les composantes de support restantes (C&I et M&R), étant connectées à tous les autres, ne sont pas décrites dans ce schéma mais présentées à la fin de cette section, sachant que leur contenu doit être intégré à chacun des modules de base.

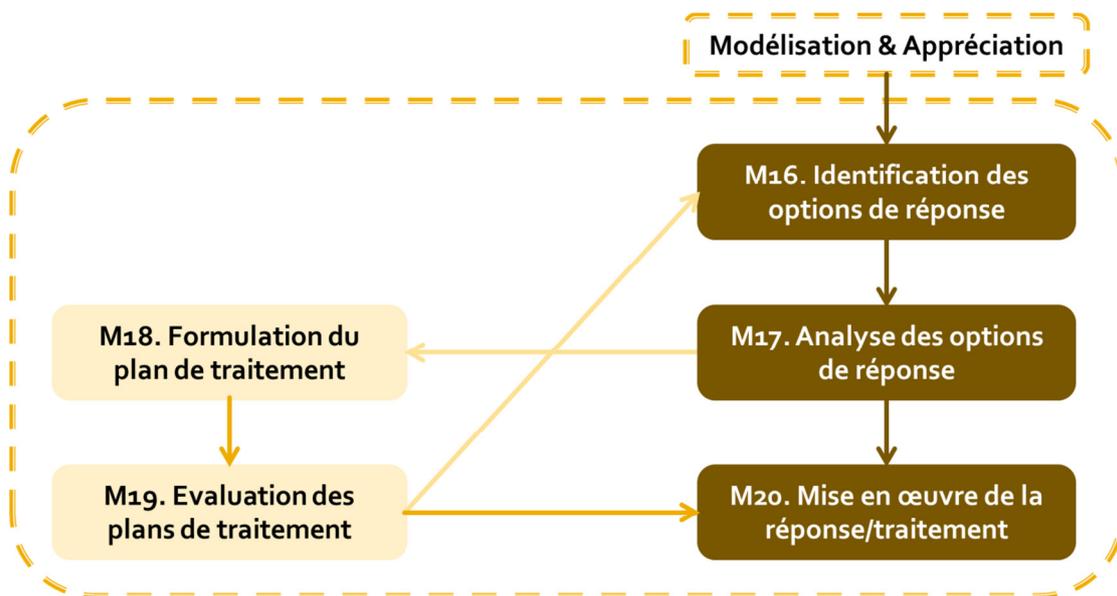
Les modules de droite de la figure 6 sont obligatoires, ceux du milieu, bien qu'obligatoires pour la première itération, n'ont pas besoin d'être implémentés régulièrement par la suite (servant principalement à créer les outils de la normalisation de la modélisation, ils nécessiteraient d'être ré-implémentés que s'il y a des modifications dans la modélisation), et les modules de gauche représentent les phases facultatives. Ces dernières ne sont pas envisageables, de préférence, pour les très petites entreprises car nécessitant la mise en place d'outils relativement sophistiqués pour leur implémentation en s'assurant de leur compatibilité avec tous les autres déjà présents. Les flèches indiquent l'ordre des séquences avec la contrainte de ne prendre qu'un seul chemin à la

fois (la mise en œuvre en parallèle de deux modules qui se suivent est interdite). Chaque étape du cadre est décrite succinctement ci-dessous.

FIGURE 6. Cadre MOS proposé correspondant au composantes cœur du processus synthétisé de GRE : (a) « Fondations & Contextes » ; (b) « Modélisation & Appréciation » et (c) « Réponse & Traitement » (Bensaada & Taghezout, 2019).



(c)



3.2.1. Fondations & Contextes

La première phase est le module 1 intitulé: «Nomination des parties prenantes d'un comité aux risques». Elle consiste à déterminer qui devrait participer au processus de gestion globale des risques et quelles devraient être leurs tâches, obligations et responsabilités.

Au niveau du module 2, «Caractérisation de la terminologie commune», la terminologie adéquate pour l'entreprise ciblée est adoptée. Les termes sont utilisés comme des marqueurs communs normalisés pour contribuer à rendre les activités des modules suivants plus directes, simples et cohérentes.

Dans le module 3, «Caractérisation du contexte stratégique», les principales variables stratégiques de l'entreprise doivent être comprises, définies et exprimées de manière significative et actionnable (exploitable). Cette étape devrait contribuer à orienter les décisions relatives aux risques.

Au stade du module 4, «Caractérisation du contexte opérationnel», le fonctionnement interne ainsi que les stratégies réelles et/ou potentielles doivent être compris, définis et exprimés de manière significative et actionnable. Ceci devrait permettre la priorisation des domaines de

l'entreprise ciblés par la GRE en tant que pointeurs en termes de ressources et d'efforts à y consacrer.

Le module 5, «Formulation des stratégies opérationnelles», consiste à définir en détails puis exprimer le plan opérationnel pour les contextes opérationnel et stratégique déterminés dans le cadre de n'importe laquelle des cibles de GRE caractérisées précédemment.

3.2.2. Modélisation & Appréciation

Le module 6, «Identification des risques», a pour objectif d'identifier tous les risques auxquels l'entreprise pourrait être confrontée. Quelque soit le type de techniques d'identification utilisées (ex. inventaires d'événements, enquêtes de risque et analyse de scénarios), elles doivent de préférence prendre en compte les outputs (résultats) des modules précédents.

Un modèle de représentation des risques (MRR) doit être conçu dans le module 7, «Modélisation de la représentation des risques». Il devra intégrer de manière consistante les constituants de GR précédemment utilisés et se traduire par un outil de description des risques bien structuré et répondant aux besoins de non-spécialistes.

Les objectifs principaux du module 8, «Normalisation de la représentation des risques», consistent, d'une part, à normaliser la description des risques (qui auraient pu être identifiés et représentés de différentes manières) et, d'autre part, à l'affiner et à l'étendre en accord avec le MRR (voir module 7). Cette phase devrait permettre à l'ensemble du processus d'être indépendant (aveugle) vis à vis des diverses méthodes d'identification des risques, offrant ainsi une représentation des risques universelle, mais néanmoins cohérente.

Le module 9, «Mise en place des portefeuilles de risques», est destiné à trier les risques de l'ensemble du pool de risques en fonction de similarités, dans le cadre du MRR, via l'analyse des corrélations des données. Ils doivent être regroupés dans des ensembles (portefeuilles) afin de pouvoir être facilement gérés (c'est-à-dire analysés, surveillés, examinés, traités ou exploités) ensemble. Une catégorisation flexible personnalisée (adaptée) à une entreprise donnée devrait être obtenue comme aboutissement final.

Le module 10, «Analyse et mesure des risques», a pour objectif d'analyser et de mesurer les risques identifiés. Pour ce faire, les méthodes (qualitatives et/ou quantitatives) sélectionnées devraient dépendre des types de risque et de la profondeur d'analyse souhaitée. Au préalable, certaines d'entre elles pourraient avoir besoin d'affiner leur représentation des risques associés (ex. la fragmentation ou la fusion des risques, le détail des événements et scénarios alternatifs).

Au cours de la phase du module 11, «Modélisation de la caractérisation du risque», un modèle de caractérisation du risque (MCR) avec ses critères de risque bien définis (ex. nature et types de dimensions d'analyse; manière avec laquelle un niveau de risque doit être déterminé et le moment où un risque nécessite un traitement) doit être conçu. Il devra intégrer de manière consistante les constituants de GR utilisés auparavant et se traduire par un outil de caractérisation des risques bien structuré, répondant aux besoins de non-spécialistes. Le résultat de cette phase combiné au MRR devrait permettre d'aboutir à la définition complète et normalisée du risque pour l'ensemble de l'entreprise.

La caractérisation des risques doit être faite maintenant dans le module 12, «Normalisation de la caractérisation des risques», conformément à la formulation précédente (module 11). Ainsi, l'appréciation (analyse et mesure) locale ou contextuelle d'un risque doit être réexaminée par rapport à l'échelle globale de l'entreprise. De manière similaire à celle du module 8, cette étape vise à rendre le processus entier indépendant des outils d'analyse de risques, en fournissant une caractérisation des risques universelle et cohérente. Il permet d'attribuer à chaque risque caractérisé le niveau de risque approprié.

La capacité de risque vis-à-vis des ressources disponibles doit être jaugée dans le module 13, "Capacité de risque et profilage", par rapport à la mesure dans laquelle l'entreprise pourrait supporter les risques avant qu'un état de non-récupération ne se produise. Ensuite, le niveau actuel de la répartition des risques entre les différents portefeuilles de risques doit être apprécié et exprimé en termes d'impact sur le niveau stratégique, menant à l'établissement du profil de risques agrégé de l'entreprise.

Le niveau de risque normalisé obtenu dans le module 12 devrait maintenant être mesuré dans le module 14, "Évaluation stratégique du risque", par rapport à la préférence stratégique globale de l'entreprise, en particulier les éléments constitutifs de l'appétence pour le risque (l'attitude/module 3, la tolérance/module 5, la capacité et le profil/module 13) (Rittenberg & Martens, 2012), afin de déterminer le niveau d'exposition à chaque risque. De cette manière, une classification et une hiérarchisation des risques plus fines, nécessaires pour une réponse adéquate au risque, sont obtenues. En effet, un risque peut sembler négligeable en ce qui concerne un projet, mais être assez important au niveau de l'ensemble de la société (vue stratégique), le contraire étant également vrai.

3.2.3. Réponse & Traitement

Un modèle de définition des réponses à apporter aux risques doit être conçu dans le module 15, «Modélisation de la réponse au risque». Il devra intégrer de manière consistante les composants de GR précédemment utilisés et se traduire par un outil de suivi de la réponse au risque bien structuré et répondant aux besoins de non-spécialistes.

L'identification des options de réponse (OR) aux risques, soit individuellement, soit en portefeuille, doit être effectuée dans le module 16, «Identification des options de réponse», selon trois principaux types d'option: éviter; réduire et accepter.

Au cours du module 17, «Analyse des options de réponse», l'analyse des OR en fonction de critères de faisabilité et de coûts/bénéfices (ex. finances, délais et effets sur d'autres risques et/ou portefeuilles) doit être effectuée. L'option adéquate pourrait alors être sélectionnée, sachant que la réponse à options multiples peut également être retenue car les différentes OR ne sont pas nécessairement mutuellement exclusives.

Au niveau du module 18, «Formulation du plan de traitement», la manière dont l'OR choisie doit être mise en œuvre devrait être détaillée sous la forme d'un plan de traitement complet qui doit être considéré comme une cible de GRE. Il est souligné qu'il peut y avoir un ou plusieurs plans contenant diverses combinaisons d'OR.

Dans le module 19, «Evaluation des plans de traitement», les différentes cibles de GRE obtenues en tant que plans de traitement doivent être traitées à leur tour à travers les modules de M&A. Si l'estimation déduite de l'exposition au risque résiduel n'est pas acceptable, alors il faut revenir au module 16, sinon le meilleur plan incrémentiel est sélectionné.

La dernière phase ici, le module 20, «Mise en œuvre de la réponse/traitement», est consacrée à l'exécution des OR ou des plans de traitement sélectionnés.

3.2.4. Monitoring & Révision

Le module 21, "Monitoring", traite de ce qui doit être surveillé. Il s'agit, d'une part, du fonctionnement interne du module en question afin de vérifier l'efficacité de son activité et, d'autre part, de tout facteur externe (ex. contexte ou données) susceptible de varier dans le temps et donc de modifier ou d'invalider les hypothèses antérieures. La manière dont cela peut être accompli doit également être définie (ex. responsabilité, contrôles planifiés, tableau de bord, système de notification et d'alerte et collecte de données ou d'informations).

Le module 22, «Révision», concerne la définition des modalités d'examen (ex. indicateurs de performance du module et niveau d'impact du changement) et l'évaluation de tout chan-

gement substantiel observé concernant les entités surveillées dont les impacts doivent être pris en compte, comme par exemple les données et la mise à jour d'informations ou l'amélioration du mode de mise en œuvre du module.

3.2.5. Communication & Information

Dans le module 23, "Communication", les méthodologies de diffusion et d'échange d'informations ainsi que d'interactions entre individus (communication, consultation, négociation et prise de décision) doivent être définies au moyen, selon le cas, de la sélection et/ou de la personnalisation des outils pertinents au sein de chaque module (ex. courrier électronique, partage de documents, réunion directe ou en ligne, vote, wiki, ateliers et formations).

Les éléments d'information (ex. rapports, catalogue de risques, registre d'événements, études nécessaires, décisions et actions à prendre) pertinents pour un module donné doivent être identifiés et spécifiés dans le module 24, «Information». Ensuite, l'infrastructure informatique, c'est-à-dire le matériel (ex. serveur privé, local ou cloud) autant que les logiciels (ex. éditeur de tableur ou système de gestion de base de données) doivent être sélectionnés pour servir de levier d'exploitation. Cette dernière fonction s'articule autour de trois axes majeurs qui concernent l'information:

- collecte (ex. modèle, formulaire et rapport);
- cadrage du stockage (ex. catalogue, liste, registre, taxonomie et profil);
- visualisation et exploration (ex. carte de score, graphique, tableau de bord, rapport, liste de contrôle, échelle et taxonomie).

La «Diffusion de la culture» est la cible du module 25. Les contributions individuelles à la GRE devraient être renforcées par la réduction de la résistance au changement et la diffusion de la conscience du risque ainsi que celle de la motivation par le biais de mécanismes de diffusion de la culture tels que des formations et des ateliers ainsi que des incitations relatives au niveau de contribution.

3.3. METHODOLOGIE DES COMPOSANTES AU CŒUR DU SYSTEME DE GRE

La méthodologie développée pour les huit premiers modules de base (voir figure 2) est présentée dans cette section. En guise de préambule, voici quelques recommandations générales pour une intégration plus fluide et plus efficace de la GR:

- rester simple au début, en n'intégrant que les modules obligatoires lors de la première itération, en évitant d'aller trop loin, en profondeur et dans les détails, et en se focalisant sur un nombre de risques limité à ceux qui peuvent être correctement gérés afin de ne pas surcharger les ressources;

- utiliser d'abord les outils que l'entreprise connaît déjà (ex. réunion, tableur et plateforme de partage de fichiers), puis, tout en renforçant les capacités et la culture de GR, en adopter éventuellement d'autres plus intégrés, interactifs et automatisés afin d'améliorer les performances;

- programmer à l'avance la manière dont la GRE va être intégrée et mise en œuvre, car les tâches de chaque module nécessitent une incorporation planifiée tout au long du calendrier opérationnel d'exploitation de l'entreprise.

3.3.1. Module 1: Nomination des parties prenantes d'un comité aux risques

Une structure de gouvernance normalisée, chargée de la mise en place de la GRE, devrait être formée avec deux niveaux d'implication. Premièrement, les collaborateurs devraient principalement s'occuper du volet contrôle, fixer les objectifs et la portée de tous les modules de base et également piloter la composante F&C. Deuxièmement, les assistants administrent principalement les modules de base, mais seulement à partir de celui de l'identification des risques.

En règle générale, les premiers doivent être les gestionnaires qui supervisent les principales fonctions de l'entreprise, alors que les principaux responsables opérationnels, qui sont les plus compétents dans les domaines d'activité correspondants, peuvent être nommés assistants (Henschel, 2009). En effet, pour surmonter la résistance aux changements au cours du processus de GRE, il est nécessaire d'obtenir l'appui du personnel de direction, lequel comprend parfaitement le fonctionnement de l'entreprise, ainsi que sa culture et ses valeurs (Zhao et al., 2016). Dans le cas d'une très petite entreprise, le choix est limité et le propriétaire/responsable doit présider un comité réduit, tandis qu'en général il n'y a plus de frontière entre collaborateurs et assistants. Par ailleurs, les principaux partenaires externes de la société (ex. les principaux fournisseurs et clients) devraient être sollicités pour coopérer et désigner chacun un représentant pour la coordination (Ritchie & Brindley, 2007).

Enfin, bien que ce processus soit conçu pour fonctionner sans l'aide d'un expert, le

comité peut y faire appel en cas de changement de méthodologie ou de besoin d'une expertise fine dans un domaine spécifique.

3.3.2. Module 2: Caractérisation de la terminologie commune

Une taxonomie globale doit être générée pour l'ensemble de la GRE afin de servir de langage commun, permettant un gain substantiel en précision et en efficacité (Klement, 2007), 2007). Essentiellement, elle facilite l'enregistrement et la récupération des informations (ex. rapports ou remplissage de formulaires modèles) et, également, élargit et structure les perspectives de réflexion.

À cet effet, il y a lieu de combiner la sémantique de la culture interne à l'entreprise avec toutes taxonomies de risque de domaines spécifiques pertinentes, disponibles dans la littérature (Carr, Konda, Monarch, Ulrich, & Walker, 1993; Dailun, 2004; S. Kaplan, Haimès, & Garrick, 2001; Lambert, Haimès, Li, Schooff, & Tulsiani, 2001).

La taxonomie qui en résultera, plus ou moins grossièrement élaborée, peut ensuite être affinée progressivement et itérativement au cours du processus de GRE tout en renforçant la connaissance, la culture et les capacités vis-à-vis du risque de l'entreprise, améliorant ainsi –bien que dans une version simplifiée – la représentation et l'utilisation de la connectivité hiérarchique des informations, comme promu par Haimès (Haimès, 1981). Par exemple, le terme «employé» devrait englober tous les types d'employés tels que les gestionnaires, les opérateurs et ainsi de suite.

3.3.3. Module 3: Caractérisation du contexte stratégique

Les ingrédients de base du contexte stratégique de l'entreprise, tels que les valeurs fondamentales de l'entreprise (Thekdi & Aven, 2018), les objectifs (Ogutu et al., 2018) et le modèle de business (Donnell, 2005), doivent être clarifiés et ensuite formulés en tant que paramètres stratégiques (ex. réputation, responsabilité de l'entreprise, conformité aux lois et normes, capacités de production et de distribution). Selon le cas, certains de ces derniers doivent à leur tour être subdivisés en articles plus spécialisés. Quelques exemples illustratifs sont: la réputation de la qualité des produits et du service après-vente; responsabilités sociales et environnementales; quantité et qualité de production. Des détails supplémentaires peuvent être apportés en instanciant certains paramètres stratégiques tels que le produit précis dont la réputation en matière de qualité est affectée ou la loi qui est violée.

L'attitude de l'entreprise à l'égard de chaque paramètre stratégique doit être analysée puis appréciée par rapport à des critères mesurables dont certains peuvent être (Rittenberg & Martens, 2012): croissance et/ou amélioration projetée (ex. négative, nulle, faible, moyenne et élevée); attitude de prise de risque souhaitée ou niveau de retour de risque (ex. nul, faible, moyen et élevé) et criticité (ex. une échelle de 1 à 10). Ce dernier critère signifie dans quelle mesure un paramètre stratégique donné est critique pour l'entreprise et un écart négatif peut être toléré.

En termes d'optimisation de l'allocation des ressources pour les composantes M&A et R&T, il est utile de définir et trier ces paramètres stratégiques par rapport aux critères énoncés dans le paragraphe précédent. Un moyen simple consiste à utiliser une fonction d'agrégation (ex. moyenne ou médiane) pour les organiser en une seule liste globale ordonnée.

Cette phase est très importante à prendre en compte lors de l'évaluation des risques. En effet, à titre d'illustration, un journal quotidien traditionnel qui dépend encore beaucoup du format papier et un autre qui passe complètement en format numérique adoptent des attitudes radicalement différentes à l'égard de leur paramètre stratégique «capacité de distribution». Ainsi, un risque identifié donné, lié à ce paramètre, pourrait être évalué de façon totalement différente à son égard dans chaque cas, contribuant à rendre le risque plus ou moins significatif, respectivement.

3.3.4. Module 4: Caractérisation du contexte opérationnel

L'objectif final poursuivi au cours de cette phase est de classer les différentes cibles de GRE identifiées, réelles ou potentielles, par ordre d'importance dans chaque type (ex. filiale, fonction, processus, projet, plan, activité et tâche). Il est précisé ici qu'elles sont désormais désignées sous le nom d'unités opérationnelles (UO) de risques si elles peuvent être décomposées en activités ou en tâches.

Pour ce faire, il convient tout d'abord de définir les paramètres opérationnels sur lesquels chaque UO doit être évaluée. Ils pourraient être par exemple: score d'importance; score d'indépendance, attribuant le score complet à l'UO véritablement autonome sur laquelle aucune autre ne s'appuie; délais, tels que le début, la durée d'exécution ou la fin; échelle de complexité et niveau de divergence par rapport à ce qui est habituellement fait.

Deuxièmement, les différentes UO doivent être identifiées selon une approche descendante, du type le plus global au plus spécifique, en définissant de cette manière les liens d'inclusion verticale (parent-enfant) entre les UO. En effet, il existe des imbrications

hiérarchiques telles qu'une UO peut être subdivisée en plusieurs autres à différents niveaux, comme dans le cas d'une fonction pouvant englober plusieurs processus et projets, chacun comprenant généralement des activités multiples.

Troisièmement, chaque UO doit être évaluée en fonction des paramètres opérationnels. Un score de priorité peut maintenant être attribué à chaque UO selon une fonction d'agrégation.

Enfin, la classification des UO dans chaque type doit être établie en fonction de leurs scores pour obtenir les listes ordonnées (classées) correspondantes aussi bien globales que spécifique (enfant).

3.3.5. Module 5: Formulation des stratégies opérationnelles

Les stratégies opérationnelles de l'entreprise sont formulées par le biais de leur transcription en indicateurs appropriés (Calandro & Scott, 2006) définis pour chaque UO pertinente de type 'activité'. Certaines mesures de performance formalisées de l'entreprise peuvent être utilisées et de nouvelles peuvent être créées, si nécessaire. La valeur cible de performance et le seuil de tolérance de déviation sont définis pour chaque indicateur. Ils sont basés sur les contextes opérationnel et stratégique actuels de l'entreprise. Le dernier est représenté par les paramètres stratégiques les plus pertinents directement impactés en cas d'échec de l'activité et par les critères d'évaluation correspondants de l'attitude vis à vis du business, présentés dans le module 3.

Des stratégies alternatives sur une UO peuvent être explorées en configurant ses différentes versions, faisant varier, par exemple: les ensembles de UO subordonnées (ex. même projet mais certaines activités sont différentes); les valeurs cibles de performance et/ou les seuils de tolérance aux déviations.

