

2002RP-16

Le risque : un modèle conceptuel d'intégration

*Jean-Grégoire Bernard, Benoit A. Aubert,
Simon Bourdeau, Éric Clément, Caroline Debuissy,
Marie-Josée Dumoulin, Marc Laberge,
Nathalie de Marcellis, Ingrid Peignier*

Rapport de projet *Project report*

Ce document a été produit dans le cadre du projet « Développement d'outils de mesure, d'intégration et de gestion du risque » financé par Valorisation-Recherche Québec

Montréal
Octobre 2002

© 2002 Jean-Grégoire Bernard, Benoit A. Aubert, Simon Bourdeau, Éric Clément, Caroline Debuissy, Marie-Josée Dumoulin, Marc Laberge, Nathalie de Marcellis, Ingrid Peignier. Tous droits réservés. *All rights reserved.*
Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.
Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique de Montréal
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- Ministère des Finances du Québec
- MRST
- Alcan inc.
- AXA Canada
- Banque du Canada
- Banque Laurentienne du Canada
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Canada
- Bombardier
- Bourse de Montréal
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses Desjardins du Québec
- Hydro-Québec
- Industrie Canada
- Pratt & Whitney Canada Inc.
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Ville de Montréal

Le risque : un modèle conceptuel d'intégration*

*Jean-Grégoire Bernard^{1,2}, Benoit A. Aubert^{1,2}, Simon Bourdeau¹, Éric Clément^{1,3},
Caroline Debuissy¹, Marie-Josée Dumoulin^{1,4}, Marc Laberge¹,
Nathalie de Marcellis¹, Ingrid Peignier¹*

Résumé / Abstract

Ce rapport de projet est le premier d'une série qui s'intéressera à la gestion intégrée du risque. Dans l'objectif de répondre à la question « qu'est-ce que le risque? », un modèle conceptuel définissant le concept du risque est proposé. Ce modèle conceptuel intègre les définitions du risque de différentes disciplines. Une terminologie a été élaborée pour accompagner le modèle. Ce modèle conceptuel tente d'élaborer une base à partir de laquelle pourra se faire l'échange de méthodes et de mesures entre les domaines s'intéressant au risque.

The following project report is the first of a sequence which will focus on integrated risk management. This report presents a conceptual model which goal is to define the concept of risk. This conceptual model integrates the definitions of multiple domains having an interest in risk management. With the model, a terminology is proposed. This conceptual model is a foundation upon which it will be possible to exchange methods and measures of risk between domains.

Mots clés : Risque, gestion intégrée du risque, définition, intégration

Keywords: Risk, integrated risk management, definition, integration.

* Les auteurs tiennent à remercier la contribution importante de l'ensemble des chercheurs du projet « Développement d'outils de mesure, d'intégration et de gestion du risque ».

¹ CIRANO

² HEC Montréal

³ Université de Sherbrooke

⁴ Université de Montréal

Table des matières

1. Introduction	1
1.1. La gestion intégrée du risque.....	1
1.2. Objectif.....	3
2. Revue de littérature de définitions du risque.....	4
2.1. La définition du risque en finance/économie.....	5
2.1.1. Économie.....	5
2.1.2. Finance.....	5
2.1.3. « Base » pour lier l'économie et la finance.....	10
2.2. La définition du risque en impartition.....	10
2.3. Gestion de projets.....	11
2.4. La définition du risque en sciences de l'environnement.....	13
2.5. La définition du risque en santé et sécurité humaines.....	14
2.6. La définition du risque en sécurité industrielle.....	16
2.7. Intégration.....	17
2.7.1. Synthèse des définitions du risque.....	17
2.7.2. Revue de littérature des définitions génériques du risque.....	22
3. Modèle conceptuel du risque.....	24
3.1. Unité d'analyse.....	30
3.2. Objectif.....	31
3.3. Événement.....	32
3.4. Probabilité.....	33
3.5. Impact.....	34
3.6. Risque.....	34
3.6.1. Définition du risque.....	34
3.6.2. Exposition au risque.....	35
3.7. Facteur de risque.....	36
3.7.1. Origine d'un facteur de risque.....	38
3.8. Mode de gestion.....	39
4. Exemples et applications.....	42
4.1. Économie et finance.....	42
4.1.1. Économie.....	42
4.1.2. Finance.....	43
4.2. Impartition.....	48
4.3. Gestion de projets.....	51
4.4. Sciences de l'environnement.....	53
4.5. Santé et sécurité humaines.....	54
4.6. Sécurité industrielle.....	56
5. Conclusion et recherches futures.....	58
Bibliographie	60
Annexe A – Définitions et modèles.....	64

1. Introduction

1.1. La gestion intégrée du risque

Integrated risk management should be regarded as a core skill by every firm (Bishop, 1996)

Depuis quelques années, la gestion intégrée du risque intéresse autant le milieu des affaires que le milieu scientifique. Le magazine *The Economist* explique l'importance de la gestion intégrée du risque de la façon suivante : « [Integrated] risk-management should be regarded as a core skill by every firm » (Bishop, 1996, p.S22). Cependant, malgré cet intérêt vif, peu d'applications pratiques de la gestion intégrée du risque ont vu le jour (Rhode, 2000). La gestion intégrée du risque a été longtemps l'apanage des organisations du domaine financier, telles que les banques, les sociétés d'assurance et les sociétés de courtage, laissant pour compte les sociétés non financières alors qu'elles représentaient 84% de l'économie canadienne en juin 2002¹. Il existe certaines applications de la gestion intégrée du risque dans l'industrie financière. Elles sont souvent développées dans des sociétés, telles que Algorithmics, Lombard Risk Management, Iris Integrated Risk Management et SunGard, spécialisées dans le développement d'outils proposant l'intégration du risque de marché et du risque de crédit.

Toutefois, la prise de risque fait aussi partie de la raison de vivre des organisations non financières, qu'elles soient privées, paragonnementales ou gouvernementales. Le risque auquel font face les organisations non financières provient de plusieurs sources. D'une part, ils peuvent provenir des engagements financiers, des engagements contractuels, de la gestion de projet, de l'environnement (ex. catastrophes naturelles, intempéries) et de la technologie. D'autre part, les activités, les produits et les services d'une organisation peuvent aussi être des sources de risques pour ses biens, pour l'environnement et pour la santé des employés et/ou de la population. Les organisations voulant être concurrentielles au sein du marché global qui caractérise le monde des affaires d'aujourd'hui doivent donc être habilitées à identifier, mesurer et prévenir le risque auquel elles font face et qu'elles génèrent. Actuellement, la gestion du risque de la plupart de ces organisations est compartimentée et il est très difficile pour le gestionnaire d'obtenir une vue d'ensemble du risque global couru par l'organisation (Rhode, 2000). Plusieurs organisations se sont d'ailleurs dotées d'une structure spécifique, en créant des postes

¹ Statistique Canada, CANSIM, matrice 4680, Produit intérieur brut au coût des facteurs par industrie.

de « Chief Risk Officer », pour officialiser cette préoccupation (Lee, 2000). Toutefois, ces postes se retrouvent principalement au sein d'organisations des industries financières et énergétiques (Banham, 2000). La principale raison est leur nature hautement réglementée.

De plus, certains organismes de réglementation de la régie d'entreprise émettent des pressions pour que les gestionnaires dévoilent le risque encouru par leur organisation. Depuis 1994, les sociétés publiques inscrites à la Bourse de Toronto (TSE) sont déjà soumises aux principes directeurs portant sur la communication annuelle de l'information. Ces principes directeurs demandent que la gestion du risque fasse partie d'une saine pratique de régie d'entreprise :

« The board of directors of every corporation should explicitly assume responsibility for the stewardship of the corporation and, as part of the overall stewardship responsibility, should assume responsibility for the following matters : [...] the identification of the principal risks of the corporation's business and ensuring the implementation of appropriate systems to manage these risks. » (Principes directeurs du TSE, Section 474, 1994)

Une étude auprès de sociétés inscrites au TSE faisant le suivi de l'implantation de ces principes directeurs révèle que 40% des sociétés interrogées n'ont pas mis en place de système de suivi et de gestion du risque. Récemment, le « Joint Committee on Corporate Governance » mis sur pied par l'Institut Canadien des Comptables Agréés (CICA), le TSE et le « Canadian Venture Exchange » (CDNX) a proposé un renforcement des principes directeurs pour souligner cette préoccupation à la fois des actionnaires, des créateurs, des organismes réglementaires et du public. Le comité modifie la responsabilité du conseil d'administration de la façon suivante :

« Veiller à ce qu'il y ait des politiques et des processus visant à identifier les risques, à déterminer lesquels sont acceptables pour l'entreprise et à veiller à ce que des systèmes et des mesures permettent d'en assurer le suivi. » (Joint Committee on Corporate Governance, 2001, p.35)

Selon l'organisation, les informations à divulguer varient du risque de marché, du risque politique, du risque technologique, du risque à la santé et sécurité des populations, du risque naturel, du risque contractuel et du risque inhérent aux processus d'affaires (Joint Committee on Corporate Governance, 2001). Cette

tendance au sein des organismes réglementaires vers la divulgation et l'implantation de processus de gestion du risque se retrouve aussi aux États-Unis, avec des organismes tels que le « Committee of Sponsoring Organization of the Treadway Commission » (COSO), le « American Institute of Certified Public Accountants » (AICPA), la « U.S. Securities and Exchange Commission » (SEC), la « U.S. Environmental Protection Agency » (EPA) et la « Occupational Safety and Health Administration » (OSHA).

La recherche dans le domaine de la gestion intégrée du risque est peu approfondie et peu documentée

Malgré l'effervescence dans le domaine des affaires et malgré une grande tradition de recherche scientifique sur le risque dans plusieurs disciplines, la recherche dans le domaine de la gestion intégrée du risque est peu approfondie et peu documentée. Certains ouvrages qui se penchent sur le sujet sont limités à l'intégration du risque de marché et du risque de liquidité (Doherty, 2000; Shimpi, Durbin et Laster, 2001). Il existe cependant un grand intérêt du domaine des affaires, étant donné la tenue de conférences, comme celles organisées par le Conference Board, The Economist, International Electrotechnical Commission (IEC) et ISO.

1.2. Objectif

Ce rapport est le premier d'une série qui s'intéressera à la gestion intégrée du risque. La gestion intégrée du risque est définie comme suit :

La gestion intégrée du risque peut être définie comme un processus, c'est-à-dire un ensemble d'activités coordonnées qui sont réalisées par une organisation de façon à identifier, mesurer, évaluer et modifier à la fois (1) la probabilité d'occurrence de certains événements pouvant avoir un impact sur une ou plusieurs entités, et (2) l'impact de ces événements sur ces entités.

Le terme « gestion du risque » a plusieurs significations selon le domaine étudié. Dans le présent rapport, la gestion du risque est définie comme un processus holistique, mis sur pied par une organisation, qui intègre l'identification, l'analyse et le traitement du risque. Dans certains domaines, la gestion du risque a une définition plus restreinte. Par exemple, le domaine de la santé et sécurité humaines fait une différence entre l'analyse du risque et sa gestion (Starr et Whipple, 1984). Dans ce contexte, l'analyse du risque fait entre autre référence aux activités d'identification des risques, de mesure des risques et d'évaluation des risques. La gestion du risque fait référence aux activités d'identification des options de traitement, à la planification des traitements, à l'implantation des traitements du risque et leur suivi. La distinction, ainsi faite dans

certaines domaines, provient de la division des responsabilités au sein du processus. En effet, en matière de risque à la santé, les organismes tels que l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), Santé Canada, l'USEPA estiment que les analystes doivent garder une neutralité et une indépendance par rapport aux personnes qui subissent le risque et celles qui décident de la pertinence de mettre en place des mesures pour corriger ce risque. Pour éviter toute confusion, la partie décisionnelle du processus sera appelée traitement du risque. Ainsi, peu importe le domaine, l'expression « gestion du risque » intégrera les composantes analyse et traitement du risque. Cette approche s'inspire du standard Risk Management AS/NZS 4360:1999 (Standards Association of Australia, 1999).

Avant de se plonger dans l'intégration de la gestion du risque, il est approprié de se poser la question : « qu'est-ce que le risque? ». C'est à cette question que ce rapport tente de répondre. Pour ce faire, il est tout d'abord nécessaire d'étudier les définitions du risque au sein des différents domaines qui s'y intéressent. Ce rapport propose par la suite, à la section 3, un modèle conceptuel du risque qui a pour but l'intégration de ces définitions. La nature de ce modèle conceptuel se voudra flexible, de façon à s'appliquer à tous les risques, peu importe le type d'organisation qui en fera usage. Quelques applications de ce modèle conceptuel seront ensuite présentées à la section 4. Grâce à la terminologie introduite par le modèle conceptuel, les recherches futures pourront se pencher sur l'intégration des mesures et des méthodes d'analyse du risque.