Ces indicateurs sont très utiles au macro-monitorage car ils permettront de générer un «risk scorecard» (tableau de bord des scores) (Calandro & Scott, 2006) et le profil de risque de l'entreprise dans le module 13.

3.3.6. Module 6: Identification des risques

Au cours de cette phase, un maximum de risques doit être identifié. Bien que cela puisse être fait avec n'importe quelle méthode d'évaluation (universelle ou spécialisée) prenant en compte l'identification des risques, deux outils complémentaires sont fournis ici pour mener à bien cette tâche.

Ils sont conçus pour convenir à des non-experts et, en même temps, hautement compatibles avec le MRR fourni dans le module suivant. Ils peuvent être considérés comme une forme d'approche systémique de l'identification des risques (Donnell, 2005) en cartographiant les contextes stratégique et opérationnel de l'entreprise. Ces derniers spécifient les relations entre les composants atomiques de ces outils en utilisant une taxonomie de catégories pour les analyser et identifier les événements susceptibles de menacer le business.

Le premier peut être considéré comme de nature inductive (amorçant le processus de réflexion à partir d'une conséquence) et devrait être utilisé à chaque fois qu'aucun module optionnel n'est effectué, c'est-à-dire lorsque le chemin suivi est direct du module 3 à celui-ci. Ce processus de recherche de risque consiste à identifier: d'abord, les principaux événements pouvant affecter chacun des paramètres stratégiques; ensuite, leurs déclencheurs respectifs (facteurs) et, enfin, les autres effets (conséquences) possibles et les paramètres stratégiques correspondants directement impactés. Les ressources consacrées à chaque paramètre stratégique sont allouées en fonction de l'ordre de la liste établie dans le module 3. Ensuite, une liste des risques avec leurs descriptions textuelles, leurs principaux facteurs et leurs effets est produite pour chaque paramètre stratégique correspondant.

Le second présente un caractère déductif (démarrant le processus de réflexion à partir d'une cause) et doit être utilisé à chaque fois que le module optionnel 4 est effectué. Dans ce cas, l'étendue du champ de prospection des risques est réduite au niveau d'une UO donnée pour laquelle les principaux agents impliqués, leurs types et leurs états doivent être déterminés et répertoriés sur une liste. De même, les divers événements pouvant survenir en raison des différents types et d'états d'agents, ainsi que de leurs interactions mutuelles et des impacts directs qu'ils pourraient avoir sur les paramètres stratégiques, doivent être déterminés et ajoutés aux listes correspondantes. Plus les UO ont été raffinées et détaillées et plus elles seront petites (ex. une activité versus une fonction), plus il est facile d'identifier avec précision les agents et, par conséquent, les événements dus à un risque donné.

Pour illustrer la méthodologie exposée ci-dessus, deux exemples sont détaillés ici. Prenons d'abord le paramètre stratégique qui est généralement très important pour les PME manufacturières. Dans ce cas, une identification inductive doit répondre à la question simple suivante qui constitue le cœur d'une session de brainstorming: quels événements (ex. grève, défaillance de la machine de production ou accident) pourraient se produire impactant la «capacité de production»? Et à partir de là, quels sont leurs principaux facteurs et effets? Par exemple, un des facteurs d'une «défaillance d'équipement de production» pourrait être un

manque d'entretien, et une de ses conséquences pourrait être une accélération de la détérioration de l'équipement, ce qui augmenterait le nombre de produits défectueux, affectant ainsi la «réputation».

Considérons maintenant une UO définie comme une «activité de conditionnement» faisant partie de l'UO du «processus de production». Dans une démarche d'identification déductive, ses principaux types d'agents sont les: employés, équipements d'emballage, matériaux d'emballage et produits à emballer. Il s'ensuit qu'un accident peut se produire lorsque par exemple: une machine est utilisée par un opérateur (type de sous agent de 'employé' dans la taxonomie); un opérateur est absent du poste de travail ou le matériau d'emballage est incompatible avec l'équipement d'emballage. Ainsi, ces trois événements peuvent affecter négativement la «capacité de production» de la compagnie. Le premier peut aussi avoir un impact sur la «sécurité», tandis que le dernier peut également affecter la «réputation de la qualité» si certains produits mal emballés sont malencontreusement distribués aux clients.

3.3.7. Module 7: Modélisation de la représentation des risques

Le modèle de représentation développé et proposé ici fournit une formulation à deux niveaux, permettant de saisir et de décrire les risques, à savoir bas et haut qui sont liés à des informations sur les risques respectivement plus ou moins affinées et structurées (Aven, 2018). Selon les besoins, il est possible de passer de l'un à l'autre. Les informations fournies par ces deux niveaux de représentation sont utilisées de différentes manières, selon le cas, dans les modules suivants.

La description de haut niveau (ou vue macro) est destinée à fournir une expression vague, non contrainte et esquissée d'un risque, dans un format de saisie facile à gérer. Elle sert également à regrouper les éléments de description de bas niveau. Chaque risque est associé aux attributs principaux suivants: description textuelle; principaux facteurs et effets et enfin son état (ex. potentiel, survenu et finalisé/cloturé). Toutefois, certaines informations générales complémentaires, selon le cas, doivent également être considérées et pourraient être: l'UO à laquelle il appartient; les mécanismes de contrôle existants; l'évaluation liée à la première impression (signification intuitive) ; le personnel responsable et le rapporteur d'événements.

La description de bas niveau (ou micro-vue) renvoie à une vue détaillée et bien structurée. Ainsi, plus la description est pointue (détaillée) dans la chaîne de causes et conséquences, plus la compréhension d'un risque et de ses dépendances est profonde, selon l'ampleur et la sophistication souhaitées de la modélisation. Par conséquent, chaque risque est

défini comme un ensemble d'événements enchaînés, eux-mêmes principalement caractérisés par le biais de leurs agents déclencheurs correspondants (ex. employés, équipements et conditions météorologiques) et de leurs effets immédiats. Ces événements liés sont modélisés comme un réseau de nœuds ramifié ou linéaire dans lequel on distingue trois types de nœuds: cause; conséquence et cause-conséquence.

Un nœud cause se différencie par trois propriétés correspondant à la description d'un agent contribuant plus ou moins à un événement (voir module 6): l'agent lui-même, son type et son état.

Un nœud conséquence est défini via les propriétés suivantes: paramètre stratégique directement impacté par l'événement correspondant; forme de l'impact (positif ou négatif) et indicateurs (c.-à-d. critères ou métriques (indicateurs) de mesure affectés par cet événement).

Un nœud cause-conséquence est la combinaison des deux nœuds précédents.

Il convient de noter que chaque événement est constitué d'un ou de plusieurs nœuds causes mais d'un seul nœud conséquence. Cette contrainte est l'élément moteur pour l'identification des paramètres stratégiques affectés par un risque et permet de ne pas prendre en considération les événements secondaires n'ayant pas d'impact stratégique direct, en les exprimant en tant que nœud cause (état de l'agent) de l'événement principal correspondant ou en les ignorant complètement. Par conséquent, un nœud conséquence étant unique, il peut représenter l'événement principal d'un risque, tandis que les nœuds causes représentent les circonstances dans lesquelles il s'est produit.

Le point final est que la formulation de la représentation des risques décrite ci-dessus doit être appliquée au moyen de formulaires modèles faciles à remplir et compatibles, qui doivent en outre être conçus de manière à ce que les informations renseignées soient faciles à gérer (ex. ajouter, rechercher, modifier et supprimer). L'harmonisation des tags de description d'événement est réalisée en guidant le personnel impliqué dans la GRE à remplir les formulaires modèles. À cette effet, il est recommandé de fournir par exemple des listes de contrôle supplémentaires (obtenues en tant que outputs des modules précédents) ou bien, au lieu de formulaires modèles avec un style à champs de texte, des listes de cases à cocher ou déroulantes.

3.3.8. Module 8 : Normalisation de la représentation des risques

Les risques identifiés dans le module 6 doivent être analysés selon la grille de lecture des formulaires modèles de la représentation des risques (voir module 7) afin de normaliser leur description car ils pourraient avoir été auparavant représentés de différentes manières.

Commençant (étape 1) par le niveau haut, chaque risque doit être décomposé en ses principaux facteurs et effets. Ensuite (étape 2), les agents d'événement (c'est-à-dire les agents des facteurs et effets principaux) et les paramètres stratégiques impactés sont déduits. À ce stade (étape 3), allant vers le niveau bas, ces éléments sont structurés en tant que nœuds d'événements liés entre eux, garantissant ainsi que le chaînage des causes et des conséquences est bien structuré et cohérent. Pour ce faire, des règles de base doivent être appliquées et sont:

- les agents d'événements de type facteurs principaux sont instanciés en tant que nœuds causes;

- les agents d'événement de type effets principaux sont instanciés comme des nœuds cause-conséquences;

- les paramètres stratégiques impactés sont soit instanciés en tant que nœuds conséquences, soit doivent être intégrés dans les nœuds cause-conséquences correspondants.

Enfin (étape 4), il convient de combler les lacunes en matière d'identification des risques et d'affiner ce qui aurait pu être mal exprimé, élargissant de la sorte la chaîne des causes et conséquences par cette exploration et clarification plus approfondies. Il est à noter ici que, comme cette procédure peut prendre beaucoup de temps, il est important de trouver le bon équilibre entre l'importance d'un risque donné et le temps qui lui est consacré.

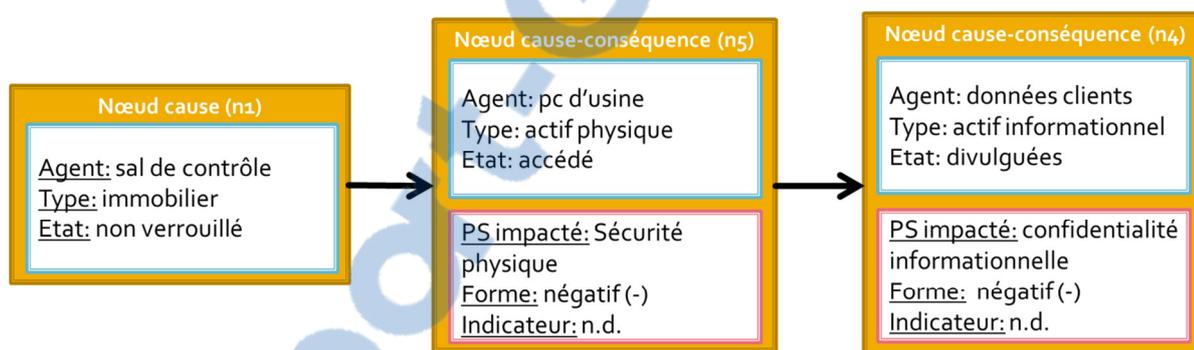
Deux cas réels tirés de la littérature ont été retravaillés selon le protocole de normalisation décrit précédemment et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous. Le but ici est d'abord de démontrer la faisabilité efficace de cette normalisation par étapes directive, puis de mettre en évidence les avantages indéniables de notre représentation par rapport aux originales.

Le premier cas concerne un risque sélectionné dans une étude consacrée à l'identification des risques des systèmes d'information (Davidson & Lambert, 2004) où le MRR repose sur deux axes (menace pour les actifs informationnels et vulnérabilité des actifs physiques) et est segmenté en trois catégories de risque du système d'information (confidentialité, intégrité et disponibilité). Dans ce modèle, le risque considéré est exprimé comme suit: "Les données client (actif informationnel) divulguées (menace pour l'actif informationnel) par un PC d'usine (actif physique) en cours d'accès (vulnérabilité de l'actif physique) induisant une perte de confidentialité". Maintenant, selon la méthodologie proposée dans cette thèse, les résultats apparaissent comme décrits dans le tableau 9, pour les trois premières étapes, et sur la figure 7, pour la phase finale.

TABLEAU 9. Normalisation pas a pas de la représentation des risques du premier exemple jusqu'à l'étape 3.

Etape	Description
Une	- Facteur principal : PC d'usine en cours d'accès. - Effet principal : données clients divulguées; perte de confidentialité.
Deux	- Agent facteur : PC d'usine - Agent effet : données clients - Paramètre stratégique impacté: confidentialité informationnelle
Trois	- Nœud cause (n1): PC d'usine (agent); actif physique (type); accédé (state). - Nœud cause-conséquence (n2): données clients (agent); actif informationnel (type); divulguées (state); confidentialité informationnelle (direct impact); négative (forme de l'impact direct); non disponible (indicateur clé).

FIGURE 7. Illustration schématique de la représentation du risque finale de bas niveau du premier exemple selon la méthodologie proposée (étape 4).



Comme défini dans le tableau 9, n1 a été considéré comme un nœud cause au début (étape 3), mais il est apparu qu'il convenait de se demander pourquoi et comment le PC de l'usine pouvait être accédé en premier lieu. L'ensemble de ces réponses constitue une extension de la représentation par l'ajout d'un nœud cause (n3) et en transformant n1 en un nœud cause-conséquence (n1'), comme illustré sur la figure 7. Il faut noter que, ce faisant, n1 a perdu son statut de cause-racine au bénéfice de n3.

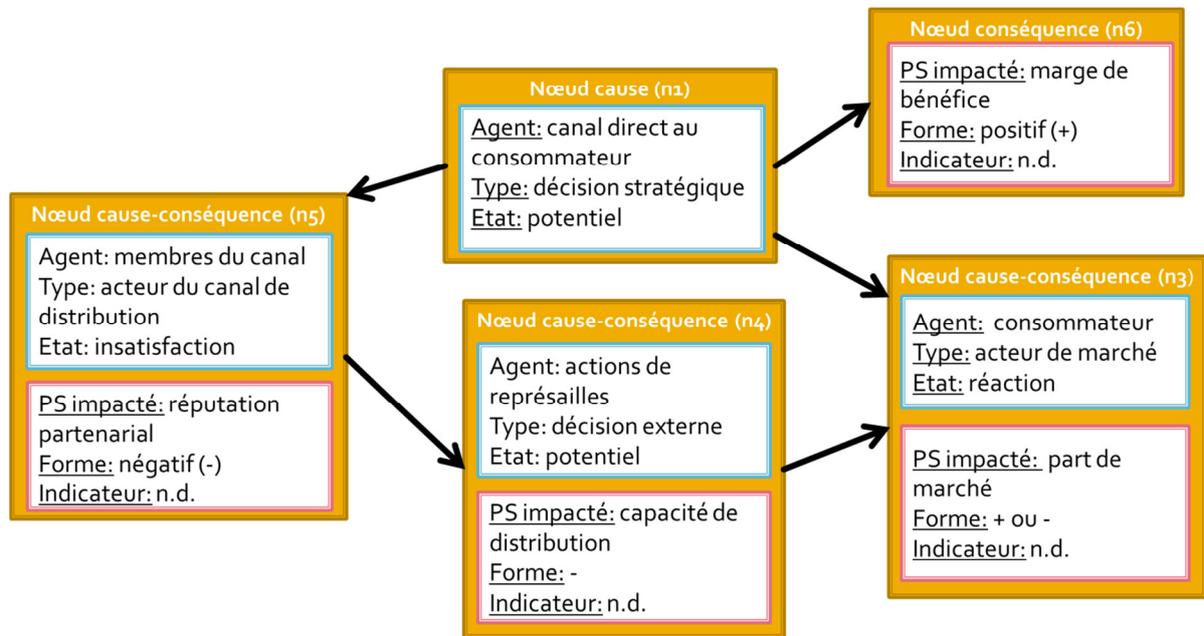
Le deuxième exemple concerne un risque de chaîne d'approvisionnement qui est identifié dans une description textuelle comme suit (Ritchie & Brindley, 2007): "La décision de développer un nouveau canal direct vers le consommateur, en contournant les membres existants

du canal de distribution, exposerait l'entreprise à de nouveaux risques liés à la fois à la réaction du consommateur et aux représailles des autres membres du canal, même s'il est possible d'améliorer les effets potentiels liés aux performances". Dans ce cas, les trois premières étapes de la méthode de normalisation de la représentation proposée conduisent aux retombées décrites dans le tableau 10, les résultats finaux étant illustrés sur la figure 8.

TABLEAU 10. Normalisation par étapes de la représentation des risques du deuxième exemple jusqu'à l'étape 3.

Etape	Description
Une	<ul style="list-style-type: none"> - Facteur principal: la décision de développer un nouveau canal direct au consommateur, évitant ainsi les membres du canal de distribution existants. - Principaux résultats: la réaction du consommateur; actions de représailles des autres membres de la chaîne; amélioration de la performance.
Deux	<ul style="list-style-type: none"> - Agents de facteurs: canal direct vers le consommateur; membres du canal. - Agents de résultats: le consommateur; actions de représailles; membres du canal. - Paramètre stratégique impacté: performance.
Trois	<ul style="list-style-type: none"> - Nœud de cause (n1): canal direct au consommateur; décision stratégique; potentiel. - Nœud cause (n2): membres du canal; acteur du canal de distribution; insatisfaction. - Nœud de cause-conséquence (n3): consommateur; acteur de marché; réaction; non disponible; non disponible; non disponible. - Nœud cause-conséquence (n3): consommateur; acteur de marché; réaction; indisponible; indisponible; indisponible. - Nœud de cause-conséquence (n4): actions de représailles; décision externe; potentiel; non disponible; non disponible; non disponible. - Nœud cause-conséquence (n5): membres du canal; acteur du canal de distribution; insatisfaction; non disponible; non disponible; non disponible. - Nœud de conséquence (n6): performance (impact direct); positive (forme d'impact direct); non disponible (indicateurs clés).

FIGURE 8. Illustration schématique de la représentation du risque finale de bas niveau du deuxième exemple selon la méthodologie proposée (étape 4).



Dans n6, comme défini dans le tableau 10, le terme «performance» étant défini de manière trop large, il semble donc préférable d'utiliser plutôt les «marges bénéficiaires». En effet, cela représente un paramètre stratégique plus précis susceptible d'être affecté par un canal direct aux clients. Pour n2, il existe une redondance avec n5 car l'agent, ainsi que son type et son état sont identiques. Il convient donc de fusionner ces deux nœuds. En ce qui concerne n3, n4 et n5, il est aisé de constater que la description textuelle d'origine clairement ne parvient pas à spécifier quels sont les paramètres stratégiques directement impactés par ce risque. Cependant, il est possible, après analyse, de percevoir qu'ils sont susceptibles d'être respectivement pour n3, n4 et n5 : une «part de marché», une «capacité de distribution» et une «réputation de partenariat».

Pour résumer, le cadre de représentation des risques proposé a permis de normaliser deux types et représentations de risques très différents. En outre, il pousse à mieux définir les impacts stratégiques directs et rechercher les cause-racines.

Il faut signaler ici, premièrement, que le premier exemple est un risque potentiel pur puisqu'il n'y a que des formes d'impact négatives, tandis que le second est un risque spéculatif

potentiel du fait de l'existence de formes d'impact à la fois positives et négatives. Deuxièmement, pour un cas réel qui s'est déjà produit, il est possible que certains nœud-causes deviennent instanciés, c'est-à-dire que les agents actuels réels doivent être consignés individuellement dans un journal d'occurrence des événements, qui est une liste des manifestations effectives d'événements.

Le résultat final de ce module est la production et la mise à jour du registre et/ou catalogue des risques et/ou événements.

3.3.9. Module 9 : Mise en place des portefeuilles de risques

Ici, il s'agit de regrouper les risques en ensembles et sous-ensembles (possédant toutes les propriétés mathématiques des ensembles finis) qui représentent des coupes dans le pool de risques et offrant des angles de vue différents. Par exemple, un portefeuille de risques peut regrouper tous les risques impliquant les managers et susceptibles d'avoir un impact négatif sur la sécurité; ou encore rassemblant tous les risques associés aux fournisseurs de l'entreprise; etc...

Ces portefeuilles de risques sont définis sur la base de fonctions de recherche (ou groupage). Ces dernières peuvent s'effectuer sur les qualifiants ou paramètres des définitions du risque et du traitement du risque, les plus importants étant:

- la terminologie (labels ou tags) des propriétés et le chainage cause/conséquence (respectivement, vues bas et haut niveau de la représentation, module 8);
- les valeurs sur les différentes échelles des dimensions de la caractérisation normalisée (module 12) ;
- le nombre, types et statut des options de réponse (module 16).

Le choix de ces fonctions doit se faire sur la base d'une prospection statistique sur la corrélation de ces paramètres ainsi que des besoins exploratoires et décisionnels, tels que les contextes stratégique et opérationnel.

Une vision GRE, moderne et forte, des portefeuilles tend à les considérer d'un point de vue holistique et engendre un certain nombre de principes, incluant les suivants (CAS - ERM Committee, 2003):

- un portefeuille de risques n'est pas la simple somme des éléments de risque individuels;
- pour comprendre, un portefeuille de risques, il faut comprendre les risques des éléments individuels ainsi que leurs interactions;

- un portefeuille de risques, vu comme un risque pour l'ensemble de l'entreprise, est pertinent pour les décisions clés concernant des risques auxquelles elle est confrontée.

Comme corollaire à ce dernier point, il faut noter la reconnaissance de «l'effet de portefeuille», à savoir le fait que le capital économique requis au niveau de l'entreprise sera inférieur à la somme des besoins en fonds propres des différents secteurs d'activité calculés de manière autonome (CAS - ERM Committee, 2003).

3.3.10. Module 10 : Analyse et mesure des risques

Au cours de cette phase, les risques et/ou groupes de risques (portefeuilles) préalablement identifiés et sélectionnés doivent être analysés. Ensuite, la projection de chaque risque sur les dimensions d'analyse doit être opérée en lui attribuant une valeur sur chacune des échelles de mesure présélectionnées.

Bien que cette tâche puisse être réalisée avec n'importe quelle méthode reconnue d'appréciation du risque, universelle ou spécialisée, prenant en compte l'analyse du risque (qualitative, semi-quantitative ou quantitative), un système d'analyse est fourni ici. Il est destiné à être utilisé par des non-experts et, en même temps, hautement compatible avec le MRR développé dans le module 7.

Il se compose de deux outils complémentaires, abordant des niveaux différents de détails, qui peuvent être utilisés conjointement ou individuellement en fonction des besoins d'analyse.