Ce rapport tente de répondre à la question « qu'est-ce que le risque? »

2. Revue de littérature de définitions du risque

La présente section effectue une revue de littérature succincte des définitions du risque au sein de six domaines d'intérêts particuliers : (1) la finance et l'économie, (2) l'impartition, (3) la gestion de projets, (4) les sciences de l'environnement, (5) la santé et sécurité humaines, (6) et la sécurité industrielle. Pour une revue de littérature plus exhaustive, il est possible de consulter l'étude de Barki, Rivard et Talbot (1993a) et de Bahli (2002). Étant donné que l'objectif de ce document est d'établir un modèle conceptuel du risque, il devient nécessaire de réaliser une analyse des points communs et des points divergents dans la définition du risque de chacun de ces domaines afin de vérifier s'il est concevable de les réunir dans une définition commune du risque. Pour ce faire, la définition du risque de chaque domaine sera modélisée, de façon à mettre en lumière les concepts centraux de chacune de ces définitions. Le formalisme utilisé est

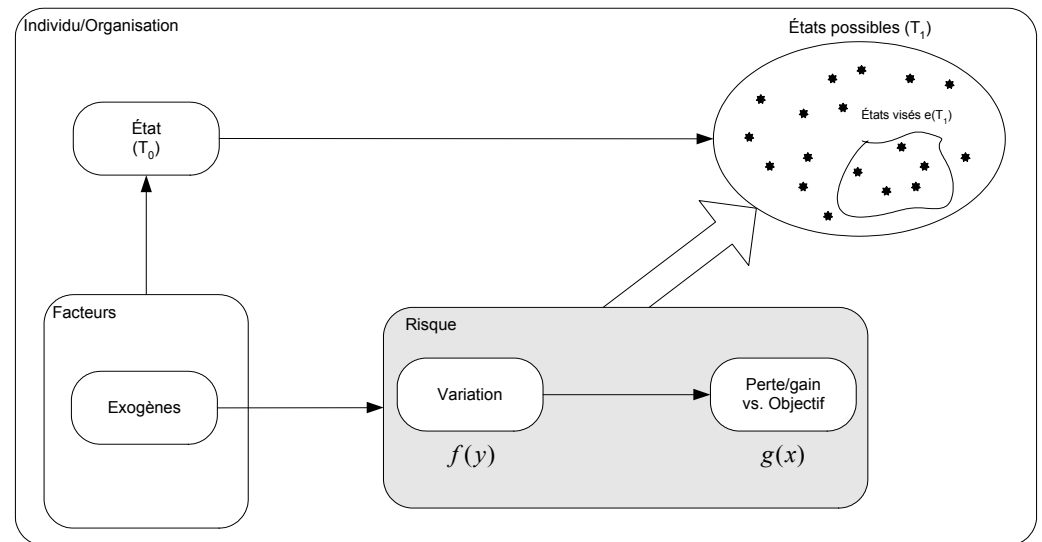
expliqué à la section 3, « modèle conceptuel du risque », de cette étude. Cet effort de représentation graphique du risque permet de comparer les concepts de chacune de ces définitions. Par la suite, un résumé des principaux efforts de définition du risque de façon générique est présenté. Les avantages et les limites de chacune des définitions sont aussi discutés.

2.1. La définition du risque en finance/économie

2.1.1. Économie

En économie, le risque peut-être défini comme un état pour lequel il y a une possibilité d'une variation adverse par rapport à un objectif attendu ou souhaité d'une organisation. La possibilité d'une variation adverse par rapport à un objectif souhaité se traduit par une probabilité. Un risque dit économique pour l'organisation est lié aux variations de ses revenus, de ses coûts ou de son volume de production, suite aux fluctuations des marchés des matières premières et des produits finis ainsi que l'environnement réglementaire de ces marchés.

Figure 1. Modélisation du risque en économie



2.1.2. Finance

Selon Vaughan (1997), un risque financier implique une relation entre un individu (ou une organisation) et un actif (ou un objectif de revenu) qui peut être perdu ou endommagé. Pour qu'un risque soit qualifié de financier, il doit comporter trois éléments: (1) un individu (ou une organisation) qui est exposé(e) à une perte, (2) un

actif ou un revenu dont la destruction (ou la perte) causera une perte financière, (3) un danger qui peut causer la perte. Le danger ici doit être vu comme lié à une source financière, comme le prix d'actifs sur des marchés financiers organisés ou encore la santé financière de contrepartie de transactions avec la firme. Les risques financiers sont définis et mesurés de façon différente selon leurs types. Plusieurs types de risques financiers existent : le risque de marché financier, le risque de crédit, le risque de liquidité de marché, le risque de base (ou résiduel), le risque d'opérations financières, le risque lié à la réglementation financière, ainsi que le risque de liquidité interne de la firme. Le tableau 1 résume cette classification des types de risques financiers en leur associant les actifs et les revenus (coûts) ainsi que les facteurs ou sources de risques qui leur sont propres.

Le risque financier implique la perte ou la destruction d'un actif ou d'un revenu

Tableau 1. Classification des types de risques financiers

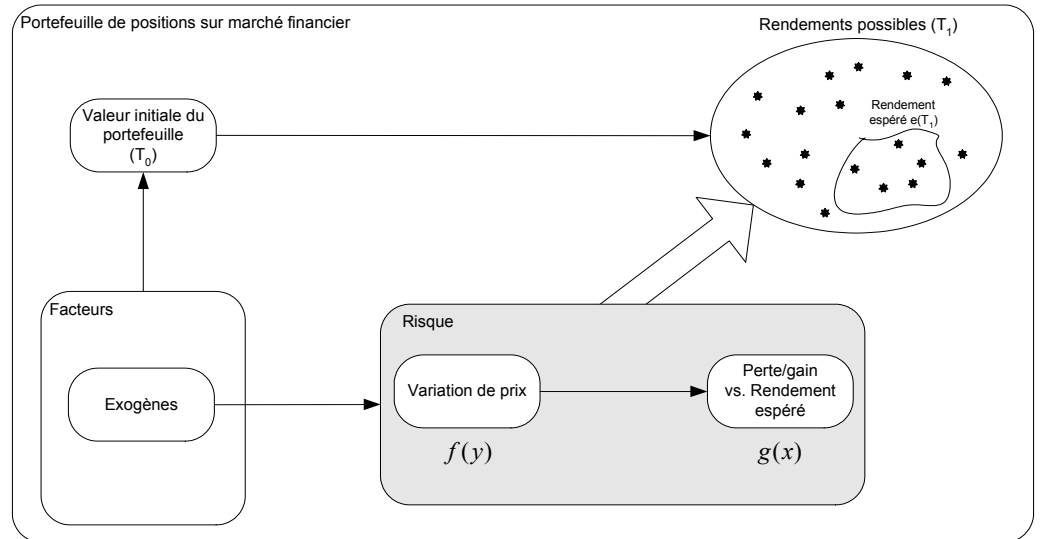
Types de risques financiers	Actifs ou revenus (coûts) associés	Facteurs (sources de risque)
Risque de marché financier	Valeur marchande des positions de la firme sur : 1) Actions d'entreprises 2) Devises 3) Obligations (Taux d'intérêts) 4) Commodités	- Niveau des prix - Volatilité des prix
Risque de liquidité de marché financier	Valeur de liquidation des positions de la firme sur : 1) Actions d'entreprises 2) Devises 3) Obligations (Taux d'intérêts) 4) Commodités	- Écart entre le prix acheteur et le prix vendeur sur le marché - Volume associé aux prix vendeur et acheteur.
Risque de crédit	Valeur du contrat de transaction	- Santé financière du contrepartie d'une transaction financière
Risque d'opérations financières	Revenus/Coûts des opérations financière	- Erreur dans l'enregistrement des transactions financières
Risque lié à la réglementation financière	Coût lié au respect ou au non-respect de la réglementation	- Niveau de réglementation des marchés financiers

Types de risques financiers	Actifs ou revenus (coûts) associés	Facteurs (sources de risque)
Risque de base (Risque résiduel)	Valeur du portefeuille des positions couvertes de la firme.	- Écart entre les variations de la « valeur » du risque (financier ou économique) à couvrir et celle de l'instrument financier qui sert à couvrir ce risque.
Risque de liquidité interne de la firme	Coût de financement de la firme	- Toutes les sources de risques précédentes

Il est possible de constater que les facteurs de risque énumérés dans le tableau précédent sont généralement exogènes à une organisation. En effet, une organisation ne contrôle pas le prix d'un actif financier transigé sur un marché. Le prix d'un actif financier est plutôt le résultat de la loi de l'offre et de la demande. Par conséquent, elle doit gérer les variations du prix de cet actif.

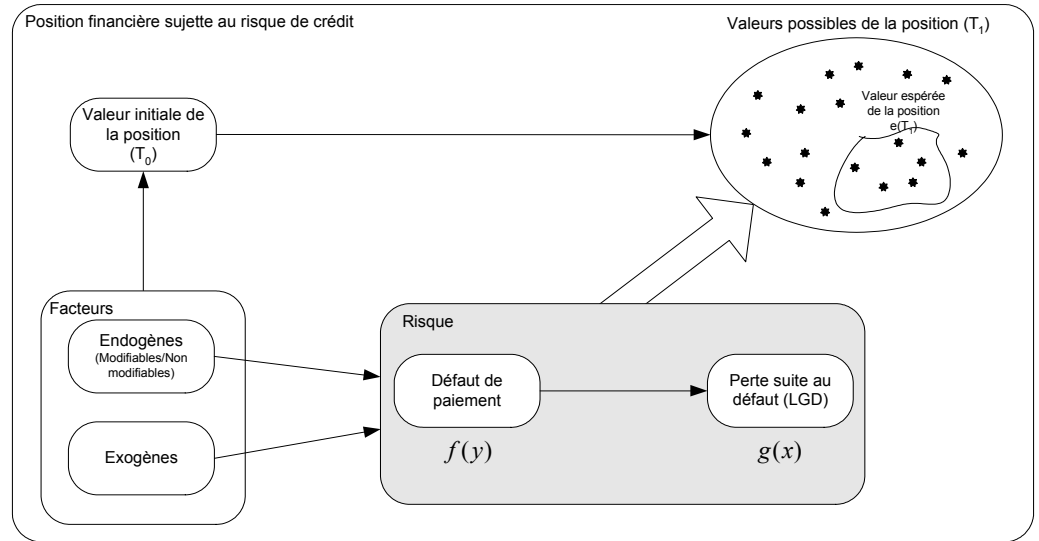
Jorion (2001) définit le risque de marché financier comme suit : « Market risk is the risk of fluctuations in portfolio values due to movements in the level or volatility of market prices » (p.286). Le portefeuille auquel cette définition fait référence est en fait l'ensemble des positions sur les transactions financières effectuées par la firme. Dans le cas du risque de marché sur le niveau des prix, il est possible d'utiliser le rendement espéré comme objectif (figure 2).

Figure 2. Modélisation du risque de marché financier sur le niveau des prix



Un modèle de prévision du rendement espéré d'un titre peut être utilisé pour établir l'objectif de rendement. Dans le cas particulier des titres d'actions, les modèles théoriques importants proposés par la littérature sont l'APT (« Arbitrage Pricing Theory »), ainsi que le cas particulier qu'est le CAPM (« Capital Asset Pricing Model »), dont le facteur principal est le rendement du marché général des actions. Le risque de marché peut être défini de manière absolue ou relative. Le risque absolu est donné par les gains ou pertes encourus directement, alors que le risque relatif est donné par les gains ou pertes par rapport à un indice de marché financier de référence. L'objectif associé au risque absolu est souvent la préservation de capital, c'est-à-dire un rendement nul ou positif, qui peut être évaluée entre autres par la technique de « Valeur-à-risque » qui modélise le risque négatif (« downside risk ») uniquement. L'objectif associé au risque relatif est quant à lui d'obtenir un rendement supérieur à l'indice de référence. Notons que lorsque le CAPM est estimé en utilisant un indice de marché comme approximation du marché général, il peut être apparenté à un modèle de risque relatif vu sa sensibilité à l'indice de référence.

Jorion (2001) définit le risque de liquidité de marché financier, qu'il appelle « asset liquidity risk » comme suit : « Asset liquidity risk, also called market/product liquidity risk, arises when transactions cannot be conducted at quoted market prices due to the size of the required trade relative to normal trading lots » (p.296). Il est à noter que ce risque est habituellement modélisé et évalué conjointement avec le risque de marché financier. D'autre part, Jorion définit le risque de crédit comme suit : « Credit risk is the risk of an economic loss from the failure of a counterparty to fulfill its contractual obligations » (p.433). Le risque de crédit, ou de défaut de paiement, peut être séparé en trois composantes : 1) la probabilité de défaut, 2) la perte, suite au défaut puis 3) l'exposition au défaut. Ces composantes sont représentées dans la figure 3.