Vue macroscopique (ou haut niveau)

L'analyse de haut niveau est destinée à fournir une expression globale et esquissée des dimensions et critères d'analyse, dans un format facilitant la compréhension. Elle peut être appréhendée également comme un résumé ou synthèse de l'analyse de bas niveau décrite plus bas. En ce qui concerne les outils obligatoires de représentation de l'analyse, il y a: les dimensions d'analyse (conséquences positive et négative, vraisemblance, contrôlabilité, discrimination ou indépendance, et prédictibilité) et le choix d'une échelle qualitative pour chaque dimension. Le tableau 11 présente les six dimensions munies chacune d'exemples d'échelles qualitatives.

Vue microscopique (ou bas niveau)

L'analyse de bas niveau renvoie à une vue détaillée et bien structurée en rapport avec le chaînage des événements (les nœuds cause et conséquence) d'un risque donnée, l'analyse par portefeuille étant exclue dans ce cadre. Plus la compréhension d'un risque et de ses dépendances

est approfondie dans la modélisation de la représentation, plus l'analyse pourra être précisée. Dans ce contexte, l'instanciation de chaque dimension se fait de la façon suivante:

- les conséquences positive et négative sont instanciées sur les nœuds conséquences selon leur nature, l'instanciation représentant une appréciation (mesure) de l'impact subit par le paramètre stratégique correspondant pour un scénario donné;
- la vraisemblance est instanciée sur chaque évènement individuel du chainage (en considérant que les évènements en amont se sont produits), c.à.d. sur les liens entre les nœuds causes et conséquences et/ou les nœuds cause-conséquences;
- la contrôlabilité est instanciée au niveau des nœuds causes (agents des évènements);
- la discrimination est instanciée partout, c.à.d. en parallèle des 3 dimensions précédentes;
- la prédictibilité est instanciée sur chaque instanciation des dimensions précédentes.

Il est possible d'effectuer l'analyse et les mesures en bas niveau pour certaines dimensions (ex. conséquence) et en haut niveau pour d'autres (ex. vraisemblance).

En ce qui concerne les valeurs affectées à la contrôlabilité, il faut noter qu'elles doivent être réévaluées suite à la prise de décision concernant le traitement du risque.

Il y a lieu de noter que cette phase d'instanciation peut être effectuée à plusieurs reprises pour représenter différents scénarios dont l'utilisation est particulièrement recommandée lorsqu'il existe une disjonction dans les causes d'un évènement.

Il s'agit de procéder à une évaluation des risques et à une hiérarchisation des priorités par le biais d'une évaluation purement qualitative et d'un «ressenti intuitif» basé sur l'expérience, dans le cadre d'ateliers structurés. Pour procéder à une première évaluation du niveau de risque, le dépistage qualitatif des risques est recommandé en priorité (Reuters, 2015). Une analyse quantitative plus détaillée pourrait suivre éventuellement pour certains risques. Dans cette perspective, la troisième colonne du tableau 11 propose de possibles alternatives en quantitatif.

TABLEAU 11. Dimensions d'analyse, exemples d'échelles de mesure qualitatives et possibles alternatives quantitatives

Dimensions	Echelle de mesure qualitative	Alternatives quantitatives
Conséquence positive	<ul style="list-style-type: none"> ● insignifiant ● marginal ● mineur ● modéré ● significatif ● important ● très important ● majeur ● capital ● vital 	<ul style="list-style-type: none"> ● « Financial impact » : amélioration financière en monnaie locale ou réserve de change; valeur estimée pour le meilleur, moyen et pire cas. ● % de gain attendu dans un cadre temporel donné du paramètre straté-

Dimensions	Echelle de mesure qualitative	Alternatives quantitatives
		gique en question (s'il s'y prête).
Conséquence négative	<ul style="list-style-type: none"> ● insignifiant ● marginal ● mineur ● modéré ● significatif ● sérieux ● majeur ● sévère ● critique ● catastrophique 	<ul style="list-style-type: none"> ● « Financial impact » : dégradation financière en monnaie locale ou réserve de change, valeur estimée pour le meilleur, moyen et pire cas. ● % de perte attendu dans un cadre temporel donné du paramètre stratégique en question (s'il s'y prête).
Vraisemblance	<ul style="list-style-type: none"> ● invraisemblable ● improbable ● peu probable ● possible ● probable ● attendu ● rare ● occasionnel ● fréquent ● très fréquent 	<p>Possibilité que quelque chose se produise en:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● fréquence (si connue) ● ou probabilité (si fréquence inconnue)
Contrôlabilité	<ul style="list-style-type: none"> ● très facile ● facile ● gérable ● difficile ● très difficile 	Rapport entre les impacts de risque attendus avant et après l'application de mesures d'atténuation spécifiques.
Discrimination	<ul style="list-style-type: none"> ● indépendant ● faible ● moyen ● élevé ● très élevé 	Facteur de dépendance qui peut correspondre au nombre de risques interconnectés, en rapport avec un risque donné, calculé sur tous les portefeuilles significatifs en éliminant les doublons.
Prédictibilité	<ul style="list-style-type: none"> ● très fiable ● fiable ● confuse ● incertaine ● très incertaine 	Variabilité de l'attente (interne au modèle utilisé ou incertitude quant au modèle lui-même) et qui peut s'exprimer en incertitude sur les valeurs de caractérisation des autres dimensions en pourcentage d'erreur (\pm %).

3.3.11. Module 11: Modélisation de la caractérisation du risque

A ce stade du déroulement de la méthodologie, il faut s'atteler à la construction d'un modèle de caractérisation des risques (MCR) dont les instruments permettront au cours de l'étape du module 12 de pouvoir déterminer quand un risque donné, avec une caractérisation standardisée, nécessite un traitement ou est acceptable (tolérable). A cet effet, il y a lieu de préciser: des mécanismes d'équivalence (ou correspondance) entre appréciation locale (ou individuelle) et globale; les critères de décision et une méthode de classification associée à des

seuils de discrimination négociés. Par ailleurs, un formulaire ayant pour fonction de rassembler les données, de la caractérisation standardisée pour chaque risque, servant à la classification doit être produit.

(A) Les étapes à suivre pour la construction d'un MCR sont détaillées ci-dessous.

1°/ Cartographie des dimensions et échelles de mesure existantes: l'ensemble des échelles de mesure des méthodes d'analyse utilisées dans le module précédent au niveau des différentes fonctions de l'entreprise, doivent être repérées et rassemblées afin d'être catégorisées en fonction des dimensions d'analyse correspondantes.

2°/ Sélection des échelles représentatives: pour chaque dimension, une échelle de mesure représentative, couvrant le mieux toutes les autres du groupe correspondant, est choisie, sachant que dans certains cas une échelle de mesure donnée peut intervenir dans deux dimensions différentes (ex. 'value at risk' couvre conséquence négative et vraisemblance).

3°/ Formats des échelles de mesure représentatives: il s'agit ici de préciser le format de chaque échelle de mesure représentative au niveau global de l'entreprise, c.à.d. la manière de formuler la caractérisation du risque sur chacune des dimensions. Il peut-être de type soit discret soit continu, par rapport à une échelle qualitative, semi-quantitative (numérique qualitatif) ou quantitative, et correspondre à une valeur particulière sur celle-ci (estimation ponctuelle) et/ou un intervalle de valeurs et/ou pire et meilleur cas (scénario).

4°/ Elaboration des correspondances (ou équivalences): le niveau de risque et la manière dont il est déterminé localement doivent être réévalués par rapport à l'échelle de mesure représentative correspondante. Un tableau, formule ou fonction de correspondance est ensuite élaboré pour chacune d'elles. Il doit indiquer comment les valeurs des différentes échelles de mesure (locales) se traduisent respectivement dans celles des représentatives. Dans l'option des tables, en particulier qualitatives, il est recommandé de fournir, en plus des descriptions, des exemples de risques avec leur positionnement dans l'échelle représentative.

Si une méthode d'analyse met en jeu une combinaison de plusieurs échelles locales pour une même dimension (ex. méthode bas niveau du module 10), alors il faut prévoir une fonction d'agrégation appropriée sur les différentes valeurs représentatives correspondantes.

Dans le cas de scénarios multiples, cette 4^{ème} étape doit se faire sur chacun d'eux.

5°/ Détermination du niveau de risque: la démarche permettant la détermination du niveau de risque pour chaque risque ou portefeuille caractérisé (standardisé) se fait à travers le choix concerté d'une méthode de classification et des seuils de discrimination correspondants. Deux voies de classification sont possibles. La première, relativement simple (mais aux dépend

de la prise en compte de subtilités, car une seule valeur sert de base de comparaison), met en jeu une fonction d'agrégation des différentes dimensions d'analyse concernées en y adjoignant des coefficients de pondération et des paliers de discrimination. La deuxième, plus élaborée mais plus complexe à mettre en œuvre, est multicritère avec des seuils de discrimination. La méthode de classification sélectionnée doit être mise en œuvre en tant qu'outil de classification pouvant traiter les données de caractérisation, collectées via le formulaire, directement et facilement.

Il faut souligner dans ce contexte qu'une attention particulière doit être portée aux variations individuelles (aussi bien locales que subjectives) de compréhension, de sémantique et de criticité du risque. Par conséquent, les personnes effectuant cette analyse doivent se concerter pour confronter leurs différents points de vue afin d'aboutir à une transposition commune tout en négociant les seuils de discrimination à retenir.

(B) Comme support à ce module, un MCR généraliste est fourni ici. Il a été développé spécialement dans le but de faciliter la démarche à des non-experts. Il comporte les 6 dimensions d'analyse du tableau 11, avec pour chacune d'elles une échelle unique continue, semi-quantitative, par exemple de 1 à 10, dans le format à 4 valeurs suivant: meilleur cas; domaine borné de valeurs moyennes; pire cas (ex. vraisemblance: 1,5; [2,5; 3]; 5), fournissant une expressivité assez fine, particulièrement lorsqu'il y a différents scénarios, le pire et le meilleur en terme de conséquence devant être clairement désignés.

Dans la perspective de renseigner le formulaire qui devra contenir les données de caractérisation normalisée, les étapes suivantes sont préconisées.

1°/ Les instruments d'équivalence retenus sont utilisés pour obtenir une valeur unique dans l'échelle représentative, par scénario et dans une dimension donnée.

Pour le haut niveau, la correspondance est relativement simple: une table ou formule de correspondance par échelle/dimension.

Pour le bas niveau, la démarche est plus complexe car nécessitant, pour chaque dimension, une fonction d'agrégation des différentes valeurs d'appréciation sur l'échelle représentative utilisée par scénario. A cet effet, des coefficients de pondération appropriés pour chacune d'elles doivent être générés: les plus critiques doivent être affectées des coefficients de pondération les plus élevés. Ceux liés aux dimensions 'conséquences positive et négative' doivent venir de l'attitude sur les paramètres stratégiques, et pour la 'vraisemblance', les événements en début du chainage sont valorisés par rapport à ceux survenant à la fin. Par

ailleurs, il faut s'assurer que le retour (output) de la fonction d'agrégation pour la vraisemblance (du chainage des événements) soit inférieure ou égale à la vraisemblance de l'événement initial.

2°/ Les valeurs limites du format à 4 variables sont égales à celles correspondant au meilleur et pire des scénarios; les valeurs intermédiaires du format sont déterminées en effectuant la moyenne de toutes les autres valeurs à l'exception de l'une ou l'autre des limites, respectivement.

3.3.12. Module 12: Normalisation de la caractérisation des risques

Il s'agit de procéder à la normalisation de l'analyse des risques proprement dite. A cet effet, les tables, les formules ou fonctions de correspondances sont utilisées pour déterminer les valeurs qui serviront à remplir les espaces correspondants dans le formulaire (créé dans le module 11), à partir des analyses locales (faites dans le module 10).

Les données engendrées sont ensuite traitées à la lumière de la méthode de classification (élaborée au sein du module 11) afin d'attribuer à chaque risque caractérisé le niveau de risque approprié (ex. négligeable, faible, moyen, important, catastrophique et/ou une position (X, Y) sur une matrice ou carte des risques).

Quelques remarques sont importantes à signaler ici.

1°/Selon le cas, le nombre de dimensions mises en jeu dans la méthode de classification peut varier du minimum (deux) au maximum (toutes). Par exemple, la dimension 'conséquence positive' n'est disponible que pour les risques spéculatifs et donc n'est utile que pour la caractérisation et la comparaison de ceux-là. Concernant le minimum, les dimensions 'conséquence négative' et 'vraisemblance' doivent être impérativement utilisées car elles sont fondamentales pour tous types de risque.

2°/ Etant donné qu'il existe 4 cas selon le format préconisé (meilleur ; [meilleur moyen, pire moyen]; pire) pour chaque dimension, alors 4 classifications différentes sont produites.

3°/L'amélioration de l'appréciation des risques nécessite également une vision indépendante de la part des personnes qui ne font pas partie du domaine concerné (R. S. Kaplan & Mikes, 2012). Cela permet aussi de vérifier que la transposition reste cohérente.

3.3.13. Module 13: Capacité de risque et profilage

Cette étape implique l'agrégation de toutes les distributions de risques, reflétant les corrélations et les effets de portefeuille, et exprimant les résultats en termes d'impact sur les indicateurs et les liens avec les facteurs de risque clés de l'entreprise (c.à.d. le profil de risque global consolidé).

Pour ce faire, les étapes suivantes doivent être réalisées par portefeuille stratégique, c.à.d. adéquat par rapport à l'attitude de l'entreprise sur les paramètres stratégiques (module3):

- évaluer et noter chacun des facteurs de risque (les agents des événements, en particulier ceux des nœuds causes racines);

- agréger de manière hiérarchique les facteurs de risque selon la taxonomie (module 2) pour aboutir à une liste rassemblant les plus pertinents;

- déterminer la liste des indicateurs de risque (à partir du module 5) clés, c.à.d. pertinents et communs à l'égard d'un maximum de risques constituant l'ensemble;

- quantifier pour chaque risque l'impact sur chaque indicateur en meilleur, moyen ou pire cas;

- évaluer, par une simulation de test de stress, les effets cumulatifs au cas où certains risques auraient une occurrence simultanée.

Il faut ensuite fixer la capacité maximale de déviation pour chaque indicateur clé (capacité de risque) et concevoir un tableau de bord synthétique de scores ('risk scorecard') (Calandro & Scott, 2006) segmenté selon les portefeuilles stratégiques les plus pertinents pour l'entreprise (pour chacun on aura un état de synthèse des 2 listes précédentes).

Il est important de noter qu'il faut, en premier, agréger le profil des risques réels seulement. Il est ensuite possible d'y adjoindre des risques potentiels de futurs UO (ex. projets, processus), par exemple, et de simuler ainsi l'impact de cet ajout sur le profil de risque actuel. Aussi, la contribution marginale de chaque facteur de risque individuel au profil de risque global de l'organisation peut être déterminée en «désactivant» ce facteur de risque (et donc les risques ou scénarios associés) et en examinant l'impact sur la distribution de l'exposition des indicateurs clés. Cette technique offre un moyen simple d'isoler l'impact d'un facteur de risque particulier (tel que les catastrophes naturelles) sur l'adéquation globale du capital, par exemple. De cette manière, la priorisation des facteurs de risque, qui est souvent faite de manière qualitative, peut être validée de manière plus rigoureuse (CAS - ERM Committee, 2003).

3.3.14. Module 14: Évaluation stratégique du risque

L'objectif de ce module devrait être atteint en mettant en jeu de nouvelles échelles d'analyse et de mesure sur les risques du profil consolidé (ceux des portefeuilles stratégiques, module 13), en complément de ceux déjà existants. Les nouvelles échelles de conséquences du risque sont mesurées en terme de déviation (sur les indicateurs clés par rapport à la valeur cible, module 5) considérée comme l'exposition qu'engendre un risque individuel sur un indicateur clé. Un classement des risques plus utile se fait en termes d'impact de chaque risque sur les indicateurs clés globaux de l'organisation. Cette démarche s'effectue de la manière générale suivante:

- les risques qui sont au-dessus du seuil de tolérance (module 5) pour les indicateurs clés sont priorisés en augmentant leur niveau de risque;

- les indicateurs clés dont l'exposition cumulative au risque dépasse la capacité maximale sont priorisés, et par transitivité, les risques les impactant également.

3.3.15. Module 15: Modélisation de la réponse au risque

La modélisation de la réponse au risque (ou son traitement) doit être conçue en se basant sur une description et une caractérisation des options de réponse (OR). Ainsi, le modèle devra être construit autour des axes d'informations suivants:

Description

- description textuelle;
- personne(s) responsable (s);
- cadre d'application de l'OR, soit sur un portefeuille, soit un risque;
- type (selon la hiérarchie décrite plus bas);
- nature (proactive ou responsive);
- statut (ex. existant/appliqué, application en cours, désactivation en cours, envisagé/potentiel, ou fermé/désactivé);
- UO correspondante (si modules optionnels);

Caractérisation

- faisabilité ou facilité de l'implémentation par rapport au coût d'implémentation/application (en termes de ressources financière, humaine, etc...), délais d'exécution, complexité, expérience requise, etc...;

- impact sur les dimensions de caractérisation du cadre d'application (risque ou portefeuille) de la réponse, c.à.d. pour chaque dimension, la nature (positive, neutre, négative) et le niveau d'impact (faible,...important);

- degré de multiplicité ou nombre de risques auxquels cette réponse pourrait s'appliquer;
- prédictibilité de la caractérisation de l'OR.

Un formulaire, qui servira à regrouper les données concernant les OR pour un risque ou un portefeuille donné, doit être élaboré. Il devra servir, une fois rempli (module 16), à renseigner les différents attributs nécessaires à la définition (description + caractérisation) de chaque OR ainsi que son suivi, chacun d'eux pouvant évoluer selon les circonstances factuelles et temporelles.

Il est généralement admis qu'il y a 3 types d'OR fondamentaux qui concernent aussi bien des actions appliquées à des risques individuels qu'à des groupes de risques en portefeuilles:

- éviter, c.à.d. éliminer le risque en empêchant l'exposition à de futurs événements possibles, décidant de ne pas démarrer ou de continuer l'activité qui l'engendre ou éliminer sa source;

- accepter, c.à.d. maintenir le risque à son niveau actuel en prenant une décision éclairée afin, par exemple, d'être exploité au profit de l'entreprise ou surveillé pour déclencher des alertes précoces, en cas de modifications importantes, afin d'être traité;

- réduire, c.à.d. mettre en œuvre des politiques et procédures visant à réduire le risque à un niveau acceptable en diminuant sa probabilité d'occurrence ou vraisemblance, en modifiant avantageusement les conséquences et/ou en partageant le risque avec une ou plusieurs autres parties.

Des explications plus détaillées de ces options, assorties d'exemples, peuvent être trouvées dans la référence (Protiviti, 2006). Toutefois, et à titre illustratif, une liste ou taxonomie non-exhaustive de différents types d'OR est fournie ci-dessous:

- Evitement
 - Eliminer le risque à la source en concevant et en mettant en œuvre des processus de prévention internes.
 - Prohiber les activités, les transactions, les pertes financières et l'exposition des actifs à hauts risques (inacceptables) par le biais de politiques d'entreprise, de structures de limites et de normes appropriées.
 - Arrêter des activités spécifiques en redéfinissant les objectifs, en recentrant les stratégies et les politiques ou en redirigeant les ressources.

- Cibler le développement des affaires et l'expansion du marché pour éviter la recherche d'opportunités «hors stratégie».
- Acceptation
 - Conserver le risque à son niveau actuel, en ne prenant aucune autre mesure.
 - Exploiter en prenant ou augmentant le risque pour saisir une opportunité.
 - Renégocier les accords contractuels existants pour remodeler le profil de risque, c'est-à-dire transférer, réduire ou prendre les risques différemment.
 - Reconcevoir le modèle de business de l'entreprise, c.à.d. sa combinaison unique d'actifs et de technologies pour créer de nouveaux produits, services et canaux à valeur ajoutée.
 - Réorganiser les processus en procédant à une restructuration, intégration verticale, sous-traitance, réingénierie et délocalisation.
 - Diversifier les actifs financiers, physiques, clients, employés/fournisseurs et organisationnels utilisés par le modèle de business de l'entreprise.
 - Élargir le portefeuille d'activités en investissant dans de nouvelles industries, zones géographiques et/ou groupes de clients.
 - Refixer le prix des produits et services en incluant une prime explicite dans la tarification, lorsque les conditions du marché le permettent, pour compenser les risques encourus.
 - Différer une prise de risque quand une exposition peut avoir plus de valeur dans le futur qu'elle ne l'a aujourd'hui.
- Réduction
 - Contrôler le risque au moyen de processus ou d'actions internes qui réduisent la probabilité d'occurrence, c.à.d. que des événements indésirables se produisent à un niveau acceptable (tel que défini par la tolérance au risque).
 - Diminuer l'ampleur de l'activité qui entraîne le risque.
 - Améliorer les capacités pour gérer l'exposition souhaitée.
 - Répondre aux imprévus bien définis en documentant un plan efficace et en donnant au personnel approprié les moyens de prendre des décisions; tester périodiquement et, si nécessaire, exécuter le plan.
 - Disperser les actifs financiers, physiques ou informatiques géographiquement pour réduire le risque de pertes catastrophiques inacceptables afin de minimiser l'impact de la survenance d'un événement sur l'entreprise.

- Reconcevoir le modèle de business de l'entreprise.
- Diversifier les actifs financiers, physiques, clients, employés/fournisseurs et organisationnels utilisés par le modèle de business de l'entreprise.
- Partager ou transférer le risque encouru à une contrepartie financièrement indépendante (Optimisation de la stratégie d'assurance, réassurance et/ou capitalisation).

3.3.16. Module 16: Identification des options de réponse

Le formulaire du module 15 doit être rempli ici, de telle sorte que chaque OR existante ou envisagée/potentielle, pour chaque risque ou portefeuille, soit décrite et caractérisée selon le modèle établi, puis enregistrée. L'accomplissement de cet objectif implique la prise en compte de plusieurs règles énoncées ci-dessous.

1°/ La caractérisation des risques ou portefeuilles, effectuée au cours des modules précédents, établit leur répartition sur plusieurs niveaux de risque (module 12 ou 14), laquelle détermine l'ordre hiérarchique de priorité à considérer pour leur traitement, ou en d'autres termes, l'affectation d'OR aux risques (du plus au moins urgent).