Figure 3. Modélisation du risque de crédit

Jorion (2001) définit le risque de base comme suit : « Basis risk arises when changes in payoffs on the hedging instrument do not perfectly offset changes in value of the underlying position » (p.342). Si la position sous-jacente (« underlying position ») à couvrir est due à une transaction ou un instrument financier, on peut parler simplement de risque de base financier. Il définit aussi le risque d'opération financière, nommé « operational risk », comme suit : « Operational risk [...] can be viewed as the risk of direct or indirect loss resulting from failed or inadequate internal processes, systems and people, or from external events » (p.604). La firme peut être soumise à des réglementations sur ses transactions financières, ou des règlements sur les marchés où elle transige, pour lesquels elle doit conserver des réserves de capital. Il est alors question de risque lié à la réglementation financière. L'objectif lié à ce risque financier peut alors être le seuil de pertes que l'organisation ne doit pas dépasser pour ne pas avoir à augmenter ses réserves de capital. Finalement, Jorion définit le risque de liquidité interne de l'organisation, qu'il appelle « Funding liquidity risk », comme suit : « Funding liquidity risk, also called cash flow risk, arises when the institution (firm) cannot meet payment obligations » (p.296).

D'autre part, si une organisation mesure régulièrement et correctement le risque financier, elle peut définir un objectif de perte maximale, ou limite de risque, sur son risque initial et mesurer en deuxième temps le risque, c'est-à-dire la probabilité et les impacts, de dépasser cette limite de risque. Cette limite est habituellement mesurée par des techniques de « valeur-à-risque » et le risque de dépasser ces limites par des

techniques de type « expected shortfall ». Si l'objectif du risque de marché est un seuil lié à une limite de risque ou encore à une réserve de capital, il y a alors risque négatif (« downside risk »), plutôt qu'une variabilité des résultats.

2.1.3. « Base » pour lier l'économie et la finance

Le risque de base peut ne pas être uniquement associé à la couverture d'un risque financier. Lorsque la position sous-jacente à couvrir provient des opérations courantes de l'entreprise, cette position est plutôt sujette à un risque économique. Ainsi, une transaction de couverture de ce risque économique sur un marché financier crée alors un risque financier et économique de base à la fois. Ce risque est ignoré lorsque les données de marchés financiers d'instruments de couverture sont utilisées pour estimer le risque économique réel de la firme.

2.2. La définition du risque en impartition

Dans le domaine de l'impartition des technologies de l'information, Aubert et al. (2001) définissent le risque comme suit : « (Risk is) the product of two functions : a loss function and a probability function. » (p.2). Ils empruntent leur définition au domaine de l'assurance (Bowers et al., 1986). La *fonction de perte* met en relation une conséquence indésirable et l'ampleur de la perte qui y est associée, alors que la *fonction de probabilité* met en relation l'occurrence d'une conséquence indésirable et sa probabilité.

Le risque en impartition est le produit d'une fonction de perte et d'une fonction de probabilité

Le risque associé à un contrat correspond au produit de la fonction de la probabilité d'occurrence d'une conséquence indésirable (comme par exemple l'augmentation des coûts de service), et de la fonction de perte associée à cette conséquence indésirable. Le résultat de ce produit est ce qui est appelé l'exposition au risque (Aubert et al., 2001).

L'exposition au risque est définie de la façon suivante :

$$\text{Exposition au risque} = \sum_{i=1}^n P(CN_i) * A(CN_i)$$

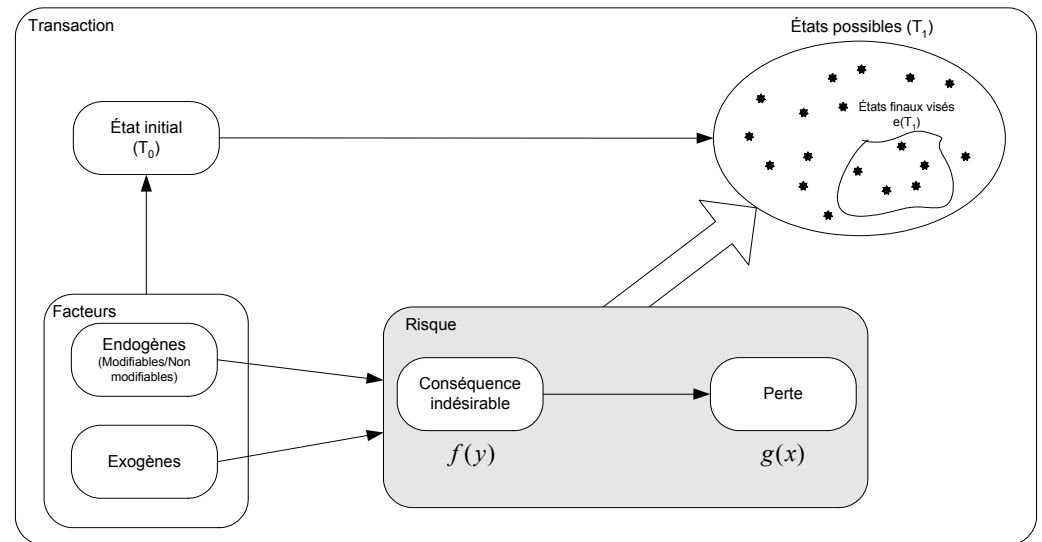
où $P(CN_i)$ est la probabilité d'une conséquence indésirable i , et $A(CN_i)$ est l'ampleur de la perte due à la conséquence indésirable i . Les pertes associées à l'occurrence d'une conséquence indésirable d'une transaction sont les coûts tangibles ou intangibles que l'entreprise devrait assumer advenant l'occurrence de cette conséquence indésirable.

En contexte d'impartition, la probabilité d'occurrence d'une conséquence indésirable est estimée en évaluant certaines caractéristiques d'une transaction. Ces

En impartition, les facteurs de risque permettent d'estimer la probabilité d'occurrence d'une conséquence indésirable

caractéristiques, ou facteurs de risque, ont été identifiées par de plusieurs études de cas. La présence de ces caractéristiques augmente la probabilité d'occurrence qu'une conséquence indésirable survienne. À partir de ces caractéristiques, on arrive ainsi à qualifier cette probabilité. En effet, la probabilité d'occurrence d'une conséquence indésirable n'est généralement pas disponible. Il n'existe pas de statistiques permettant d'inférer celles-ci. Les évaluateurs ont donc recours à une estimation indirecte.