2°/ L'identification des OR existantes (s'il y a lieu) ainsi que la conception d'OR potentielles, qui seraient appropriées, sont conditionnées par la satisfaction à des recommandations découlant des dimensions d'analyse de la caractérisation du risque. Les OR existantes non appropriées doivent être désactivées. Chacune des dimensions présentent certaines particularités impliquant une approche de réponse adaptée. Les recommandations s'assimilent à une indication pour orienter la décision à prendre concernant les différents types d'OR, c.à.d. aller vers ou éviter, tel ou tel traitement.

- Ainsi, la discrimination sert à distinguer les risques qui doivent être traités en portefeuille ou individuellement.
- La contrôlabilité qui devrait permettre de distinguer les risques qui devraient être éliminés ou évités (à titre préventif) est souvent opérée au moyen de règles, valeurs et outils de conformité standards. Les risques ayant un bon niveau de contrôlabilité et n'ayant pas de conséquence positive, survenant au sein d'une entreprise, sont nommés risques internes (R. S. Kaplan & Mikes, 2012). On peut citer comme exemples les risques liés à des actions non autorisées, illégales, contraires à l'éthique, incorrectes ou inappropriées émanant d'employés et de

gestionnaires, ainsi que ceux découlant d'une défaillance des processus opérationnels de routine. En général, les entreprises doivent chercher à éliminer ces risques, car ils ne leur apportent aucun avantage stratégique. Toutefois, elles doivent avoir une zone de tolérance pour les défauts ou les erreurs qui ne causeraient pas de graves dommages à l'entreprise et pour lesquelles la prévention serait trop coûteuse.

- La prédictibilité devrait servir à distinguer les risques qui peuvent être acceptés. En l'occurrence, un risque externe qui n'est pas intrinsèquement indésirable (stratégique, spéculatif ou dynamique) peut être pris en vue d'un retour supérieur, l'importance du risque augmentant généralement avec le rendement attendu. Par exemple, une banque assume un risque de crédit lorsqu'elle prête de l'argent. Le traitement de ce genre de risques nécessite de concevoir des processus distincts et rentables pour réduire la probabilité que les risques assumés se matérialisent réellement ou d'atténuer leurs conséquences, le cas échéant. Ainsi, si des mesures fiables ne sont pas disponibles dans un délai raisonnable en ce qui concerne un risque important, il faut alors examiner sérieusement si l'activité à l'origine du risque doit être entreprise. L'incapacité à mesurer un risque ne le fait pas disparaître. Si un risque est indésirable, par exemple s'il est hors stratégie, offre des récompenses peu attrayantes ou si l'entreprise n'a pas la capacité de le mesurer ou de le gérer, le risque est rejeté et les réponses 'à éviter' et 'à partager' sont appropriées.

En remarque finale, il faut noter d'une part qu'une même option peut répondre à plusieurs risques ou portefeuilles à la fois, et que d'autre part les OR relatives à un portefeuille se transmettent à tous ses risques constitutifs. Par ailleurs, l'approche à travers les différentes dimensions d'analyse, décrite précédemment, rejoint sous certains aspects une catégorisation des risques, assez répandue, proposée par (Kaplan & Mikes, 2012).

3.3.17. Module 17: Analyse des options de réponse

Pour identifier une OR adéquate et qui sera retenue, les données contenues dans les formulaires du module 16 doivent être analysées maintenant, en tenant compte des critères de faisabilité et aussi d'acceptabilité du rapport entre les impacts négatifs et positif, ou pour résumer, le rapport coût/bénéfice. Par conséquent, il faut avoir recours à une fonction

d'agrégation sur les paramètres de caractérisation des OR, de manière similaire à celle du module 11 ou 12. A la lumière de ces résultats, il faut ensuite procéder au réexamen des OR (celles à éliminer et celles à implémenter) et donc mettre leurs statuts à jour.

L'analyse des OR (existantes ou envisagées) s'appuie sur la méthode (CAS - ERM Committee, 2003) d'analyse de candidats qui est une forme restreinte d'analyse d'optimisation dans laquelle seul un nombre fini d'options de décision prédéfinies est considéré, et le meilleur ensemble parmi ces options est déterminé par l'analyse. L'optimisation est le processus formel par lequel les décisions (ici le choix des OR) sont prises dans des conditions d'incertitude. Les composantes d'un exercice d'optimisation incluent un énoncé de la gamme d'options de décision, une représentation des conditions incertaines (généralement sous la forme de distributions de probabilités), un énoncé de contraintes (généralement sous la forme de limitations sur l'éventail d'options de décision), et une déclaration de l'objectif à maximiser (ou minimiser).

Il est souligné que formuler une réponse au risque ne consiste pas nécessairement à choisir une option plutôt qu'une autre. La meilleure réponse peut être une combinaison d'options. Par exemple, lors de la gestion de la sécurité sur le lieu de travail, l'entreprise peut souhaiter mettre en œuvre des activités de contrôle appropriées pour réduire autant que possible les risques pour la santé et la sécurité au sein de ses processus métier, obtenir une assurance d'indemnisation du personnel adéquate pour partager une partie du risque résiduel et accepter le solde résiduel de risque à travers les franchises.

3.3.18. Module 18: Formulation du plan de traitement

Il s'agit de considérer les OR sélectionnées (module précédent), pour un risque ou portefeuille donné, sous la forme d'une ou de plusieurs UO potentielles (module 4) afin de procéder à une analyse plus détaillée. Cette situation peut prévaloir lorsque, par exemple, pour une OR donnée la faisabilité est problématique ou bien la prédictibilité est incertaine avec un bénéfice important. A cet effet, il s'agit de reconduire la méthodologie des modules 4 et 5 sur ces OR. Il est rappelé que leur mise en œuvre nécessite une description du plan de traitement selon une subdivision en UO plus basiques ou spécifiques, identifiées selon une approche descendante définissant les liens d'inclusion verticale des imbrications hiérarchiques.

Au final, il faut aboutir à une ou plusieurs stratégies opérationnelles (module 5) par plan de traitement ou UO (module 4).

3.3.19. Module 19: Evaluation des plans de traitement

Il y a lieu ici de réitérer en globalité la composante M&A du processus de GRE sur chaque UO définies au cours du module 18.

Dans le cas où des besoins de subtilité ou d'approfondissement supplémentaire et de quantification de l'analyse se manifestent, alors il est recommandé d'avoir recours à l'utilisation des grandeurs consubstantielles des modules optionnels (modules 9, 13 et 14) telles que l'appétit au risque, profile du risque et indicateurs clés.

Enfin, la détermination du niveau de risque (ex. très faible, faible, moyen, inchangé, important, très important) du risque résiduel, s'il y a lieu, devrait aider à prendre une décision concernant un plan de traitement (acceptable, non acceptable).

3.3.20. Module 20: Mise en œuvre de la réponse/traitement

La mise en œuvre effective des OR ou plans de traitement retenus peut à présent se réaliser, en évitant de contourner le monitoring, continu au cours de cette phase, et la révision, à son terme. Lors de son aboutissement, il faudra mettre à jour la caractérisation du risque ou portefeuille impliqué en veillant à mettre en place un intervalle pour la nouvelle mise à jour pour la vérification de l'événement déclencheur.

3.4. METHODOLOGIE DES COMPOSANTES DE SUPPORT

Les deux composantes d'aide à la mise en œuvre et à l'intégration du processus GRE dans les différentes fonctions de l'entreprise impliquent des aspects de planification (Henschel, 2009) qui doivent être configurés dans chaque module de base dans l'ordre séquentiel sélectionné. Cette planification peut être assimilée à l'élaboration de mécanismes de contrôle et d'exploitation (Marcelino-sádaba et al., 2013) qui doivent être intégrés à chaque module. En particulier, des moyens (ex. outils, infrastructures et ressources) doivent être définis afin de générer, communiquer, stocker, visualiser et explorer les informations, connaissances et décisions associées.

La méthodologie ici implique une évaluation continue de l'environnement du risque et de la performance des stratégies de GRE. Elle fournit également un contexte pour la prise en compte d'un risque évolutif sur une période donnée (ex. un trimestre, un an, plusieurs années).

Les résultats des révisions ou examens en cours sont exploités lorsque le cycle se répète à partir de l'étape de définition du contexte.

Toutefois, étant donné que ces mécanismes sont spécifiques à chaque entreprise et étroitement conditionnés par les capacités en ressources et la culture d'exploitation de l'entreprise, la méthodologie concernant ces modules ne peut pas être proposée ici.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION

Les principaux résultats d'une étude comparative entre l'approche proposée et plusieurs autres travaux représentatifs de la littérature sont présentés sur les tableaux 12, 13 et 14. Ils mettent en évidence les caractéristiques les plus importantes des différentes méthodes concernant, respectivement: le contexte ou configuration général; la conformité de l'architecture du cadre et celle de la méthodologie avec l'ERM. Tous ces tableaux sont organisés autour des principaux critères de comparaison correspondants.

4.1. CONTEXTE GENERAL

L'examen du tableau 12 montre qu'à l'exception de l'approche proposée, aucune des autres ne remplit l'ensemble des critères impliqués dans le contexte général d'une GRE.

Premièrement, les méthodologies de la littérature possèdent une portée limitée du contexte ou du processus, si ce n'est les deux à la fois. Parmi celles-ci, l'une (Choo & Goh, 2015) semble être la meilleure car elle couvre toutes les fonctions, mais étant spécialement conçue pour une entreprise spécifique de haute technologie, il est difficile de dire à quel point les outils et les mécanismes développés à cet effet fonctionneraient convenablement dans d'autres cas.

Ensuite, deux autres travaux (Henschel, 2009; Marcelino-sádaba et al., 2013), bien que principalement axés sur des projets, apparaissent comme les meilleurs suivants, car ils abordent toutes les composantes du processus de GRE et ciblent les PME. Ainsi, ils pourraient être directement applicables par les PME d'une manière consistante.

TABLEAU 12. Analyse comparative des contextes généraux de différentes approches.

Sources	Type* d'approche	Entreprises ciblées	Portée du processus (Composantes)	Portée du contexte (Restrictions)
Approche proposée	C et M	PME	Toutes Cœur	Sans
Choo & Goh, 2015	M	Cas spécifique	Toutes	Secteur
Davidson & Lambert, 2004	“	PME	M&E	Fonction
Donnell, 2005	“	Toutes	“	“
Henschel, 2009	“	PME	Toutes	“
Islam et al., 2008	“	“	M&E	Fonction et secteur
Kaplan & Mikes, 2012	“	Toutes	R&T	Sans
Marcelino-sádaba et al., 2013	“	PME	Toutes	Fonction
Qazi et al., 2015	“	Toutes	M&E	“
Ballou & Heitger, 2005	C	“	Toutes	Sans**
Clarke & Varma, 1999	“	“	***	“
COSO, 2017	“	“	“	“
ISO, 2009	“	“	“	“

* C: cadre; M: méthodologie; ** Projet non inclus; *** C&I non inclus.

Toutes les méthodologies restantes ne ciblent qu'une partie du processus et doivent donc être combinées avec d'autres pour le couvrir complètement, ce qui peut entraîner un problème de cohérence nécessitant une expertise pour le résoudre. Seules trois d'entre elles (Donnell, 2005; Islam et al., 2008; Kaplan & Mikes, 2012) étant directives, sont assez simples pour être utilisées directement par les PME. De plus, deux études (Qazi et al., 2015) et (Davidson & Lambert, 2004) doivent faire appel à un expert pour réaliser la modélisation, respectivement, dans son ensemble ou dans une petite partie au moins.

Deuxièmement, même si tous les cadres (Ballou & Heitger, 2005; Clarke & Varma, 1999; COSO, 2017; ISO, 2009) couvrent un large champ d'application, ils ne conviennent pas aux PME sans expertise intégrée en GR, ce qui constitue un inconvénient majeur pour elles.

4.2. ARCHITECTURE DU CADRE

Le tableau 13 montre clairement que la conception du cadre proposé est originale en raison de l'insertion de modules optionnels, renforçant ainsi l'adaptabilité, la convivialité et l'accessibilité du processus GRE, et répondant en partie au point de vue selon lequel 'one size doesn't fit all' (une seule taille ne convient pas à tous), comme le soulignent Mikes et Kaplan (Mikes & Kaplan, 2015). De plus, il présente le plus haut niveau de modularité, quantifié ici par le rapport entre le nombre de modules et celui des composantes correspondantes du processus GRE, conformément à la tendance actuelle d'augmentation de cet indice.

TABLEAU 13. Analyse comparative de différentes architectures de cadres.

Sources	Niveau de modularité*	Séquençage	Optionalité
Cadre proposé	25/5	Complet	Oui
Ballou & Heitger, 2005	8/5	Pas clair	Non
Clarke & Varma, 1999	8/4	Complet	“
COSO, 2017	20/5	Pas clair	“
ISO, 2009	12/5	Partiel	“

*Nombre de modules/nombre de composantes correspondantes du processus GRE

D'autre part, un seul cadre (Clarke & Varma, 1999) dans cet ensemble de références, à part le nôtre, fournit le séquençage (ordre linéaire) le plus complet. Ailleurs, cette dernière propriété est soit partielle, puisqu'elle n'existe que par rapport aux principales composantes de la GRE, comme indiqué dans la référence (ISO, 2009), ou n'est pas claire, comme dans (Ballou & Heitger, 2005) et (COSO, 2017) où n'y a pas de vision séquentielle du cadre. Ce manque de contrainte séquentielle est approprié pour un praticien de la GR mais peut être assez déroutant pour les PME.

4.3. METHODOLOGIE

A partir du tableau 14, il est facile de constater qu'aucune des méthodologies de la littérature ne satisfait totalement les trois critères en jeu. Au mieux, deux d'entre eux sont traités mais incomplètement et, au pire, dans (Alhawari et al., 2012; Kaplan & Mikes, 2012; Shenkir & Walker, 2007), aucun des trois ne l'est.

TABLEAU 14. Analyse comparative des principaux enjeux de la GRE abordés par différentes méthodologies.

Sources	Interconnectivité des risques	Intégration cohérente	Alignement avec le contexte stratégique
Méthodologie proposée	O*	O	O
Alhawari et al., 2012	N**	N	N
Choo & Goh, 2015	“	P***	O
Davidson & Lambert, 2004	“	P	N
Donnell, 2005	P	N	P
Haimes et al., 2002	O	P	N
Henschel, 2009	N	“	P
Islam et al., 2008	“	“	N
Kaplan & Mikes, 2012	“	N	“
Marcelino-sádaba et al., 2013	“	P	P
Qazi et al., 2015	O	N	N
Shenkir & Walker, 2007	N	“	“
Tserng et al., 2009	“	P	“

*Oui; **Non; ***Partiel.

4.3.1. Inter-connectivité des risques

En effet, l'aide au traitement de l'inter-connectivité des risques n'est fournie que dans trois cas en dehors de celui de la méthodologie proposée. Le plus proche (Haimes, Kaplan, & Lambert, 2002) se caractérise par sa nature hiérarchique et sa flexibilité (c'est-à-dire un compromis entre la précision/détails d'analyse et le temps/ressources alloués). Ensuite, bien que minutieusement élaborée dans la deuxième étude (Qazi et al., 2015), sa complexité pourrait constituer un obstacle pour les PME, en plus du fait qu'elle soit seulement axée sur la chaîne d'approvisionnement. Alors que le troisième travail (Donnell, 2005), bien que plus simple à mettre en œuvre, est limité dans les types impliqués de dépendance des risques.

Il est soutenu ici que la force de notre MRR provient du fait qu'il s'attaque de manière exhaustive et claire à l'inter-connectivité en permettant le regroupement des risques à travers leurs similarités d'ordre du chaînage des événements (dépendances de cause à conséquence) et de la connectivité hiérarchique des tags de propriétés (c'est à dire: type, état, impact direct, forme et indicateur). Cette méthode permet de s'affranchir de la catégorisation des risques, généralement rigide, en offrant une approche flexible. La raison en est l'utilisation de types

personnalisables (voir module 9) sous la forme d'une fonction de recherche sur les risques, au moyen d'une exploration simultanée de plusieurs tags de propriété ainsi que d'une catégorisation permettant non seulement une visualisation multiple mais aussi le chevauchement des perspectives.

Ce modèle a été spécialement développé pour la description des événements comme une assistance déterminante pour formaliser correctement le risque grâce à des instructions claires et précises. Il aide également à mener une investigation approfondie sur les risques (exploration de l'enchaînement des causes et conséquences et des similarités des propriétés d'événement avec d'autres risques). Ainsi, il devrait être particulièrement avantageux d'utiliser cette solution pour les très petites entreprises qui souffrent généralement d'un manque de personnel qualifié.

4.3.2. Cohérence

En ce qui concerne l'impératif de cohérence dans l'intégration des différents constituants de la GR, il est modérément pris en compte dans la littérature, en nombre et en qualité, comme on peut le déduire du tableau 14. En effet, dans les sept références abordant ce sujet (Choo & Goh, 2015; Davidson & Lambert, 2004; Haimès et al., 2002; Henschel, 2009; Islam et al., 2008; Marcelino-sádaba et al., 2013; Tserng et al., 2009), le soutien est limité à la cohérence interne, au sein des ensembles formés par les constituants RM des méthodologies décrites, à l'aide de terminologies communes (ex. liste de contrôle, taxonomie, ontologie) et/ou de formulaires modèles de saisie. Par contre, dans la méthodologie proposée, la question de la cohérence est élargie afin de la préserver aussi vis-à-vis des outils externes d'évaluation des risques, en étant aveugle à leurs effets, à travers la mise en œuvre d'une procédure de normalisation de leurs résultats finaux, comme illustré dans les modules 8 et 12.

4.3.3. Alignement stratégique

L'alignement sur le contexte stratégique de l'entreprise n'est pas souvent pris en compte dans les travaux de référence mentionnés dans le tableau 14. Seule la référence (Choo & Goh, 2015) l'exécute complètement, même s'il manque un moyen d'action systématique pour le faire. Et les trois autres études (Donnell, 2005; Henschel, 2009; Marcelino-sádaba et al., 2013) n'incluent pas du tout le volet de l'appétit pour le risque. Au contraire, la méthodologie proposée ne vise pas seulement à couvrir les caractéristiques les plus significatives du contexte stratégique, mais va également au-delà de la manipulation d'énoncés textuels en rendant la sémantique exploitable (Protiviti, 2006).

Ceci est réalisé par une dispersion systématique et hiérarchique des éléments de contexte stratégiques dans des éléments atomiques (ex. paramètres stratégiques et UR) intégrés en tant que liens aux propriétés de risque dans le MRR. La formalisation de la sémantique de ces éléments est réalisée en la projetant sur des critères mesurables (par exemple, le niveau d'attitude de prise de risque et le score d'indépendance), dans le but d'atteindre le plus petit écart sémantique possible (Anderson et al., 2011). En fait, il faut noter ici que certains aspects de cette procédure sont en accord avec les travaux de (Giblin, Liu, Samuel, Pfitzmann, & Zhou, 2005).

4.4. SYNTHÈSE DES PRINCIPALES CONTRIBUTIONS

Malgré l'apport de nombreux auteurs, il apparaît clairement de ce qui précède, qu'il n'existe pas dans la littérature de solutions intégrales de GRE conçues spécifiquement pour les besoins des PME. Le système proposé dans cette thèse représente une tentative pour combler ce vide. En effet, il faut souligner qu'il offre une simplicité d'utilisation remarquable et ce malgré le fait qu'il soit non seulement destiné à être conforme à une GRE complète, mais aussi personnalisable à n'importe quelle PME. Cet objectif est atteint principalement grâce d'une part aux principes de conception MOS et de la directivité, et d'autre part au fait que le degré de la finesse d'analyse soit ajustable. En comparaison, les méthodologies existantes (généralement simples) dédiées aux PME sont soit dominées par des approches classiques (susceptibles de cumuler tous les inconvénients que la GRE a été conçue pour éliminer), soit même si elles utilisent réellement les principes de la GRE, elles ne le font que très partiellement. De plus, et contrairement au système proposé, les méthodes en place impliquent généralement une charge coût/bénéfice gênante pour des non-professionnels en termes d'apprentissage de méthodologies ayant un champ d'application étroit, alors qu'il existe un large éventail de PME.

Cet aspect devrait contribuer à accélérer la généralisation de l'adoption de la GRE dans les PME. En outre, le niveau d'apprentissage au choix et la courbe d'apprentissage souple permettent à l'ensemble du processus de mise en œuvre de ne pas être insurmontable.

4.5. LIMITES DU SYSTEME PROPOSE

La première principale limite du système GRE présenté provient de l'indépendance incomplète de certains modules vis-à-vis d'autres. En effet, en raison de l'ordre séquentiel proposé, certains modules sont des préalables à d'autres. Par conséquent, certains modules pourraient être difficiles à modifier, car la transformation de l'un d'eux risque d'entraîner de nombreux changements complexes qui devront être confiés à un expert. Cependant, une façon de contourner cet écueil consisterait à créer, pour chaque module, différentes versions qui seraient spécifiques aux différents niveaux de capacité en RM rencontrés dans le large spectre de PME. Une autre voie, plus facile, serait d'envisager d'élargir ces modules plutôt que de faire de lourdes modifications, en particulier dans la composante F&C.

La seconde concerne le fait que certains modules optionnels peuvent prendre beaucoup de temps à être exécutés au fur et à mesure que les données se massifient si les outils assistés par ordinateur appropriés ne sont pas disponibles. En conséquence, un système de support Web (décrit dans le chapitre 5) devrait objectivement constituer un développement bénéfique et quasi-indispensable pour cette approche.

La troisième limite est que cette approche, qui se révèle être articulée autour de deux compromis, possède des inconvénients inhérents. D'abord, en ce qui concerne le cadre simplifié, il ne peut contenir de manière exhaustive tous les détails et les subtilités des lignes directrices d'un cadre d'usage général. Ensuite, la méthodologie adaptable ne peut pas concurrencer la meilleure de celles qui serait spécialement taillée pour une entreprise donnée ou conçue pour un contexte spécifique.

CHAPITRE 5 : CONCEPTION DU SYSTEME DE GESTION DES CONNAISSANCES

Le SGC est composé de deux volets qui sont: la plateforme Web, d'une part, et le canon d'un système de graphes conceptuels, d'autre part. Le premier offre les fonctionnalités de base pour la manipulation des graphes conceptuels et l'exploitation des connaissances. Le deuxième décrit tous les éléments essentiels à une représentation en graphes conceptuels du système de GRE proposé et un formalisme de requêtes associé.

5.1. PRINCIPE DE CONCEPTION

La démarche adoptée pour la construction du SGC, en l'occurrence le modèle de représentation des connaissances et l'architecture du SIGC, est similaire à celle décrite dans le chapitre 3 pour la conception du système (cadre et méthodologie) de GRE proposé dans cette thèse. A cet effet, la détermination des principes de conception s'appuie sur les conditionnalités découlant des spécifications liées aux besoins des PME telles que décrites dans le tableau 8. Ainsi, le tableau 15 résume les résultats de ce travail. Dans la première colonne, les différentes spécifications sont reprises pour faciliter la lecture du tableau. Les deuxième et troisième colonnes regroupent les principes de conception pour respectivement le modèle de représentation des connaissances et l'architecture du SIGC.

TABLEAU 15. Spécifications du SGC.

Spécifications	Principes	
	Représentation des connaissances	Architecture du SIGC
Flexible et adaptable à différents contextes (systèmes, secteurs, fonctions, culture et capacités, par exemple) et besoins, étant donné que spécifique est la meilleure option mais d'un coût prohibitif.	<p>Structurellement éditable La structure de la représentation doit pouvoir être facilement développée même par des non-experts.</p> <p>Prise en compte des dépendances Différents niveaux et angles d'observation peuvent être rendus disponibles via la gestion des interconnexions entre connaissances.</p> <p>Typage/étiquetage personnalisable Chaque PME, ayant une culture (terminologie,...) différente, doit pouvoir disposer d'une labélisation spécifique, à la carte, afin de s'adapter aux besoins.</p>	<p>Intégrable En s'insérant dans des éléments préexistants, une utilisation souple avec différents outils propres à chaque PME est possible en les rendant partageables comme documents visualisables par lien web.</p> <p>Minimalisme En ne contenant que les fonctions métier essentielles, les autres fonctions, étant externalisées, devraient être mieux prises en charge.</p> <p>Conception Web 1°/Application L'application pourra fonctionner sur de nombreuses plateformes (ex. OS) et appareils existants. 2°/Service La mise en relation devrait faciliter l'interaction totale ou partielle avec des outils internes (SI, BDD ...) spécifiques à une PME donnée.</p>
	<p>Multifonctionnalité En combinant plusieurs fonctions dans une seule unité, l'effort cognitif de compréhension et d'apprentissage est réduit à celui d'un seul élément permettant d'effectuer plusieurs tâches (modéliser, visualiser, insérer des données, introduire des requêtes de recherche).</p> <p>Graphique Un langage d'interaction graphique offre l'avantage d'être à la fois intuitif à apprendre et ludique à utiliser.</p> <p>Directivité Le balisage, par des contraintes préétablies, du mécanisme d'insertion des données selon un schéma bien structuré de-</p>	<p>Conception Web Un navigateur web évite non seulement les tracas liés à l'installation et autres problèmes techniques, mais également ceux qui pourraient découler de possibles incompatibilités.</p> <p>Aide par suggestions La disponibilité à tous les niveaux de plusieurs alternatives réduit les problèmes posés à l'utilisateur à une question de choix.</p> <p>Disponibilité d'un catalogue d'exemples Un large éventail d'exemples, préalablement mis en place, peut faire office de support tutoriel pour faciliter la compréhension et aussi élargir les perspectives du</p>

vrait contribuer à réduire la probabilité d'effectuer des manœuvres inadaptées et faciliter la tâche.

spectre des applications.

Construire en souple et progressivement la capacité en GR et sa culture, afin de ne pas submerger la PME et réduire ainsi le risque qu'elle quitte le processus.	Hiérarchique Une classification générale, comportant seulement quelques types, utilisée en début d'exercice simplifiera le processus, tandis qu'une classification spécialisée permettra un niveau de détails plus élevé mais au prix d'un accroissement de la complexité.	Conception service Web Ces services Web peuvent s'intégrer progressivement aux outils internes de l'entreprise au fur et à mesure des besoins et une automatisation partielle. Minimalisme Une interface simpliste et épurée, dans laquelle seulement les fonctions basiques d'interaction essentielles sont visibles par défaut, devra toutefois fournir la possibilité d'être enrichie avec des fonctionnalités plus avancées.
--	--	---

En ce qui concerne la première spécification (flexible et adaptable), il s'avère judicieux que les instanciations du modèle de représentation des connaissances soient structurellement éditables et que le typage/étiquetage soit personnalisable, en tenant compte des diverses dépendances qui pourraient exister. Alors que pour l'architecture du SIGC, la conception Web, à travers des applications et services, s'impose, et ce dans un style minimaliste.

La deuxième spécification (convenable, facile et rapide) induit le besoin d'un modèle de représentation des connaissances graphique, multifonctionnel et directif, tandis que l'architecture du SIGC se structure autour d'une conception Web, soutenue par une aide par suggestions (ex. auto-complexion) et la mise à disposition d'un catalogue d'exemples. Quant à la troisième spécification (souplesse et progressivité), elle se traduit par un modèle de représentation des connaissances hiérarchique et une architecture du SIGC de conception service-Web et minimaliste.

L'analyse de l'ensemble de ces bases de construction oriente vers le choix des graphes conceptuels, dont les caractéristiques répondent au mieux aux différentes contraintes exposées ici, pour le modèle de représentation des connaissances.

5.2. MODELISATION EN GRAPHE CONCEPTUEL

5.2.1. Canon adapté au system de GRE proposé

Dans le cadre des graphes conceptuels, le canon représente les éléments indispensables pour définir un système. Il regroupe les hiérarchies de types de concept et de relation, plus la base ou les règles de construction canoniques.

5.2.1.1. Règles de construction (base canonique)

[T] -> (lié) -> [Commentaire]

- Contexte GRE (CGRE)
 - *[PME] -> (lié) -> [CS]*
 - *[PME] -> (lié) -> [CO]*
 - *[PME] -> (lié) -> [CPR]*
 - *[PME] -> (lié) -> [CR]*
 - *[PME] -> (lié) -> [CT]*

- Contexte Stratégique (CS)
 - *[PME] -> (lié) -> [PS*]*
 - *[PS] -> (apprécié sur) -> [PAS**]*
 - *[PAS] -> (a) -> [valeur]*
 - * paramètre stratégique (PS)
 - ** paramètre d'attitude stratégique (PAS)

- Contexte Opérationnel (CO)
 - Les mêmes que le COP (héritage par spécialisation)
 - *[PME] -> (inclus) -> [UO]*
 - *[UO] -> (inclus) -> [COP]*

- Contexte Opérationnel Potentiel (COP)
 - *[UO] -> (inclus) -> [UO]*
 - *[UO] -> (apprécié sur) -> [PO*]*
 - *[UO] -> (lié) -> [Indicateur]*
 - *[Indicateur] -> (apprécié sur) -> [DSO**]*
 - *[PO] -> (a) -> [Valeur]*
 - *[DSO] -> (a) -> [Valeur]*
 - * Paramètre Opérationnel (PO)

**** Descripteur de Stratégie Opérationnel (DSO)**

- Contexte de Profil du Risque (CPR)
 - [PME] -> (lié) -> [Portfolio]
 - [Portfolio] -> (inclus) -> [CDR]
 - [Portfolio] -> (apprécié sur) -> [DA*]
 - [DA] -> (a) -> [Valeur]
 -

* Dimension d'Analyse (DA)
- Contexte des Risques (CR)
 - [PME] -> (lié) -> [CDR]
- Contexte des Traitements (CT)
 - [PME] -> (lié) -> [CDOR]
 - [CDOR] -> (lié) -> [CDR]
 - [CDOR] -> (lié) -> [Portfolio]
 - [CDOR] -> (lié) -> [COP]
- Contexte de Définition d'un Risque (CDR) (haut niveau)
 - [CRR] -> (lié) -> [CCR] (un et plus/ dans le cas de plusieurs scénario)
 - [CRR] -> (décrit par) -> [Commentaire]
 - [CRR] -> (est) -> [État Risque]
 - [CRR] -> (lié) -> [UO]
 - [CRR] -> (apprécié sur) -> [DA]
 - [CCR] -> (apprécié sur) -> [DA]
 - [DA] -> (a) -> [Valeur]
- Contexte de Représentation du Risque (CRR) (bas niveau)
 - [Agent] -> (est) -> [État Agent]
 - [État Agent] -> (cause) -> [Agent]
 - [État Agent] -> (impact) -> [PS]
 - [PS] -> (est) -> [Nature Impact]
 - [Indicateur] -> (impact) -> [PS]
- Contexte de Caractérisation du Risque (CCR) (bas niveau)
 - Les même que le CCR (héritage)
 - [Nature Impact] -> (apprécié sur) -> [Conséquence Positive]
 - [Nature Impact] -> (apprécié sur) -> [Conséquence Négative]
 - [PS] -> (apprécié sur) -> [Discrimination]
 - [État Agent] -> (apprécié sur) -> [Vraisemblance]

- [État Agent] -> (apprécié sur) -> [Discrimination]
 - [Agent] -> (apprécié sur) -> [Contrôlabilité]
 - [Agent] -> (apprécié sur) -> [Discrimination]
 - [DA] -> (a) -> [valeur]
 - [Valeur] -> (apprécié sur) -> [Prédictibilité]
- Contexte de Définition d'une Option de Réponse (CDOR)
 - [OR*] -> (décrit par) -> [Commentaire]
 - [OR] -> (décrit par) -> [Nature OR]
 - [OR] -> (décrit par) -> [État OR]
 - [OR] -> (apprécié sur) -> [DAOR**]
 - [DAOR] -> (a) -> [Valeur]
 - [OR] -> (impact) -> [DA]
 - [DA] -> (est) -> [Nature Impact]

* Option de Réponse (OR)

** Dimension d'Analyse de l'Option de Réponse (DAOR)

Caractérisation d'une Option de Réponse (COR)

5.2.1.2. Hiérarchie des concepts

T -> PME

T -> Contexte

Contexte -> CGRE

Contexte -> CS

Contexte -> COP

COP -> CO

Contexte -> CPR

Contexte -> CR

Contexte -> CT

Contexte -> CDR

Contexte -> CRR

CRR -> CCR

Contexte -> CDOR

T -> Valeur

Valeur -> Qualitative

Valeur -> Normalisé

Normalisé -> Min

Normalisé -> Max

Normalisé -> Moyenne Min

Normalisé -> Moyenne Max

T -> UO

UO -> Filiale

UO -> Division

UO -> Fonction

UO -> Processus

UO -> Projet

UO -> Activité

UO -> Tache

T -> Indicateur

T -> Portfolio

T -> DA

DA -> Conséquence Positive

DA -> Conséquence Négative

DA -> Vraisemblance

DA -> Contrôlabilité

DA -> Discrimination

DA -> Prédicibilité

T -> Commentaire

Commentaire -> Description Textuelle

Commentaire -> Principaux Facteurs

Commentaire -> Principaux Effets

Commentaire -> Contrôles Existants

Commentaire -> Première Impression/Signification Intuitive

Commentaire -> Responsable/Rapporteur

T -> Agent

Agent -> (Hiérarchie des types d'agents)

T -> État Agent

T -> OR

OR -> éviter
OR -> réduire
OR -> accepter

éviter -> (Hiérarchie des types d'OR)
réduire -> (Hiérarchie des types d'OR)
accepter -> (Hiérarchie des types d'OR)

T -> Nature OR

Nature OR -> Proactive
Nature OR -> Responsive

T -> État OR

État OR -> Existant (Appliqué)
État OR -> Application en Cours
État OR -> Désactivation en Cours
État OR -> Envisagé (Potentiel)
État OR -> Fermé (Désactivé)

T -> DAOR

DAOR -> Faisabilité
DAOR -> Prédicibilité
DAOR -> Degré de Multiplicité (discrimination)

T -> PS

PS -> (Hiérarchie des paramètres stratégiques)

T -> PAS

T -> DSO

DSO -> Performance
DSO -> Tolérance

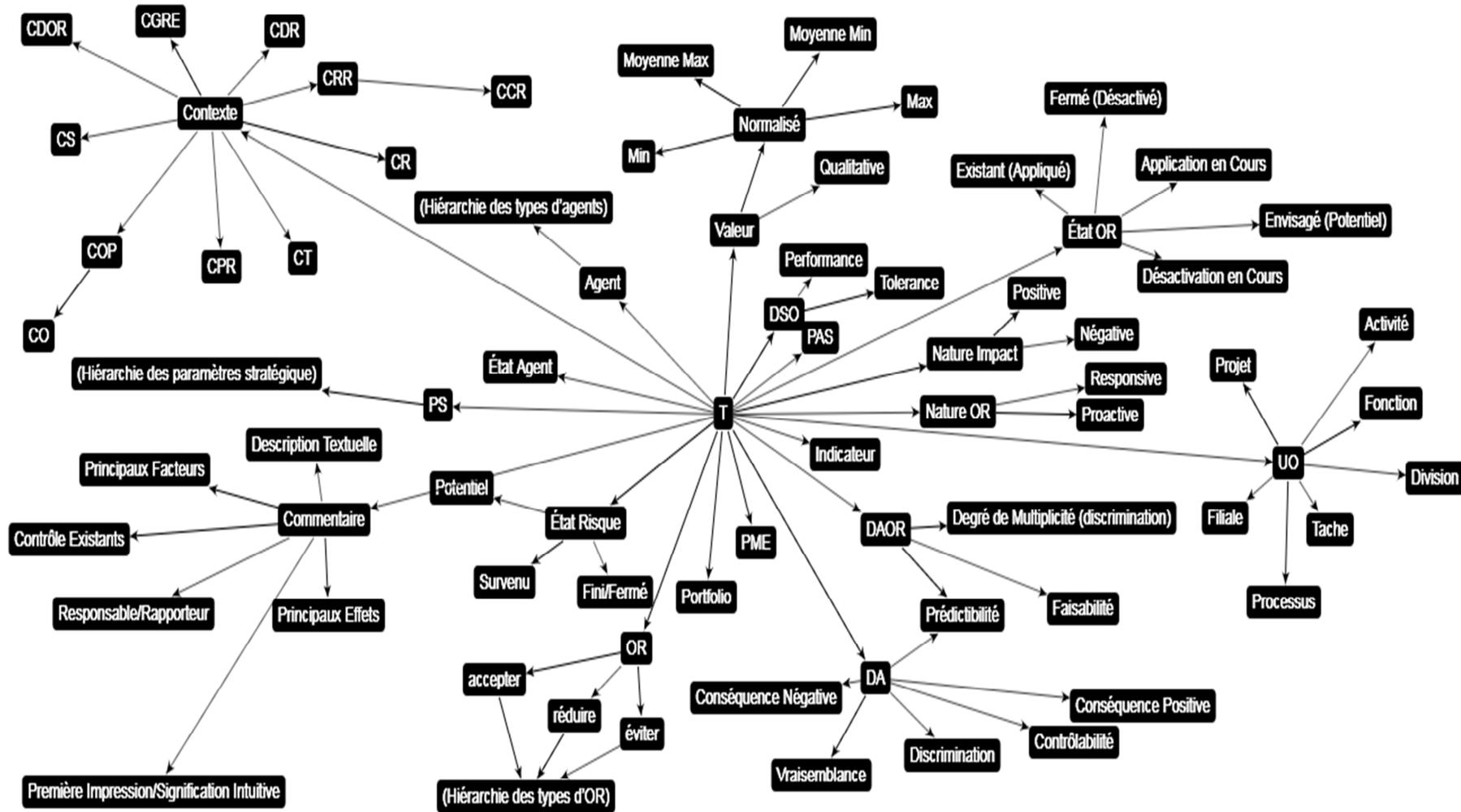
T -> Nature Impact

Nature Impact -> Positive
Nature Impact -> Négative

T -> État Risque

État Risque -> Potentiel
État Risque -> Survenu
État Risque -> Fini/Fermé

FIGURE 9. Hiérarchie des concepts.



5.2.1.3. Hiérarchie des relations

T -> inclus
T -> apprécié sur
T -> a
T -> lié
T -> impact
T -> cause
T -> est

FIGURE 10. Hiérarchie des relations.



5.2.2. Extension du formalisme proposé : requêtes de recherche sur les instances des graphes conceptuels

La forme des requêtes possède une structure analogue à celle servant à décrire les graphes conceptuels, mais en y adjoignant des extensions qui les spécifient et dont le formalisme est présenté ci-dessous. Les requêtes sont considérées comme un sous-type de contextes ayant comme parents tous les autres types de contextes (héritant donc de leurs règles de construction).

- Pour une recherche générale sur un type d'élément donné (concept ou relation), le retour de la requête sera constitué d'une liste de ses instances, laquelle peut être considérée comme un ensemble. Si on a un groupe d'ensembles sur le même type canonique (qui se situe juste après le type universel T) d'élément, alors on peut leur appliquer les opérations sur les ensembles (ex. réunion; intersection; différence) qui sont représentés par des types de relation sur les requêtes.
 - Règles de construction du Contexte des Requêtes (QC/ query context):
 - Les mêmes que tous les contextes (hérite de toutes les règles)
 - $[QC] \rightarrow (\text{réunion}) \rightarrow [QC]$
 - $[QC] \rightarrow (\text{intersection}) \rightarrow [QC]$
 - $[QC] \rightarrow (\text{différence}) \rightarrow [QC]$
- L'opérateur ' ? ' peut être considéré comme un sélecteur sur le type d'éléments qui devra être retourné par la requête. En notation linéaire, il est placé à l'intérieur, soit des crochets (concept), soit des parenthèses (relation) et ne peut être utilisé qu'une seule fois pour une requête donnée.
 - ' ? ' expose les quatre attributs suivants pour chaque élément retourné : marqueur implicite, sur-type canonique, type et label.
 - Si on utilise ' #? ', seulement les marqueurs implicites des éléments retournés seront exposés.
- Afin de limiter la portée de la requête, des filtres peuvent être rajoutés. Tout autre élément de la requête en dehors du type d'élément sélectionné (où se

trouve l'opérateur '?' ou '#?') est considéré comme un filtre. On peut placer plusieurs marqueurs dans une accolade {x, y, z} pour signifier que la requête est disjonctive sur l'ensemble des éléments : les résultats retournés des requêtes individuelles avec chaque élément seront finalement réunies.

- L'opérateur '/' est un descripteur pour limiter la recherche dans la hiérarchie des types. Placé après le type, la recherche se fera seulement sur les sous-types directs, par contre, positionné avant, elle se fera exclusivement sur le type lui-même. Si l'opérateur n'est pas utilisé, le type et tous ses sous-types sont pris en compte dans la recherche.
- L'opérateur '*' est un élément générique permettant de remplacer une séquence de nœuds et d'arcs. Il permet d'indiquer un positionnement dans une séquence, étant donné qu'il peut être placé avant et/ou après un l'élément. Quand cet opérateur est utilisé, la structure de la requête doit être spécifiée en détails, en particulier les imbrications de contextes.
- Les opérateurs '=', '!=', '<', '>', '<=' et '>=', servent de filtres pour les marqueurs explicites de mesure @.
- L'opérateur '@?' associe pour chaque individu unique retourné par la requête, l'instance de mesure correspondante.
- Si la requête est complexe, il est possible de la faire soit sous forme d'une combinaison de plusieurs requêtes (chacune correspondant à un ensemble, les opérateurs spécifiques aux ensembles serviront à relier ainsi les différentes sous-requêtes), soit une requête imbriquée dans une autre et devant être inscrite dans une accolade.

Des illustrations de ce qui précède sont données ci-dessous.

1°/ Requête sur concept.

[Type ?] : retourne toutes les valeurs d'instance possibles ainsi que celles de tous ses sous-types.

[Type/ ?] : retourne toutes les valeurs d'instance possibles de tous les sous-types directs.

[/Type ?] : retourne toutes les valeurs d'instance possibles.

2°/ Requête sur relation.

(Type ?) : retourne toutes les instances où cette relation apparait.

3°/ Requête sur contexte.

[/Type S ?:

[Type M : 50 < @ < 1000]

] -> (Type R) -> [Type L : X] : retourne toutes les instances du type de contexte cité S qui sont connectées par la relation R à l'instance unique X de type L et qui contiennent des marqueurs de mesure de valeurs comprises entre 50 et 1000.

4°/ Requête complexe et imbriquée.

[Requête: z

[Requête: x

... [Type C1 #?]....

]→

(intersection)

→ [Requête: y

... [Type C1 #?]....

]

] : retourne toutes les instances (seulement leur marqueur implicite) du Type C1 résultant de l'intersection de l'ensemble des instances retournées par la requête labélisée 'x' avec ceux de celle labélisée 'y'.

[Requête: a

[Type C2 ?]→ (type R)→[Type C1 : {z}]

] : retourne toutes les instances du Type C2 qui sont en relation R avec les instances de Type C1 dont les marqueurs correspondent disjonctivement aux éléments retournés par la requête labélisée z.

5.2.3. Exemples illustratifs

FIGURE 11. Illustration partielle d'une vue haut niveau sur la base des faits de définition des risques.

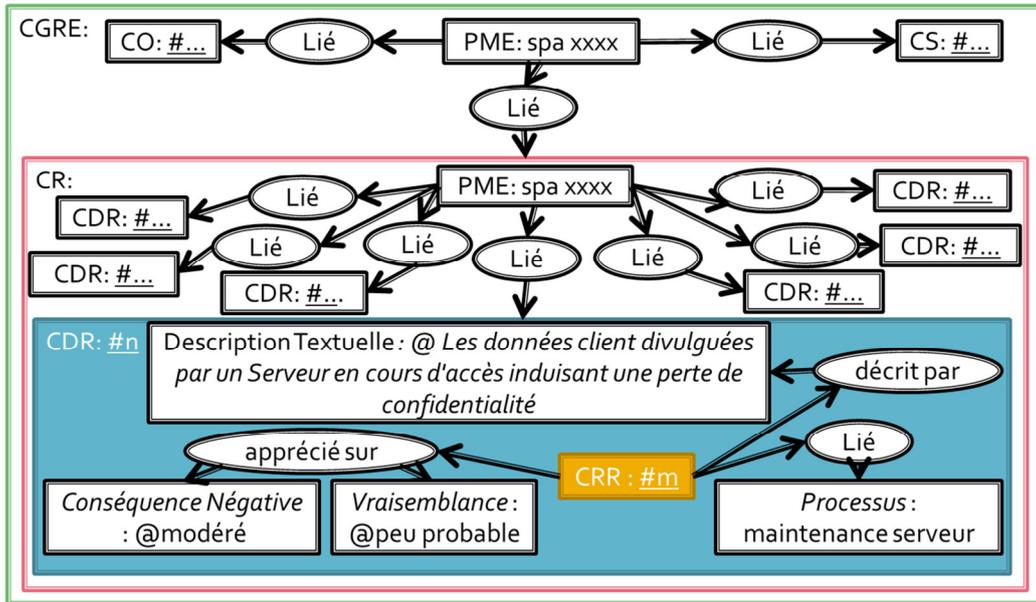


FIGURE 12. Illustration partielle d'une vue bas niveau sur un fait de représentation d'un risque.