Figure 4. Modélisation du risque en impartition



2.3. Gestion de projets

Dans le domaine de la gestion de projet, Kerzner (2000) définit le risque comme suit : « Risk is a measure of the probability and consequence of not achieving a defined project goal » (p.869). Les outils de mesure et les techniques d'évaluation permettant l'évaluation des risques de gestion de projets varient selon les différents domaines d'application. Dans certains domaines, tels qu'en ingénierie, certaines données historiques permettent d'évaluer quantitativement la probabilité d'occurrence d'un événement et l'impact de cet événement. En développement de systèmes d'information, Anderson et Narasimhan (1979) proposent l'estimation de la probabilité d'occurrence d'un événement par l'intermédiaire de facteurs de risque. À partir de cette approche, Barki, Rivard et Talbot (1993b) ont identifié cinq facteurs de risque pour qualifier la probabilité d'occurrence de l'échec d'un projet : la nouveauté technologique, la taille d'un projet, le manque d'expertise, la complexité de

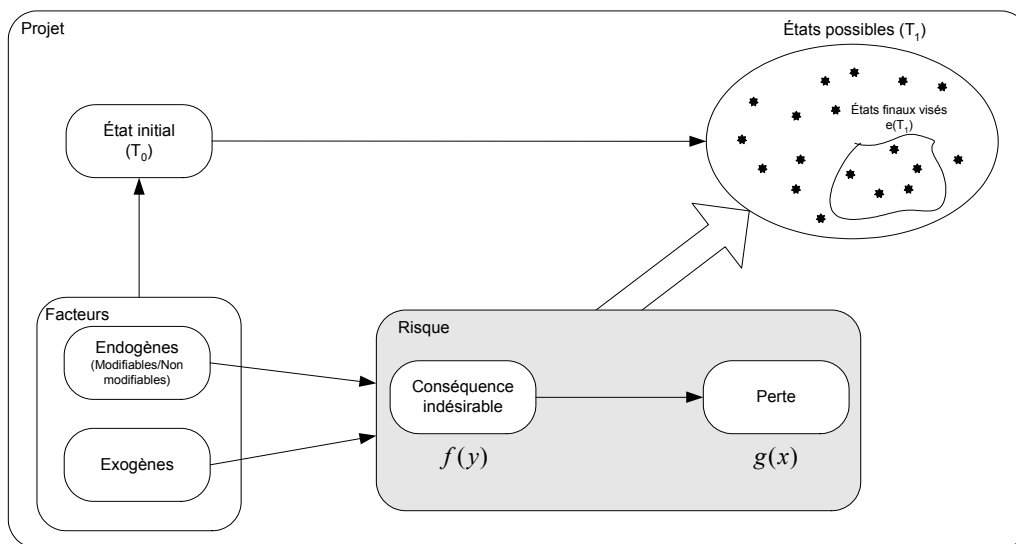
l'application et l'environnement organisationnel. Ces facteurs de risque sont évalués quantitativement à l'aide de 23 variables.

Tout comme en impartition, le risque en gestion de projet correspondant au concept d'exposition au risque (Boehm, 1989) :

$$\text{Exposition au risque} = \sum_{i=1}^n P(CN_i) * A(CN_i)$$

où $P(CN_i)$ est la probabilité d'une conséquence indésirable i , et $A(CN_i)$ est l'ampleur de la perte due à la conséquence indésirable i .

Figure 5. Modélisation du risque en gestion de projet



Les définitions du risque de Kerzner (2000) et de Barki et al. (1993b) sont très similaires. La différence notable est que le terme « conséquence », selon la définition de Kerzner (2000), correspond au terme « perte », de la définition de Barki et al. (1993b). Le tableau ci-dessous compare ces définitions :

Malgré une terminologie différente, les concepts sous-jacents sont souvent les mêmes

Tableau 2. Comparaison des définitions du risque en gestion de projet

<i>Kerzner (2000)</i>		<i>Barki et al. (1993b)</i>
Probabilité d'occurrence d'un événement	↔	Probabilité d'occurrence d'une conséquence indésirable
Conséquence de l'occurrence d'un événement	↔	Perte associée à une conséquence indésirable

2.4. La définition du risque en sciences de l'environnement

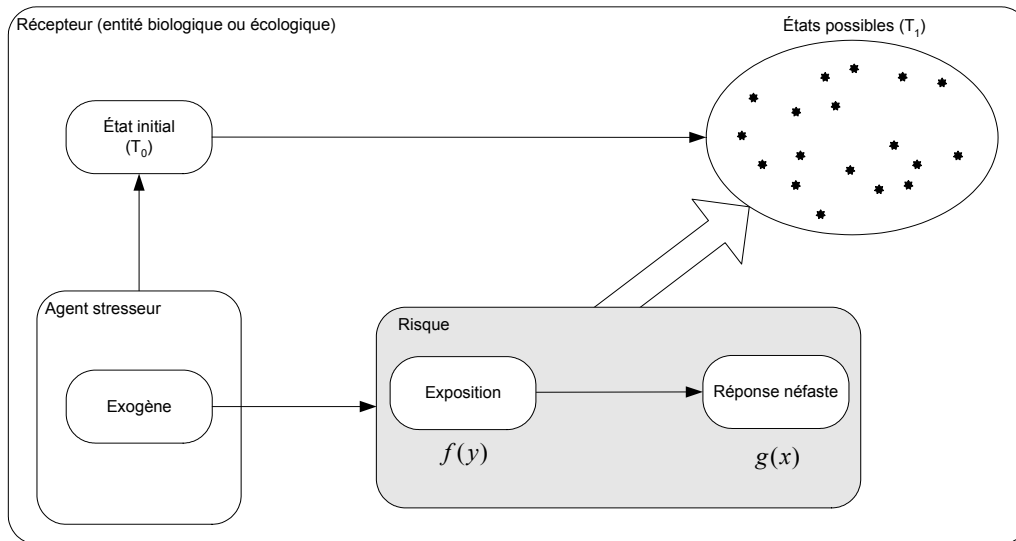
Le risque dans les sciences de l'environnement s'intéresse à la possibilité d'effets pervers sur des récepteurs de l'environnement suite à l'exposition à un agent stresser. L'environnement est défini comme étant l'eau, l'atmosphère et le sol ou toute combinaison de l'un ou l'autre de ces éléments ou, d'une manière générale, le milieu ambiant avec lequel les espèces vivantes entretiennent une relation (Gouvernement du Québec, 2000). Cette définition est sensiblement la même que celle du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 1996). Les sciences de l'environnement englobent certains domaines faisant appel à la notion de risque.

Au Québec, dans le domaine des terrains contaminés, le risque est évalué à l'aide de la procédure d'évaluation du risque écotoxicologique. Celle-ci définit le risque de la manière suivante : « l'occurrence de réponses néfastes chez des récepteurs en fonction de leur exposition à un agent stresser » (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1998). Un agent stresser correspond à tout contaminant capable de provoquer une réponse néfaste qui a une signification biologique ou écologique particulière. En général, il s'agit d'un changement de structure ou de fonctions chez le récepteur et qui excède la variabilité naturelle. Un récepteur est une entité biologique ou écologique (faune et/ou flore représentée par un individu, une population, une communauté ou un écosystème) susceptible d'être affectée suite à l'exposition à un agent stresser. Un agent stresser est donc exogène au récepteur, et par conséquent, hors de son contrôle. Une exposition d'un récepteur à un agent stresser est caractérisée par sa durée, sa fréquence et son intensité.