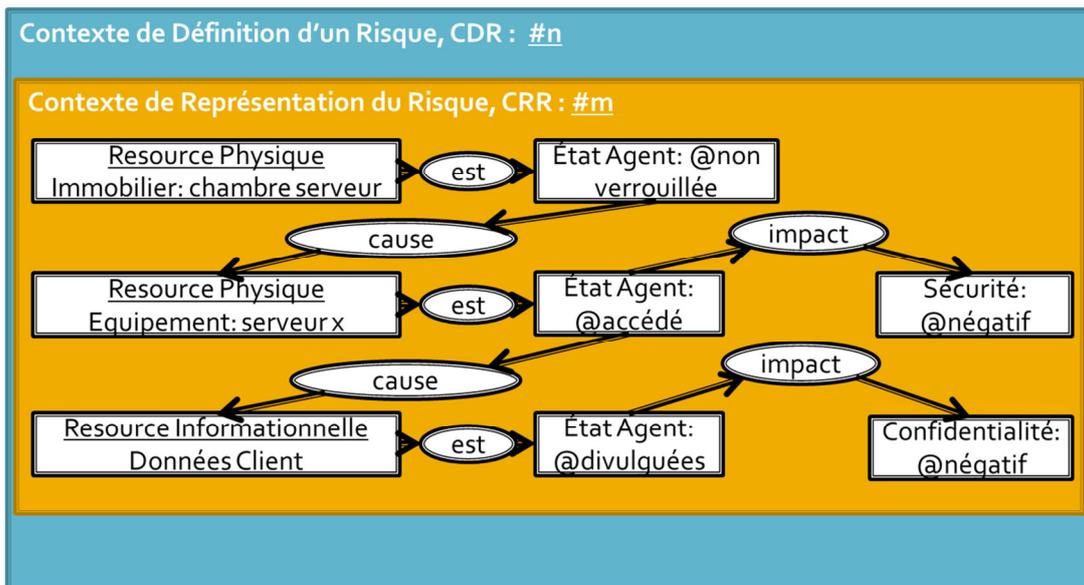


FIGURE 13. Exemple N°1 de résultats retournés par une requête dans le cadre de l'instanciation des faits exposés dans les figures 11 et 12.

Requête:

CRR : #m

Agent ?

Marqueur Implicite	Type canonique	Type	label
#...	Agent	Immobilier	chambre serveur
#...	Agent	Equipement	Serveur x
#...	Agent	données client	/

FIGURE 14. Exemple N°2 de résultats retournés par une requête dans le cadre de l'instanciation des faits exposés dans les figures 11 et 12.

Requête:

CDR ?

Confidentialité

Vraisemblance : @?

Conséquence Négative : @?

?				@?	
Marqueur Implicite	Type canonique	Type	label	Conséquence Négative	Vraisemblance
#n	Contexte	CDR	/	modéré	peu probable
...

5.3. ARCHITECTURE GLOBALE DE LA PLATEFORME WEB

5.3.1. Front end

L'interface de l'application Web est constituée de composants correspondant chacun à un cluster de fonctionnalités synergiques. Chaque module du système GRE proposé devrait utiliser un ou plusieurs composants dont la description est présentée ci-dessous.

Composant C1 : Gestionnaire de comptes et de rôles des utilisateurs de la GRE pour une SME donnée. Il a pour but la création de comptes et profils des utilisateurs pour eux-mêmes et pour autrui. Il permet d'affecter des rôles à des utilisateurs pour une PME donnée et de rajouter des entrées pour d'autres PME.

Composant C2 : Editeur et vecteur de visualisation des graphes conceptuels possédant des options d'affichage, comme masquer ou colorer des nœuds. Il est assisté par des options d'autocomplétion en utilisant la hiérarchie des types pour accélérer la modélisation. Il permet d'exporter et d'importer tous les différents éléments mis en jeu (hiérarchie, règles canoniques, ensemble des graphes conceptuels construits...) et le choix du langage de départ du canon. Ses fonctionnalités sont basées sur sa capacité à:

- a/ éditer et visualiser la hiérarchie des types ;
- b/ éditer les règles canoniques de construction ;
- c/ construire/créer, stocker et sauvegarder les graphes conceptuels sous formes linéaire et/ou graphique en parallèle.

Composant C3 : Classificateur offrant diverses options pour trier et ordonner, selon les besoins, les éléments caractérisés à l'aide de méthodes multicritères ou de fonctions d'agrégation. Il peut être défini comme un outil d'aide à la décision structuré.

Composant C4 : Explorateur permettant, d'une part, la visualisation statistique (ex. listes, graphes, histogrammes), le chiffrage et l'exploration des données générales ou résultats de retour de requêtes et d'autre part, d'effectuer des requêtes sur les données.

Composant C5 : Normalisateur fournissant une assistance pour l'automatisation du processus de la normalisation de la caractérisation des risques.

Composant C6 : Profileur permettant de :

a/ construire et visualiser le profil de risque de l'entreprise /en connexion avec les requêtes portefeuilles/;

b/ simuler sur le profil l'ajout ou la suppression de certains éléments.

Le tableau 16 présente le ou les composants mis en jeu pour chaque module du système GRE.

TABLEAU 16. Composants de la plateforme Web mis en jeu dans l'implémentation de chaque module.

Module	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Composants impliqués	C1	C2a ; C2b	C2a ; C2c	C2a ; C2c	C2c	C2a ; C2c ; C3	C2a ; C2b	C2a ; C2c	C4	C2c ; C3
Module	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Composants impliqués	C2a ; C2b	C2c ; C5	C2c ; C4 ; C6	C2c ; C3 ; C4	C2a ; C2b	C2c ; C3	C3 ; C4	C2c	C2c ; C3 ; C4	C2c ; C4 ; C6

5.3.2. Back end

Les différents services sollicités par les composants de la plateforme Web sont décrits ci-dessous.

S1 : Authentification.

S2 : Utilisateur pour créer, modifier et récupérer les données utilisateurs, y compris les rôles.

S3 : PME pour créer, modifier et récupérer les données, intégrées à la base de données, des macro-caractéristiques (profil ou indicateurs) des PME.

S4 : Hierarchisation des types d'une PME donnée pour la récupérer et/ou la modifier.

S5 : Règles canoniques pour les récupérer et/ou les modifier par PME et par contexte.

S6 : Graphes conceptuels pour les récupérer et/ou les modifier soit à un niveau global, par PME ou requête (ensemble), soit à un niveau individuel, par graphe.

S7 : Initialiseur pour introduire les données nécessaires pour effectuer une classification particulière.

S8 : Calculateur pour effectuer la classification de manière non bloquante dans un 'thread' en parallèle.

S9 : Récupérateur des données une fois les calculs effectués.

S10 : Tables de correspondances (création, modification et récupération).

S11 : Définition de fonctions d'agrégation par dimension d'analyse.

Le tableau 17 présente les services Web mis en jeu pour chaque composant de l'interface.

TABLEAU 17. Répartition des services par composant de la plateforme web.

Composant	C1	C2, a, b, c	C3	C4	C5	C6
Services	S1; S2; S3	S4; S5; S6	S7; S8; S9	S4; S6	S10; S11	S4; S6

CONCLUSION GENERALE

Les travaux présentés dans cette thèse devraient contribuer à résoudre le problème de la mise en œuvre généralement astreignante de la GRE dans les PME. L'approche innovante proposée devrait permettre de faciliter l'expansion et la standardisation des bonnes pratiques de GRE dans tous types de PME en raison de son caractère dual en conformité intégrale avec la GRE, de sa convivialité et de son universalité, ce qui en fait un outil puissant pour cet objectif.

L'originalité du cadre MOS réside dans le fait qu'il soit divisé d'une manière fine et précise en un grand nombre de phases séquentielles et qu'il contienne des modules optionnels. En basculant les phases les plus compliquées du processus de GRE vers des modules optionnels, pouvant au choix être mis en œuvre ou non, en fonction des besoins, l'obligation de passer par tout le lourd processus complet est considérablement réduite. Ainsi, en commençant à partir de modules obligatoires (clairement définis) seulement, il est possible de développer ensuite progressivement les capacités de GR au sein d'une entreprise afin d'étendre la GRE, ce qui permet de réduire le besoin de recourir à une expertise externe au cours du processus. Ces avantages sont renforcés de manière comparable par le caractère ajustable, au niveau du détail, de chaque module de la méthodologie. Par conséquent, étant donné que la conformité complète avec la GRE a été minutieusement prise en compte en vertu des spécificités du MRR, des décisions de GR appropriées, cohérentes et consistantes devraient pouvoir probablement être prises facilement, effectivement et efficacement lors de la mise en œuvre de la solution proposée ici.

Pour finir, quelques perspectives de recherche plus poussées sur la GR pour les PME sont suggérées: le développement de méthodologies ajustables au contexte avec une meilleure couverture du processus de GRE pour améliorer la cohérence; la conception de MRR prenant en compte l'inter-connectivité des risques et l'alignement au contexte stratégique; ainsi que l'amélioration de cadres de GRE simplifiés, adaptés aux PME et basés sur une architecture MOS.

Il semble également opportun de tester empiriquement, dans différents environnements de PME, la faisabilité et l'efficacité du système dans ses diverses possibles configurations définies par les modules optionnels choisis, le niveau de profondeur d'analyse souhaité et les

outils d'assistance disponibles. En ce qui concerne le MRR et la procédure de normalisation, il faudrait déterminer dans quelle mesure leurs capacités sont suffisamment puissantes et, en particulier, flexibles pour englober tous les types de risques et donc mettre en évidence leurs éventuelles limites. De même, le paradigme de design du système devra être confirmé dans son rôle en tant que fondement pour le développement d'autres systèmes de GRE pour les PME, le cadre pouvant être lui-même utilisé de manière indépendante pour développer d'autres méthodologies originales.

Le SGC proposé est caractérisé par son extrême flexibilité dans le sens où, d'une part, les divers éléments de sa structure sont facilement modifiables et adaptables/utilisables à d'autres domaines de connaissances en étendant le canon ou en créant un nouveau et, d'autre part, il permet via les graphes conceptuels une modélisation des connaissances sur une large gamme du niveau de détails souhaité.

En perspective de recherche concernant le SGC, il y a lieu tout d'abord de procéder concrètement à son implémentation (développer et tester la plateforme) et ensuite de concevoir un moteur de raisonnement permettant d'exploiter les connaissances de l'ensemble des PME utilisant la plateforme. Il faudrait aussi répondre au besoin de prendre en charge diverses langues et rendre les connaissances décrites interoperables pour le moteur de raisonnement en utilisant, éventuellement, des ontologies.

Références

REFERENCES

- Abrams, C., von Kanel, J., Muller, S., Pfitzner, B., & Ruschka-Taylor, S. (2007). Optimized enterprise risk management. *IBM Systems Journal*, 46(2), 219–234. <http://doi.org/10.1147/sj.462.0219>
- Agarwal, R., & Ansell, J. (2016). Strategic Change in Enterprise Risk Management. *Wiley Online Library*, 25(4), 427–439. <http://doi.org/10.1002/jsc>
- Agarwal, R., & Virine, L. (2017). Integration of Project Risk Management (PRM) into Enterprise Risk Management (ERM). In Y. Raydugin (Ed.), *Handbook of Research on Leveraging Risk and Uncertainties for Effective Project Management* (pp. 294–317). Hershey, PA: IGI Global. <http://doi.org/10.4018/978-1-5225-1790-0.ch014>
- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Knowledge management and knowledge management systems : conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107–136.
- Alhawari, S., Karadsheh, L., Nehari, A., & Mansour, E. (2012). Knowledge-Based Risk Management framework for Information Technology project. *International Journal of Information Management*, 32(1), 50–65. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2011.07.002>
- Altman, E. I., Gabriele, S., & Nicholas, W. (2008). The Value of Non-Financial Information in SME Risk Management. *The Journal of Credit Risk*. <http://doi.org/10.2139/ssrn.1320612>
- Amundrud, Ø., & Aven, T. (2015). On how to understand and acknowledge risk. *Reliability Engineering and System Safety*, 142, 42–47. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2015.04.021>
- Anand, A., & Singh, M. D. (2011). Understanding Knowledge Management : a literature review. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(2), 926–939.
- Anantatmula, V. and Kanungo, S. (2006). Structuring the underlying relations among the Knowledge Management outcomes. *Journal of Knowledge Management*.
- Anderson, R., Bill, A., Clatworthy, G., Garrini, R., Hopkin, P., Shackleford, S., ... Williams, C. (2011). *Risk Appetite and Tolerance*.
- Aubertin, G., Boughzala, I., & Ermine, J.-L. (2003). Cartographie de connaissances critiques. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 17(1–3), 495–502.
- Aven, T. (2012). The risk concept — historical and recent development trends. *Reliability Engineering and System Safety*, 99(951), 33–44. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2011.11.006>
- Aven, T. (2018). Reflections on the Use of Conceptual Research in Risk Analysis. *Risk Analysis*, 0(0). <http://doi.org/10.1111/risa.13139>
- Aven, T., & Zio, E. (2014). Foundational Issues in Risk Assessment and Risk Management. *Risk Analysis*, 34(7), 1164–1172. <http://doi.org/10.1111/risa.12132>
- Bachimont, B., & Troney, R. (2004). No Title.
- Bajaj, A., Bergmann, R., Chari, K., Chiang, R., Delen, D., Heinzl, A., ... Zeng, D. (2009). Negotiation Behaviors in Agent-Based Negotiation Support Systems--- Utilisation of Case-Based Reasoning for Semantic Web Services Composition. *International Journal*

of Intelligent Information Technologies.

- Ballou, B., & Heitger, D. L. (2005). A Building-Block Approach for Implementing COSO's Enterprise Risk Management—Integrated Framework. *Management Accounting Quarterly*, 6(2), 1–11.
- Ben Amor, S., Martel, J.-M., & Guitouni, A. (2016). A multicriteria risk measure in a military context: application to the Commander's Advisory System for Airspace Protection case. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 19(3), 194–213.
- Benhmidi, H. (2011). *Construction et manipulation d'une ontologie médicale*. Université de Tlemcen.
- Benkaddour, F. Z. (2017). *Intégration d'une ontologie et des technologies Web 2.0 dans la conception d'un Système d'Aide à la Décision Collaborative (SADC): Cas de l'industrie du non-tissé*. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella.
- Bensaada, I., & Taghezout, N. (2019). An enterprise risk management system for SMEs: innovative design paradigm and risk representation mode. *Small Enterprise Research*, 26(2), 179–206. <http://doi.org/10.1080/13215906.2019.1624190>
- Bensaada, I., Taghezout, N., Bensalah, S., & Baba-hamed, A. (2015). A proposal for a collaborative Web platform for enterprise risk management in small and medium enterprise utilizing a knowledge-based system. In *International Conference on Pattern analysis an Intelligent Systems (PAIS)*. Tebessa, Algeria.
- Bijl, M. G. H., & Hamann, R. J. (2002). *Risk Management Literature Survey: An overview of the process, tools used and their outcomes. (Report to Dutch Space, Stork Product Engineering, TNO/TPD, Verhaert)*. Delft University of Technology Aerospace Engineering.
- Bolloju N, Khalifa M, T. E. (2002). Integrating Knowledge Management into Enterprise Environments for the Next Generation Decision Support. *Decision Support Systems*.
- Boughzala, I., & Ermine, J.-L. (2004). Management des connaissances en entreprise. *Collection Technique et Scientifique Des Télécommunications*.
- Brachman, R. J. (1977). What's in a concept: structured foundation for semantic networks. *International Journal of Man-Machine Studies*, 9, 127–152.
- Brahami, M. (2014). *Conception et Expérimentation d'une nouvelle méthode booléenne de cartographie des connaissances guidée par data mining*. Université Oran1 Ahmed Benbella.
- Bromiley, P., Mcshane, M., Nair, A., & Rustambekov, E. (2014). Enterprise Risk Management: Review, Critique, and Research Directions. *Long Range Planning*, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.lrp.2014.07.005>
- Brustbauer, J. (2016). Enterprise risk management in SMEs: Towards a structural model. *International Small Business Journal*, 34(1), 70–85. <http://doi.org/10.1177/0266242614542853>
- Bukowitz, W., & Williams, R. (2000). *The Knowledge Management field book* (Prentice H). London: Financial Times.
- Calandro, J. J., & Scott, L. (2006). Insights from the Balanced Scorecard: An introduction to the Enterprise Risk Scorecard. *Measuring Business Excellence*, 10(3), 31–40. <http://doi.org/10.1108/13683040610685775>
- Carr, M. J., Konda, S. L., Monarch, I., Ulrich, F. C., & Walker, C. F. (1993). *Taxonomy-Based Risk Identification*. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania.
- CAS - ERM Committee. (2003). Overview of Enterprise Risk Management. Retrieved February 3, 2016, from <https://www.casact.org/area/erm/overview.pdf>

- Champavère, J. (2010). De la représentation des connaissances au Web sémantique. Retrieved from <http://www.grappa.univ-lille3.fr/~champavere/Enseignement/0809/l3miashs/ia/rc-ws.pdf>
- Charlet, J. (2002). *L'Ingénierie des connaissances : Développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales*. Université Pierre et Marie Curie.
- Chein, M., & Mugnier, M. L. (2008). Graph-Based Knowledge Representation: Computational Foundations of Conceptual Graphs. In *Advanced Information and Knowledge Processing* (p. 445). London: Springer.
- Choo, B. S., & Goh, J. C. (2015). Pragmatic adaptation of the ISO 31000:2009 enterprise risk management framework in a high-tech organization using Six Sigma. *International Journal of Accounting & Information Management*, 23(4), 364–382. <http://doi.org/10.1108/IJAIM-12-2014-0079>
- Clarke, C. J., & Varma, S. (1999). Strategic Risk Management : the New Competitive Edge. *Long Range Planning Journal*, 32(4), 414–424.
- Collins, A. M., & Ross Quillian, M. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(2), 240–247. [http://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](http://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)
- COSO. (2004). Enterprise Risk Management — Integrated Framework Executive Summary. Retrieved December 3, 2015, from <https://www.coso.org/Documents/COSO-ERM-Executive-Summary.pdf>
- COSO. (2017). Enterprise Risk Management Integrating with Strategy and Performance - Executive Summary. Retrieved October 17, 2017, from <https://www.coso.org/Documents/2017-COSO-ERM-Integrating-with-Strategy-and-Performance-Executive-Summary.pdf>
- Courtney J. (2001). Decision Making and Knowledge Management in Inquiring Organizations: Toward a New Decision Making Paradigm for DSS. *Decision Support Systems*.
- Currie, W. L. (2003). A knowledge-based risk assessment framework for evaluating web-enabled application outsourcing projects. *International Journal of Project Management*, 21(3), 207–17.
- D'Arcy, S. P. (2001). Enterprise Risk Management. *Journal of Risk Management of Korea*, 12(1).
- Daghfous, A., & Kah, M. M. O. (2006). Knowledge Management implementation in SMEs: a framework and a case illustration. *Journal of Information and Knowledge Management*, 5(2), 107–15.
- Dailun, S. (2004). A review of enterprise supply chain risk management. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), 219–244.
- Davenport, T. H., De Long, D.W. and Beers, M. C. (1998). Successful knowledge management projects. *Sloan Management Review*.
- Davidson, R. A., & Lambert, S. C. (2004). Applying the Australian and New Zealand risk management standard to information systems in SMEs. *Australasian Journal of Information Systems*, 12(1), 4–17. <http://doi.org/10.3127%2Fajis.v12i1.101>
- Dickinson, G. (2001). Enterprise Risk Management : Its Origins and Conceptual Foundation. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 26(3), 360–366.
- Donnell, E. O. (2005). Enterprise risk management : A systems-thinking framework for the event identification phase. *International Journal of Accounting Information Systems*, 6(3), 177–195. <http://doi.org/10.1016/j.accinf.2005.05.002>
- Edvineson, L., & Malone, M. (1997). *Intellectual capital: realizing your company's true*