La plupart des définitions du risque dans les sciences de l'environnement convergent vers la définition du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Par exemple, il est possible de constater que cette définition est similaire à celle spécifiée dans les lignes directrices du « United States Environmental Protection Agency » pour l'analyse du risque écologique : « Ecological risk assessment evaluates the likelihood that adverse ecological effects may occur or are occurring as a result of exposure to one or more stressors » (USEPA, 1998). Elle est aussi semblable à celle de Graham, Hunsaker, O'Neill et Jackson (1991) définissent le risque écotoxicologique peut être défini de la manière suivante : « the probability [...] of a certain environmental event, such as a fish kill, the elimination of a species, or the exceeding

of a certain water quality standard, as a consequence of exposure to some environmental 'hazard' such as a toxic chemical » (p.196).

Figure 6. Modélisation du risque en environnement



2.5. La définition du risque en santé et sécurité humaines

Le risque pour la santé humaine est défini comme la probabilité (ou l'incidence) d'altérations de la santé des individus attribuables à une exposition à un ou plusieurs facteurs de risque (Carrier, 2002). Ces facteurs de risque peuvent être exogènes (agents microbiens, substances chimiques, agents physiques tels rayonnements ionisants, bruit, champ électromagnétique), endogènes (facteurs génétiques, état de santé, hormones) ou liés aux habitudes de vie (alimentation, tabagisme, alcool, sédentarité) (Carrier, 2002).

Wood (2001) définit un facteur de risque de la façon suivante : « The term risk factor describes those characteristics found, in healthy individuals, to be independently related to the subsequent occurrence of CHD ('coronary heart disease') and, where modifiable, to be reversible. » (p.S50). Pour illustrer cette notion, il a réalisé une revue de littérature des facteurs de risque entraînant l'apparition d'une maladie coronarienne au sein d'une population ou d'individus. Il a identifié trois catégories de facteurs de risque: les facteurs liés au style de vie, les facteurs liés à des caractéristiques biochimiques ou physiologiques modifiables, et les facteurs liés à des caractéristiques personnelles non modifiables telles que l'âge. Dans une autre étude, Cummings et al. (1995) ont identifié des facteurs de risque pouvant entraîner une fracture de la hanche

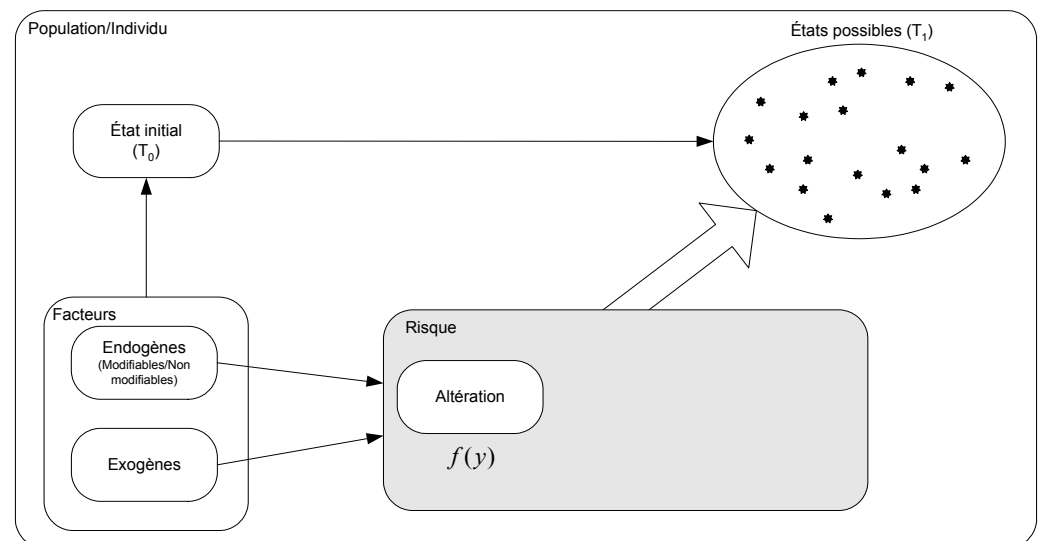
En santé et sécurité humaines, le risque est défini comme la probabilité (ou l'incidence) d'altérations de la santé des individus attribuables à une exposition à un ou plusieurs facteurs de risque

chez la femme. Parmi ceux-ci, on retrouve, entre autres, la masse osseuse, la perte de poids après l'âge de 25 ans, la taille, la consommation de caféine et de cigarettes.

Compte tenu que généralement un risque nul est pratiquement inexistant dans la population générale, lorsque l'on étudie l'effet attribuable à un facteur de risque sur l'état de santé des individus, le risque est déterminé soit en valeur absolue (excès de risque) ou en valeur relative (risque relatif). L'excès de risque correspond au risque additionnel, attribuable spécifiquement au facteur de risque à l'étude. Il est égal à l'incidence de l'effet étudié chez le groupe exposé à un facteur de risque spécifique (par exemple, la présence d'une source de pollution) moins l'incidence de cet effet dans la population non exposée à cette source. Un risque relatif est défini comme le rapport de l'incidence de la maladie chez les exposés sur l'incidence chez les non exposés. Par exemple, une étude épidémiologique a démontré pour la première fois en milieu de travail, qu'une exposition aux hydrocarbures polycycliques était associée à un excès de risque de cancer du poumon (Armstrong et al. 1994). De plus, He et al. (1999) ont rapporté que l'exposition à un autre facteur de risque exogène, soit la fumée secondaire chez les non-fumeurs, était associée à une augmentation de risque pour les maladies coronariennes.

Finalement, le risque à la sécurité humaine est défini comme une atteinte à l'intégrité physique engendrée par la survenance d'un événement : par exemple la perte de la vie, d'un membre, d'un sens suite à un accident (Carrier, 2002). Alternativement, Starr et Whipple (1984) définissent le risque à la sécurité humaine de la façon suivante : « risk is the possibility of loss or injury » (p.452).