- value by finding its hidden brain power.* Harper Collins. New.
- Ellis, G. (1995). Compiling Conceptual Graphs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 7(1).
- Ermine, J.-L. (2007a). Introduction au Knowledge Management. In *Management des connaissances en entreprise* (Lavoisier, p. P.23-45). Paris: Hermès Science.
- Ermine, J.-L. (2007b). La gestion des connaissances, un nouveau modèle pour les entreprises. In *Management des connaissances en entreprise* (Lavoisier, pp. 47–82). Paris: Hermès Science.
- Ermine, J.-L., Boughzala, I., & Tounkara, T. (2006). Critical Knowledge Map as a Decision Tool for Knowledge Transfer Actions. *The Electronic Journal of Knowledge Management*, 4(2), 129–140.
- Espinasse, B. (1992). Représentation des connaissances : Introduction aux Graphes Conceptuels.
- Espinasse, B. (2008). Représentation des Connaissances : Introduction aux Frames. Retrieved from <http://www.lsis.org/espinasseb/Supports/MR-TC/Frames-oct08-4p.pdf>
- Falkner, E. M., & Hiebl, M. R. W. (2015). Risk management in SMEs : a systematic review of available evidence. *The Journal of Risk Finance*, 16(2), 122–144. <http://doi.org/10.1108/JRF-06-2014-0079>
- Fowler, A. (2000). The role of AI-based technology in support of the Knowledge Management value activity cycle. *Journal of Strategic Information Systems*.
- Fraser, J. R. S., & Simkins, B. J. (2016). The challenges of and solutions for implementing enterprise risk management. *Business Horizons*. <http://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.06.007>
- Frigo, M. L., & Anderson, R. J. (2011). Strategic Risk Management : A Foundation for Improving Enterprise Risk Management and Governance. *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, (March/April), 81–88. <http://doi.org/10.1002/jcaf>
- Gao, S. S., Sung, M. C., & Zhang, J. (2011). Risk management capability building in SMEs : A social capital perspective. *International Small Business Journal*, 31(6), 677 –700. <http://doi.org/10.1177/0266242611431094>
- Gates, S., Nicolas, J., & Walker, P. L. (2012). Enterprise risk management: A process for enhanced management and improved performance. *Management Accounting Quarterly*, 13(3), 28–38.
- Gerbé, O., Keller, R. K., & Mineau, G. W. (1998). Conceptual graphs for representing business processes in corporate memories. In *International Conference on Conceptual Structures* (pp. 401–415). Berlin: Springer.
- Giblin, C., Liu, A. Y., Samuel, M., Pfitzmann, B., & Zhou, X. (2005). *Regulations Expressed As Logical Models (REALM)*.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition*, 7.
- Guarino, N. (1997). Some organizing principles for a unified top-level ontology. In *AIII Spring Symposium on Ontological Engineering*.
- Guarino, N., & Poli, R. (1995). Formal ontology in conceptual analysis and knowledge representation. *International Journal of Human and Computer Studies*, 43(Special issue (5/6)), 625–640.
- Haimès, Y. Y. (1981). Hierarchical Holographic Modeling. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, 11(9), 606–617.
- Haimès, Y. Y. (2018). Risk Modeling of Interdependent Complex Systems of Systems : Theory and Practice. *Risk Analysis*, 38(1), 84–98. <http://doi.org/10.1111/risa.12804>
- Haimès, Y. Y., Kaplan, S., & Lambert, J. H. (2002). Risk Filtering , Ranking , and

- Management Framework Using Hierarchical Holographic Modeling. *Risk Analysis*, 22(2), 383–397.
- Henschel, T. (2009). Implementing a holistic risk management in Small and Medium Sized Enterprises (SMEs). In *ICSB World Conference Proceedings* (Vol. 1, pp. 2300–2315). Washington: 1-16: International Council for Small Business (ICSB).
- Holsapple, C. W., & Joshi, K. D. (2000). An investigation of factors that influence the management of knowledge in organizations. *Journal of Strategic Information Systems*, (9), 235–61.
- Hounis, I. (1998). *Un modèle d'indexation relationnel pour les graphes conceptuels fondé sur une interprétation logique*. Université Joseph Fourier.
- Islam, M. A., Tedford, J. ., & Haemmerle, E. (2006). Strategic Risk Management Approach for Small and Medium-Sized Manufacturing Enterprises (SMEs): A Theoretical Framework. In *IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* (pp. 694–698). Singapore: IEEE.
- Islam, M. A., Tedford, J. D., & Haemmerle, E. (2008). Managing operational risks in Small- and Medium-sized Enterprises (SMEs) engaged in manufacturing – an integrated approach. *Int. J. Technology, Policy and Management*, 8(4), 420–441.
- ISO. (2009). ISO 31000 - Risk management. Retrieved January 17, 2016, from <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>
- Kakabadse, N., Kakabadse, A. and Kouzmin, A. (2003). No. Reviewing the Knowledge Management literature: towards taxonomy. *Journal of Knowledge Management*.
- Kanitsorn, T., & Dessalegn, G. M. (2011). Modelling SME credit risk : Thai empirical evidence Modelling SME credit risk : Thai empirical evidence. *Small Enterprise Research*, 18(1), 63–79. <http://doi.org/10.5172/ser.18.1.63>
- Kaplan, R. S., & Mikes, A. (2012). Managing risks: a new framework. *Harvard Business Review*.
- Kaplan, R. S., & Mikes, A. (2012). Risk management JP Morgan ' s Loss : Bigger than “ Risk Management .” *Harvard Business Review - risk management*.
- Kaplan, S., Haimes, Y. Y., & Garrick, B. J. (2001). Fitting Hierarchical Holographic Modeling into the Theory of Scenario Structuring and a Resulting Refinement to the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 21(5), 807–819.
- Karacapilidis, N. (2006). An overview of future challenges of decision support technologies. In *Intelligent Decision-making Support Systems*. London: Springer. http://doi.org/https://doi.org/10.1007/1-84628-231-4_20
- Karungu, P., & Rwigema, H. (1999). SMME development in Johannesburg's Southern Metropolitan Local Council: an assessment. *Development Southern Africa*, 16(1), 101–124. <http://doi.org/10.1080/03768359908440064>
- Kayser, D. (1997). *La représentation des connaissances* (Hermes).
- Kleffner, A. E., Lee, R. B., & Mcgannon, B. (2003). The effect of corporate governance on the use of enterprise risk management: evidence from Canada. *Risk Management and Insurance Review*, 6(1), 53–73.
- Klement, T. (2007). Standardized Company Reporting with XBRL. In R. Debreceeny, C. Felden, & M. Piechocki (Eds.), *New Dimensions of Business Reporting and XBRL* (pp. 249–271). Wiesbaden: DUV. http://doi.org/10.1007/978-3-8350-9633-2_12
- Lambert, J. H., Haimes, Y. Y., Li, D., Schooff, R. M., & Tulsiani, V. (2001). Identification, ranking , and management of risks in a major system acquisition. *Reliability Engineering and System Safety*, 72, 315–325.
- Lark, J. (2015). *ISO 31000 - Risk Management - A practical guide for SMEs - Preview*. (N. Valentin, Ed.). International Trade Centre and International Organization for

Standardization.

- Lee, K. C., Lee, S., & Kang, I. W. (2005). Knowledge Management : measuring Knowledge Management performance. *Information and Management*, 42(3), 469–82.
- Liao, S. (2003). Knowledge Management technologies and applications – literature review from 1995 to 2002. *Expert Systems With Applications*.
- Liebenberg, A. P., & Hoyt, R. E. (2003). The determinants of enterprise risk management: evidence from the appointment of chief risk officers. *Risk Management and Insurance Review*, 6(1), 37–52.
- Liebowitz, J., & Beckm, T. (1998). Knowledge Organizations: What every manager should know. *St. Lucie Press*.
- Liebowitz, J. (2001). Knowledge Management and its links to artificial intelligence. *Expert Systems With Applications*, (20), 1–6.
- Lleo, S. (2009). Risk Management : A Review. *Research Foundation of CFA Institute*, 4(1), 1–51.
- Lopez, C. (2017). Representation des connaissances. Retrieved from <http://docplayer.fr/38354277-Representation-des-connaissances.html>
- Marcelino-sádaba, S., Pérez-ezcurdia, A., Echeverría, A. M., & Villanueva, P. (2013). Project risk management methodology for small firms. *International Journal of Project Management*, 32(2), 327–340. <http://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.009>
- Marcheix, L. (2008). *Conception d'une ontologie à partir d'un thesaurus spécialisé dans le domaine de l'archéologie et des sciences de l'antiquité*. Université Vincennes – Saint-Denis, Paris 8,.
- Matta, N., Corby, O., & Ribiere, M. (1999). *Méthodes de capitalisation de mémoire de projet, Thème INRIA 3A : Interaction Homme-Machine, Images, Données et Connaissances*.
- Mayer, M., & Zack, M. (1996). The design and implementation of information Products. *Sloan Management Review*, 37(3), 45–59.
- Mazouni, M. H. (2008). *Pour une Meilleure Approche du Management des Risques :*
- McAdam, R., & Reid, R. (2001). SMEs and large organisation perceptions of knowledge management: comparisons and contrasts. *Journal of Knowledge Management*, 5(3), 231–241.
- McElory, M. (1999). The knowledge life cycle. In *ICM conference on Knowledge Management. Miami, FL*.
- Mikes, A., & Kaplan, R. S. (2015). When One Size Doesn't Fit All: Evolving Directions in the Research and Practice of Enterprise Risk Management. *Journal of Applied Corporate Finance*, 27(1), 37–40. <http://doi.org/10.1111/jacf.12102>
- Millar, J., Demaid, A., & Quintas, P. (1997). Trans-organizational innovation: a framework for research. *Technology Analysis and Strategic Management*, 9(4), 399–418.
- Mineau, G., & Gerbé, O. (1997). Contexts : a formal definition of worlds of assertions. In *5th International Conference on Conceptual Structures (ICCS'97)* (p. pages 8094). Seattle.
- Minsky, M. (1975). A framework for representing knowledge. In *The Psychology of Computer Vision* (P. Winston, pp. 211–280). New York: McGraw-Hil.
- Monticolo, D. (2008). *Une approche organisationnelle pour la conception d'un système de gestion des connaissances fondé sur le paradigme agent*. Université de technologie de Belfort-Montbéliard.
- Morris, T., & Empson, L. (1998). Organization and expertise: an exploration of knowledge bases and the management of accounting and consulting firms. *Accounting, Organizations and Society*.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: how Japanese*

- companies create the dynamics of innovation* (Oxford Uni). New York.
- Nortan, N., & Keplan, D. (1996). *The balanced scorecard: translating strategy into action*. Boston: Harvard Business School Press.
- Nouvel, D. (2002). L'apprentissage de graphes conceptuels. Retrieved from http://damien.nouvel.net/communications/ApprentissageGraphesConceptuels_Nouvel_2002.pdf
- Ogutu, J., Bennett, M. R., & Olawoyin, R. (2018). Closing the Gap Between Traditional & Enterprise Risk Management Systems. *Professional Safety*, (April).
- Paape, L., & Speklé, R. F. (2012). The Adoption and Design of Enterprise Risk Management Practices: An Empirical Study. *European Accounting Review*, 21(3), 533–564. <http://doi.org/10.1080/09638180.2012.661937>
- Pastor, N. (2014). Systèmes à Base de Connaissances. Retrieved from <https://slideplayer.fr/slide/1308267/>
- Peirce, C. S. (1909). *New elements of mathematics*. (E. Carolyn, Ed.) (Harvard Un).
- Penciuc, D. (2011). *Identification et intégration des éléments de connaissance tacite et explicite dans un processus de développement par solution de référence*. Université de Technologie de Compiègne.
- Ping, T. A., & Muthuveloo, R. (2015). The Impact of Enterprise Risk Management on Firm Performance: Evidence from Malaysia. *Canadian Center of Science and Education*, 11(22), 149–159. <http://doi.org/10.5539/ass.v11n22p149>
- Polanyi, M. (1996). *The Tacit Dimension*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Protiviti Independent Risk Consulting. (2006). *Guide to Enterprise Risk Management: Frequently Asked Questions*. (Protiviti, Ed.). Protiviti.
- Qazi, A., Quigley, J., & Dickson, A. (2015). Supply Chain Risk Management: Systematic literature review and a conceptual framework for capturing interdependencies between risks. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Dubai: IEEE.
- Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. In *Mantic Information Processing* (MIT Press, pp. 216–270). Cambridge.
- Rao, M. (2004). Review: knowledge management: concepts and best practices. *Journal of Information and Knowledge Management*, 3(2), 123–5.
- Razali, A. R., & Tahir, I. M. (2011). Review of the Literature on Enterprise Risk Management. *Business Management Dynamics*, 1(5), 8–16.
- Renn, O. (1998). Three decades of risk research: accomplishments and new challenges. *Journal of Risk Research*, 1(1), 49–71. <http://doi.org/10.1080/136698798377321>
- Reuters, T. (2015). Practical guidance: seven steps for effective enterprise risk management. *Whitepaper*.
- Ritchie, B., & Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(3), 303–322. <http://doi.org/10.1108/01443570710725563>
- Rittenberg, L., & Martens, F. (2012). *Understanding and Communicating Risk Appetite*. (Research report in Thought Leadership in ERM). Durham, NC: COSO.
- Rubenstein-Montano, B., et. al. (2001). A systems thinking framework for Knowledge Management. *Decision Support Systems*.
- Saad, I., Grundstein, M., & Rosenthal-Sabroux, C. (2003). Locating The Company's Crucial knowledge to Specify Corporate Memory: A Case Study in an Automotive Company». In *International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Schank, R. C., & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding, an inquiry into human knowledge structures* (Psychology). New York.

- <http://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203781036>
- Shenkir, W. G., & Walker, P. L. (2007). *Enterprise risk management: tools and techniques for effective implementation. (statements on management accounting)*. Montvale, NJ: Institute of Management Accountants.
- Smit, Y., & Watkins, J. A. (2012). A literature review of small and medium enterprises (SME) risk management practices in South Africa. *African Journal of Business Management*, 6(21), 6324–6330. <http://doi.org/10.5897/AJBM11.2709>
- Sokolov, B. V., Yusupov, R. M., Saint, & Ivanov, D. A. (2015). Conceptual description of integrated risk modelling problems for managerial decisions in complex organisational and technical systems. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 18(3), 288–306.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual structures: information processing in mind and machine*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Spinellis, D., Kokolakis, S., & Gritzalis, S. (1999). Security requirements, risks and recommendations for small enterprise and home-office environments. *Information Management & Computer Security*, 7(3), 121–128. <http://doi.org/https://doi.org/10.1108/09685229910371071>
- Sveiby, K. (1996). What is Knowledge Management? Retrieved February 10, 2018, from <http://sveiby.com/Portals/0/articles/KnowledgeManagement.html>
- Taleb, N. N., Goldstein, D. G., & Spitznagel, M. W. (2009). The Six Mistakes Executives Make in Risk Management. *Harvard Business Review - Risk Management*, (October).
- Tanwar, P., Prasad, T. V., & Mahendra, S. A. (2010). Comparative Study of Three Declarative Knowledge Representation Techniques. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 2(7), 2274–2281.
- Thekdi, S. A., & Aven, T. (2018). A methodology to evaluate risk for supporting decisions involving alignment with organizational values. *Reliability Engineering and System Safety*, 172(December), 84–93. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2017.12.001>
- Tschoegl, A. E. (2005). The Key to Risk Management: Management. In M. Frenkel, U. Hommel, & R. Markus (Eds.), *Risk Management* (pp. 721–739). Berlin: Springer. http://doi.org/10.1007/3-540-26993-2_37
- Tserng, H. P., Yin, S. Y. L., Dzung, R. J., Wou, B., Tsai, M. D., & Chen, W. Y. (2009). A study of ontology-based risk management framework of construction projects through project life cycle. *Automation in Construction*, 18(7), 994–1008. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.05.005>
- Tyndale, P. (2002). A taxonomy of Knowledge Management software tools: origins and applications. *Evaluation and Program Planning*.
- Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, 11.
- Van Heijst Gertjan et al. (1997). Using explicit ontologies in KBS development. *Journal of Human-Computer Studies*, 45(2/3), 183–292.
- Verbano, C., & Venturini, K. (2013). Managing Risks in SMEs: A Literature Review and Research Agenda. *J. Technol. Manag. Innov*, 8(3), 186–197. <http://doi.org/10.4067/S0718-27242013000400017>
- Verdelho, M. I. R. F., Carvalho, P. M. S., Santana, J. J. E., & Ferreira, L. A. F. M. (2016). Practical implementation of scenario generation-based risk analysis of electrical grids investment projects. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 19(4), 331–345.
- Weber, F., Wunram, M., Kemp, J., Pudlatz, M. and Bredehorst, B. (2002). Standardisation in Knowledge Management – towards a common Knowledge Management framework in

- Europe. In *Towards Common Approaches & Standards in knowledge management*. London.
- Wiig, K. M. (1993). *Knowledge management foundations: thinking about thinking – how people and organizations create, represent and use knowledge* (Schema Pre). Arlington.
- Wissem, E., & Ahmed, F. (2013). Risks management in Tunisian industry : case study, 375–381.
- Wong, K. Y., & Aspinwall, E. (2004). Characterizing Knowledge Management in the small business environment. *Journal of Knowledge Management*, 8(3), 44–61.
- Wong, K. Y., & Aspinwall, E. (2005). An empirical study of the important factors for knowledge-management adoption in the SME sector. *Journal of Knowledge Management*, 9(3), 64–82.
- Zhao, X., Hwang, B.-G., & Low, S. P. (2016). An enterprise risk management knowledge-based decision support system for construction firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(3), 369–384. <http://doi.org/10.1108/ECAM-03-2015-0042>
- Zio, E. (2018). The future of risk assessment. *Reliability Engineering and System Safety*, 177(September), 176–190. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.020>

ANNEXE

A proposal for a collaborative Web platform for enterprise risk management in small and medium enterprise utilizing a knowledge-based system

Bensaada Ilies, Noria Taghezout, Samia Bensalah, and Ahlem Baba-hamed
L.I.O., Department of Computer Science, Faculty of Exact and Applied Sciences,
ORANI AHMED BEN BELLA University, Oran, Algeria
bensaada.ilies@gmail.com, taghezout.nora@gmail.com

Abstract. This paper presents a model of a web-platform for a risk management support designed to be comprehensive and adaptable to different types of businesses either by sector of activity, geographical distribution, internal organization, degree of risk awareness or else. The design of this model characterized by a new orientation required first the identification of the operational phases and mechanisms of a comprehensive risk management process and second the selection of the most suitable type of knowledge-based system. This model aims at initiating, facilitating and/or improving all the different process phases of risk management within the companies in a continuous manner through a single interactive and collaborative work tool. The heart of this system is a collaborative knowledge-based system that use the conceptual graph representation formalism as the users' means of interaction and a case-based reasoning engine to make recommendations based on previous experiences. A collaborative Web-platform has been developed to respond to these requirements.

Keywords: risk management • support system • case-based reasoning • conceptual graph • collaborative web platform.

A. INTRODUCTION

In today's challenging global economy, business opportunities and risks are constantly changing, so the risk management (RM) has become crucial in the everyday lives of many businesses. It often proceeds through a comprehensive approach and an increasingly extensive consideration of all the vulnerabilities that could interfere with the good course of business. Despite the emergence of RM as a feature essential to the competitiveness, stability and sustainability of a business and the fact that it has been around for over thirty years, there are still large disparities about how it is considered and implemented. These facts have created a specialization of the proposed approaches for specific situations contributing by the way to the creation of a RM partitioned into functional units at the company level [1]. However, this latter conceptualization brings about the problem that the sum of the functional risks does not match the entire risk pool of the company.

This is why a new way of performing risk management has been emerging during this last fifteen years promoted by international standard frameworks like COSO [5] or ISO 31000 [2]. That approach generally known as "enterprise risk management (ERM)" tends to integrate the RM across different business functional units into the overall strategy of the company, becoming an element that can affect the company organizational principles. However, the majority of the enterprises have not yet done this transition

and are carrying out classical RM until now. Indeed, integrating the ERM approach is not an easy thing for all businesses and could be accompanied by a possibility of partial implementation or at worst a complete failure of ERM, especially for small and medium enterprises (SMEs) characterized by limited means in terms of human and financial resources that can be assigned to this task.

On the grounds of these considerations, this paper proposes a model for an ERM process support system in SMEs which could be succinctly described as an innovative web collaborative knowledge-based approach, built on a graphic knowledge representation and an analogue reasoning. The core of this approach contains two main aspects. The first one is the conceptual graph representation which is used as a collaborative user interaction interface. It is both the graphical language of interaction and the formalism of the knowledge representation. It can be characterized through its performances in various domains such as intuitivity (easy to understand and use), expressivity (capability to represent the knowledge of different types of problem), and polyvalence (different types of reasoning systems can be used with it). These aptitudes make the conceptual graph very appropriate for constructing knowledge in collaborative environments. The second refers to the case-based reasoning engine with advanced capacities of recommendations founded on previous experiences gained during the former users' sessions.

This paper is structured as follows: the next section briefly exposes the state of the art in the RM approach. Then section 3 presents a global view of our proposed approach. Section 4 describes the functioning of the knowledge-based system, giving an example about how the internal structure could be represented. Section 5 outlines the major issues of the implementation of our approach by giving collaborative platform interfaces. Section 6 is devoted to the conclusion.

B. STATE OF THE ART IN THE RM APPROACH

Many factors such as legislation, standards, history of RM, business size, degree of risk awareness, type of industry, organizational framework of RM, risk management process (RMP) and competition are the sources of a large disparity in the RM. This situation generates a large number of approaches more or less specialized and specific developed to take in charge given RM situations.

The various approaches may be usually classified into two axes. The first is the specialization (sector or functionality), the second is the specificity as compared to the RMP phase.

Some illustrations of which might be: the weapons' project risk assessment and the neural network models that were proposed by Yu Yongtao [3] to solve weapons' game project management risk control issues ; the fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation by Vito F. Uricchio [4] and the fuzzy decision support system for risk analysis in e-commerce development by E.W.T. Ngai [5].

A particular example in the literature is given by the work of Javier Bajo et al. [6] who proposed a model for the analysis and treatment of risks in SMEs. The latter work has attracted our attention because unlike other approaches it is not specific to a sector or a particular functionality, even if it is possible to raise several criticisms. Indeed, a lack of flexibility is observed: the division into workshops or functionalities and their corresponding activities is done up-stream in the design of the system, so only the functional units or the most common activities to all enterprises may be represented. Finally, this system does not propose to accompany the RMP but arises more as a standby and alert instrument.

This diversity of approaches may potentially lead to a messed RM, lacking coherence or at the limit unsuitable, which increases the likelihood of misidentification or risk assessment errors that could be very harmful for the company. It is therefore imperative to use them in a fair and balanced manner, that is to say, for example by making cross-connection of the results, using the same risk criteria and deciding eventually at some point whether or not a sophisticated approach is justified. In this way it should be possible to entirely cover the RMP taking into consideration all the functional units and the company's businesses. The aim sought is an offer for an improved way to ensure that RM provides relevant and applicable information that meets the needs of the organization and the executive team [7].

C. DESCRIPTION OF THE PROPOSED APPROACH

In an attempt to fix the drawbacks outlined above, we considered that the best angle of attack could be to facilitate or improve the implementation of an ERM approach in SMEs, especially taking into account the risk in its integrality as much as possible and harmonizing the practice of different approaches. Therefore, we propose a model for ERM process support system in SMEs intended to implement the RM in a global and systemic manner whatever the organizational framework, enterprise risk culture or functional areas of SMEs. The process aims to reduce uncertainty by attempting to objectify and harmonize the experience and subjective points of view of each person contributing to it. It is designed to enable the coherent integration of the results of other more specialized or specific external approaches better suited for some functional processes or activities of the company in cases where this proves to be necessary. As RM is a very subjective work at least difficult or sometimes impossible to automate completely, this platform is configured to be recomandative. The choice of the recommendation is designed as a vector for decision support during the process.

To our point of view the ERM process should fulfill certain important criteria. First of all it should allow the involvement of multiple stakeholders such as employees and external participants. Those might be anyone who want to manage risks or are invited to join a RM process, whatever their level of competence in the field and knowledge of the system. So from this perspective, it appears clearly that the interaction with this type of system should be simplified and made intuitive for the sake of easiness. To this end, the use of a graphical language, naturally sympathetic and easily manipulated seems fundamental and adequate. Secondly, the process should be sufficiently flexible, simple and unrestrictive and also compensate the drawbacks by sharing knowledge or experience of others cases even if it does not implement the ERM perfectly. Indeed, to the contrary, the norm ISO 31000 and more for COSO imposes rigid constraints on the ERM process, an aspect which often blocks companies in the ERM approach. Thirdly, it should integrate a learning process by means of the creation of a knowledge base by capitalizing experiences and practices. Fourthly, companies of any kinds should be able to use this system. Fifthly, it should provide a synchronous and asynchronous access. Last but not least, this process is meant to be collaborative involving communication and consultation with internal and / or external stakeholders that occur continuously at all stages of the ERM process. The implementation of this process is a working group (consultative approach embodied in teams) with the participation of all stakeholders, each with its own interests, perspectives and areas of expertise on a specific part of the process. In fact stakeholder judgments on the risk are based on their own perceptions which may vary depending on their different values, needs, assumptions, concepts and concerns. Hence, reinforcing the commitment and support to a treatment plan should contribute to the success of the approach [8].

In order to take into account the constraints mentioned above it seemed judicious to model an iterative and continuous process which is presented in Fig. 1. And includes the following steps [9, 10, 11, 12]:

- **Preparatory framework**

- Appointment of the a Risk Manager (RM)
- Appointment of the RM direct staff (key stakeholders) participating in the ERM process; they are selected by RMM.
- Macro business description.
- Determination of the criteria and taste of risk of each staff member.
- Designation of coordinators among the collaborators by the RM.
- Appointment of the indirect staff members (secondary stakeholders); they are chosen by the coordinators and participate to the ERM process.
- Assignment by a coordinator to each stakeholder of his role and responsibilities in the ERM process; in particular, at what level of the process and with which prerogatives he is allowed to intervene.

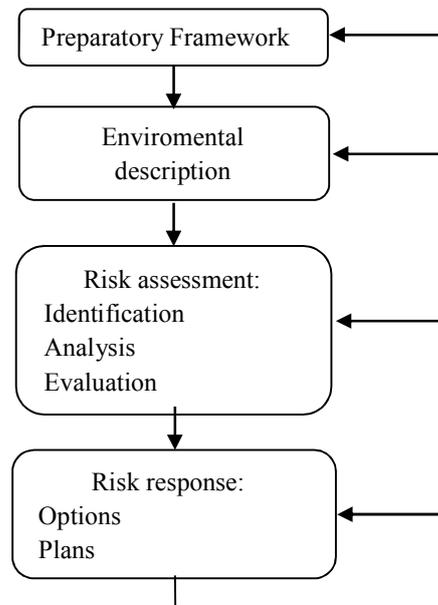


Fig. 1. Simplified ERM process

- **Environmental description (internal and external)**

This phase aims at a comprehensive and structured understanding of the business various activities, including the type of relationship between the company and their internal and external environment (sources of risk, assets, potentialities ...). It leads to an accurate knowledge of the company and allows better analysis of the situation. As any activity of a company involves risk, each significant activity must be identified, described and connected with the elements of its environment (particularly the risk source).

- **Risk assessment**

- **Risk identification**

- Identification of potential events that may affect each element of the environment in connection with a given activity by identifying the types of risk caused by the outbreak of this event on that element of the environment.
- Identification of the risk owner
- Identification of the risk nature: usually strategic, tactical, operational, financial, related to knowledge or compliance.

- **Risk analysis**

- examination of the causes of each event and estimation of its likelihood
- examination of the consequences of this type of risk and estimation of the impact degree, whether positive or negative

The risk estimation may be quantitative, semi-quantitative or qualitative in terms of occurrence probability and possible consequences. For example, the consequences both in terms of threats (downside risks) and opportunities (positive hazard) may be described as high, medium or low and the probability may be high, medium or low. By examining the consequences and likelihood of each risk, it should be possible to identify the key risks that need to be analyzed in more details.

— **Risk evaluation**

After analyzing the risks, it is necessary to compare the estimated risks to established risk criteria. The latter may include associated costs and benefits, legal constraints, socio-economic and environmental factors, stakeholders' concerns, etc...Therefore the risk assessment helps decide about the importance of each specific risk to the organization and to determine whether to accept that risk in its state or to treat it. Given that each collaborator has different criteria and risk tastes according to his perception, he will have to make its own evaluation. Then all the different collaborators' evaluations should be harmonized into one classification.

• **Risk response**

The risk response involves the selection and implementation of one or more risk modification options. Once implemented, the treatments create or modify risk control means.

— Risk response options

The selection of the most appropriate risk response option involves comparing the costs and implementation efforts with regards to the benefits obtained. The risk treatment options do not necessarily exclude each other, nor are they appropriate for all circumstances. These options may include: a denial of risk (do not start or continue the activity which carries the risk); an elimination of the hazard source; a modification of the likelihood; a modification of the consequences; a risk sharing with one or more other parties (contracts, risk financing); a conservation of the risk and taking or increasing the risk in order to pursue an opportunity.

— Risk response plans

The risk response plans are designed to document how the chosen treatment options are implemented. It is appropriate that the information provided in these treatment plans includes [2]:

- the reasons for the choice of treatment options, including the expected benefits,
- the people responsible for approval of the plan and those responsible for its implementation,
- the proposed actions,
- the resource needs, taking into account the imponderables,
- the measurement of performances and constraints,
- the requirements in matter of reporting and monitoring,
- the timing and sequencing.

In order to evaluate a risk treatment plan it is necessary to measure and compare the potential economic effect if no action is taken and the cost of the action (or actions) proposed.

It should be noted that the process proposed here was inspired from the norm ISO 31000 [2] and COSO [8]. However, some modifications and simplifications were introduced keeping only the items that we considered essential to integrate into our model.

D. KNOWLEDGE-BASED SYSTEM

The heart of this new approach repose on a knowledge-based system permitting on one hand the intuitive user interaction with the platform due to its graphic language and on the other hand to provide recommendations based on previous cases.

This section provides a brief introduction to firstly the knowledge representation formalism, in this case the conceptual graphs language has been selected, and secondly case-based reasoning engine. Then an example outlined in Fig.2 and Fig.3. about how these concepts may be used in this approach is developed.

Among the large family of visual languages, concept maps and more specifically conceptual graphs introduced by Sowa [13] are capable of cleanly representing an extremely wide range of knowledge forms - from predicate logic to natural language. This latter representation of knowledge is both computational (as assertion) and interpretable (as a set of terms), a compromise between logic too often abstract and natural language too often illogical. It then allows constructing and manipulating in a formal way comprehensible knowledge-based systems with very specific proprieties and rules [14]. Furthermore, it can be executed [15] and has a text format called "linear form" which evolves with ease of use by computer programs and definitions that are like construction rules.

Concepts (generally represented by squares), relationships (generally represented by ellipsoids) and arches (generally represented by arrows) form the basic information unit of the formalism i.e. the conceptual graph. It should be noted that each arc defines a link two concepts together or two relationships together and that each concept or relationship is typed with respect to a type hierarchy.

A conceptual graph consists of labeled and typed nodes and typed arcs and contexts that partition the map, all of them following the conformity with the formation rules.

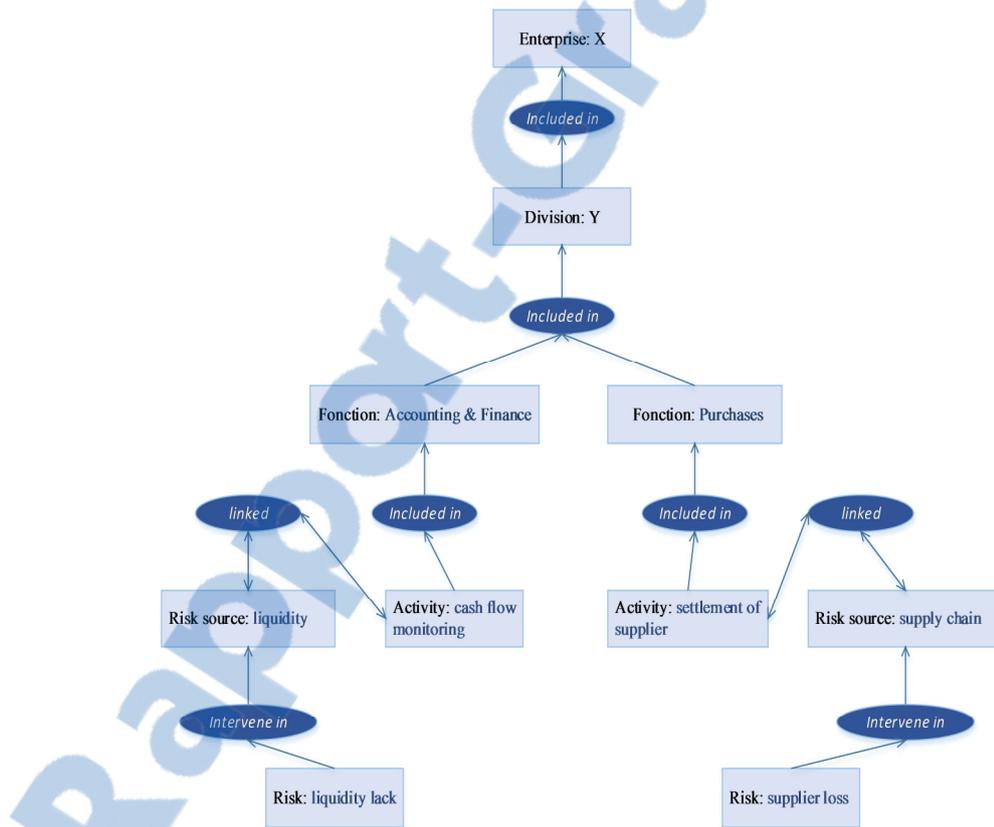


Fig.2. A simplified knowledge representation of the environmental description phase of the ERM process by conceptual graph.

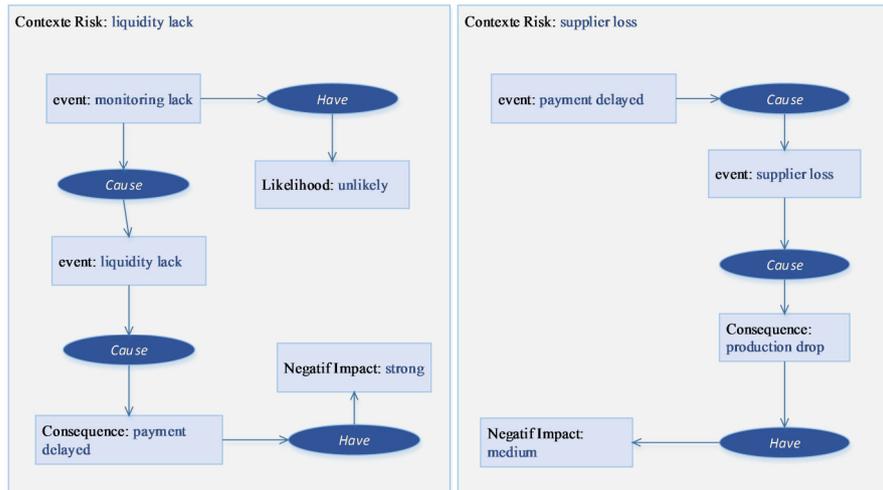


Fig. 3. A simplified knowledge representation of the risk assessment phase of the ERM process by conceptual graph for the two risks in Fig.2

The case based reasoning (CBR) is a reasoning type founded on a cases base, a case being a given problem as well as its solution. A case base is a finite set of cases (called source case), typical having a structure often hierarchical. Reasoning from cases is solving a problem, called the target problem, by using a source case already solved. For some CBR systems, many cases can be remembered in order to solve a single target problem. [16]

The three main phases of the CBR are the recall, adaptation and memorization.

- The recall consists in selecting a similar case to the target problem which has to be resolved, sometimes it may be preceded by a development phase that consists in shaping the target problem for the recall.
- The adaptation aims to modify the source case for the resolution of the target problem, sometimes it can be followed by a new case test step followed by a reparation step in case of a negative test.
- The memorization consists in evaluating the opportunity to store the given case in the case base.

Fig.2. Reflect a representation of the phase “Environmental description” and the Fig.3. Show the use of context structure in the “identification and analyses” phase. A case [problem / solution] being the basic element in a CBR system, in this example the cases that may be utilized to make recommendations could be for example:

- Case 1 [activity structuration / return for each activity the connected risk sources sorted by priority]
- Case 2 [links between risk sources and activities / return for each risk source the corresponding list of events that may intervene]

E. ISSUES OF IMPLEMENTATION

It should be noticed that such approach by its nature is highly centralized and several problems may arise such as:

- a server overload if there are many users simultaneously (considering the heavy calculations that it could take once the case base reaches a significant size);
- A server trouble could cause the system to stop or worse deteriorate the case base.

This is why a redundant design has been considered for this approach to make it more resilient and allow it to scale up easily. The corresponding platform should be composed of a set of identical servers that have the same version of the case base, only one of them (the leader) is allowed to amend the case base and affect this change on the others. If the leader server fails, a new leader is selected.

The collaborative web platform interface is given in Fig. Is composed of a:

- The Lateral menu to the left when the user can go to his profile contact and message, below he can find all the RMP that he has initiated or he was invited in.
- The horizontal menu is used as a tool panel for manipulating the graphs (adding, removing nod and relation, filtering the type of relation to hide or show ...).
- The graphical interaction/visualization frame is used for
 - The selection of elements of the graphs, then applying modification to them and also entering in sub-graph (context).
 - A simplified visualization of conceptual graph where the relation nodes are directly drawn as a labeled arrow.

And there five hierarchical types of users in this platform:

- Administrator: He must validate the modification to the base case that the expert has proposed.
- Expert: He can see the base case and propose modifications (add, alter and remove case).
- Risk manager: he can create new risk management processes and add collaborator from his contact list to it. Also, he decides on which function the collaborator is accountable
- Collaborator: he can add new participants. Also, he decides on which activity or risk source the participant contribute
- Operator/participant: he alter or propose an alteration of the sub-graph () where he is allowed to contribute

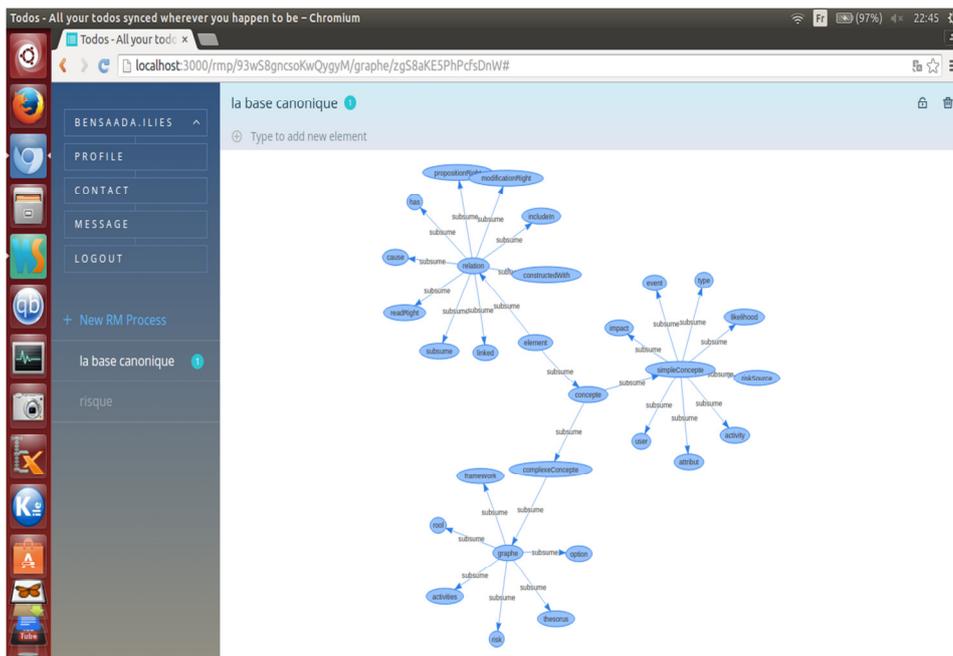


Fig. 8. The collaborative platform interface

F. CONCLUSION

The collaborative knowledge based approach presented here is aimed to model the ERM process of SMEs and provide a decision support to it by means of recommendation which should contribute to improve each phase of the ERM process.

As opposed to existing approaches in RM, the proposed approach ambitions to support an all-inclusive RM in a new way to our knowledge that relies on a conceptual graph formalism associated with a case based reasoning engine.

The platform presented in this paper offers services for the management of business risks. It plays the role of intermediary and/or aggregation services between the risk manager and the different operators. In particular, It aims to help the operator in finding measures to prevent risk situations following some descriptions.

G. References

1. Lacroix, J., Anglard, P., Lau, F.: Analyse et gestion des risques dans les grandes entreprises. In: CIGREF Publications, 2007, <http://www.cigref.fr/c/toutes-les-publications/publications-par-annees/2007/page/3>
2. ISO 31000 - Risk management, International Organization for Standardization ISO/FDIS 31000:2009(F), <http://www.iso.org/iso/home/standards/iso31000.htm>
3. Yongtao, Y.: Risk Management Game Method of the Weapons Project Based on BP Neural Network. In: International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, Institute of Strategie and Policy Naval Avademy of Armament, Beijing, china (2011)
4. Uricchio, V.F., Giordano, R., Lopez, N.: A fuzzy knowledge-based decision support system for groundwater pollution risk evaluation, In: Journal of Environmental Management, vol. 73, Issue 3, pp. 189–197. (2004)
5. Ngai, E.W.T., Wat, F.K.T.: Fuzzy decision support system for risk analysis in e-commerce development, In: Decision Support Systems, vol. 40, Issue 2, pp. 235–255. (2005)
6. Bajo, J., María, L., Borrajo, b., Juan, F., De Paz, C., Juan, M., Corchado, C., María, A., Pellicer, C.: A multi-agent system for web-based risk management in small and medium business. In: Expert Systems with Applications 39 6921 (2012)
7. Guide to Enterprise Risk Management: Frequently Asked Questions: Protiviti Inc., <http://www.protiviti.ca>
8. Rutkowski, A.F., van de Walle, B., van den Eede, G.: The Effect of Group Support Systems on the Emergence of Unique Information in a Risk Management Process: A Field Study, In: System Sciences, HICSS '06. Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference, Vol. 1, pp. 19a. (2006)
9. ISO Guide 73:2009 Risk management – Vocabulary, International Organization for Standardization ISO GUIDE 73:2009(E/F).
10. Risk management — Risk assessment techniques, International Electro technical Commission IEC/FDIS 31010:2009(E).
11. Enterprise Risk Management — Integrated Framework, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, (2004)
12. Federation of european risk management associations, cadre de référence de la gestion des risques, (2003)
13. Sowa, J.F.: Conceptual Structures: Information Processing, Mind and Machine, In : Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, (1984)
14. Nouvel, D.: l'apprentissage de graphes conceptuels. : compte-rendu de lecture dirigée sous la direction de m. G. Mineau (2002)
15. Walling, R.C.: Executing conceptual graphs, In: Lecture Notes in Computer Science, Chapter Conceptual Structures: Theory, Tools and Applications, vol. 1453. pp. 51-64. (2006)
16. Lieber, J.: Contributions a la conception de systèmes de raisonnement a partir de cas. : Memoire pour l'obtention de l'habilitation a diriger les recherches de l'universite Henri Poincare – Nancy 1, Departement de formation doctorale en informatique, Ecole doctorale IAEM Lorraine UFR STMIA, (2008)

Résumé

Dans cette thèse, un système d'aide à la gestion du risque d'entreprise (GRE), basé sur les principes et instruments de la gestion des connaissances (GC), est conçu. Il est destiné en priorité à aider les petites et moyennes entreprises (PME) à s'engager dans la GRE avec un investissement minime en ressources. A cet effet, un nouveau paradigme de conception de GRE est proposé. Ses fondements reposent sur la conformité aux lignes directrices généralement admises de la GRE, auxquelles on adjoint deux conditions essentielles, à savoir: l'adaptabilité aux différents profils de PME et la simplicité d'utilisation. La solution idoine à cette problématique émerge comme une combinaison auto-suffisante d'un cadre général GRE simplifié avec une méthodologie personnalisable. Ainsi, un système complet de GRE est développé sur cette base. Sa mise en œuvre cohérente s'appuie sur un modèle de représentation des risques (RR), spécialement conçu, basé sur des dépendances de causalité entre événements, prenant en compte l'inter-connectivité des risques et l'alignement au contexte stratégique. Le cadre séquentiel de GRE, conçu avec des modules obligatoires et optionnels, ainsi que la méthodologie associée sont présentés. Cette dernière est contrainte non seulement à être simple et adaptable à divers contextes et niveaux de détails, mais encore complète, intégrée et stratégique. Le système de GC est composé de deux volets qui sont: la plateforme Web, d'une part, et le canon d'un système de graphes conceptuels, d'autre part. Le premier offre les fonctionnalités de base pour la manipulation des graphes conceptuels et l'exploitation des connaissances. Le deuxième décrit tous les éléments essentiels à une représentation en graphes conceptuels du système de GRE proposé et un formalisme de requêtes associé.

MOTS CLES :

Gestion des risques d'entreprise; GRE; gestion des connaissances; cadre; Méthodologie; Identification des risques; Modèle de représentation des risques; Inter-connectivité des risques; Contexte actionnable; Graphes conceptuels.