Figure 7. Modélisation du risque en santé et sécurité humaines



2.6. La définition du risque en sécurité industrielle

La sécurité industrielle peut être définie comme suit : « l'application systématique de politiques, procédures et pratiques de gestion visant à analyser, évaluer les conséquences, contrôler (par la mise en place de mesures de prévention, de préparation, d'intervention, de rétablissement et de suivi) et communiquer les risques technologiques majeurs, de façon à protéger les employés, les populations, l'environnement et les biens de l'organisation (adapté de CSA/ACNOR, 1991). La sécurité industrielle est une spécialisation multidisciplinaire intègre les connaissances de plusieurs sciences, comme le génie, la biologie, la chimie, la physique, la toxicologie, la gestion, l'économie, etc.

L'analyse et la gestion des risques technologiques majeurs sont une spécialisation où se croisent les connaissances de plusieurs sciences

Les risques technologiques majeurs correspondent aux éléments suivants : « the probability of occurrence of dreadful outcomes linked to an explosion, a fire, a leakage, or any sudden malfunctioning or misuse of technology (as in Chernobyl, Seveso or Bhopal, for example), as well as to the eventual outbreak of some general disease due to widespread exposure to hazardous industrial substances (like silicone or asbestos, for example) » (Sinclair-Desgagné et Vachon, 1999, p.1).

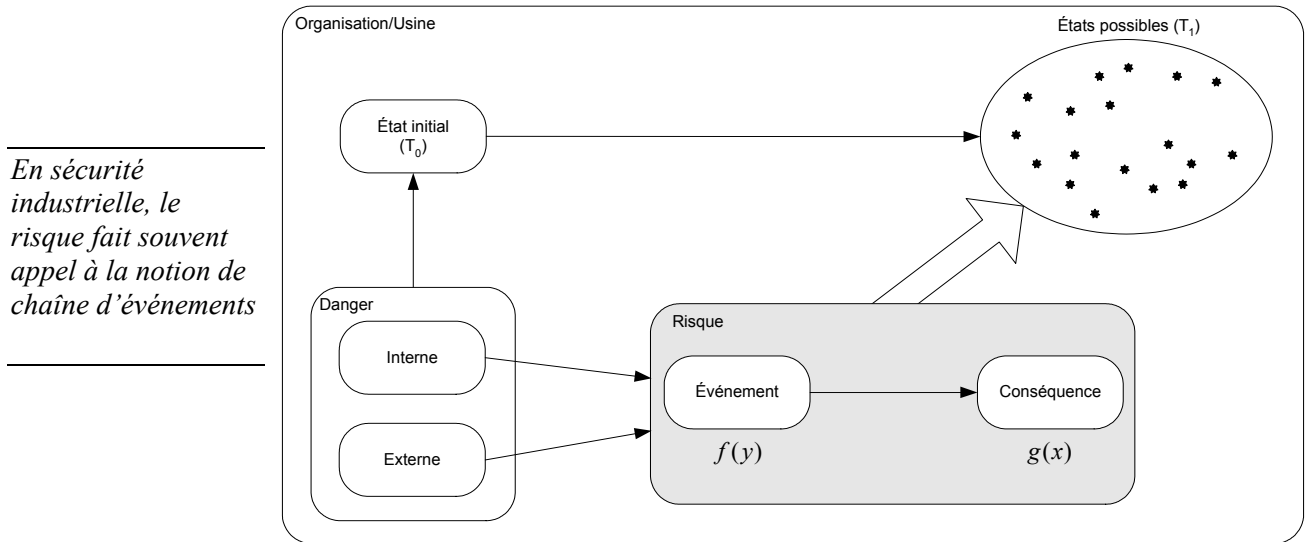
Dans cette spécialisation, le risque est généralement défini comme suit :

« la mesure de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels et l'environnement. Le risque est souvent estimé par les prévisions mathématiques des conséquences d'un événement défavorable. Toutefois, une interprétation plus générale des risques met également en jeu la probabilité et les conséquences mis non pas sous forme de produit. Cette présentation est parfois utile du fait qu'est indiquée toute une série de conséquences, dont chacune a sa probabilité correspondante » (CSA/ACNOR, 1991).

Le risque technologique fait référence à la notion de danger (« hazard ») qui est définie comme étant : « une situation physique et/ou chimique avec un potentiel pour des blessures pour les personnes, des dommages à la propriété (biens) et/ou des dommages à l'environnement. Ce mot décrit aussi la nature du phénomène qui peut causer des dommages : explosion, échappement de gaz toxiques, radioactivité, feu, pollution de l'eau, etc. Accolé à une matière, le danger reflète ses propriétés indésirables (inflammabilité, toxicité, corrosivité, explosivité, etc.) » (USEPA, 2000).

Certains organismes de normalisation et de réglementation ont défini le risque technologique majeur. Une définition de l'OCDE, plus générale, décrit le risque comme une « combinaison d'une probabilité et de sa conséquence » (OCDE, 1992).

Figure 8. Modélisation du risque en sécurité industrielle



En sécurité industrielle, le risque fait souvent appel à la notion de chaîne d'événements, telle qu'utilisée dans les techniques de l'analyse par arbre de défaillances (« fault trees ») et l'analyse par arbre d'événements (« event trees ») (Sinclair-Desgagné et Vachon, 1999).

2.7. Intégration

Certains efforts pour définir le risque de façon générique ont déjà été effectués par le passé. La section suivante présente en premier lieu une synthèse des définitions du risque pour chacun des domaines présentés précédemment. Par la suite, des définitions génériques du risque provenant de la littérature scientifique et des travaux d'organismes de standardisation et de normalisation seront explorées. À la lumière des définitions déjà présentées pour chacun des domaines d'intérêts de ce document, les limites de ces définitions génériques seront exposées.

2.7.1. Synthèse des définitions du risque

Il est possible de réunir les définitions de chacun des domaines présentés précédemment dans un tableau, où les éléments communs de chaque définition ont été identifiés. Certains éléments communs ont été identifiés, car ce sont des concepts qui

semblent reposer sur les mêmes fondements malgré les différences de terminologie. Ce qui varie à travers chacun des domaines, c'est la manifestation de ces concepts dans la nature des choses ainsi que leur mesure. Tel qu'il a été observé dans les sections précédentes, le risque est défini de plusieurs façons à travers les domaines, ainsi qu'au sein de ces domaines (Barki et al., 1993a). De plus, l'unité d'analyse, c'est-à-dire l'entité pour laquelle le risque est évalué, varie selon le domaine. Cela concorde avec l'observation de Bahli (2002) qui avait constaté que les mesures du risque pouvaient avoir des objets d'intérêts différents selon le domaine. Il existe d'ailleurs plusieurs types d'unités d'analyse possibles : un individu, une population, une transaction, un projet, une organisation, un récepteur biologique ou écologique, etc. Il est à noter que la notion d'organisation réfère tout autant à l'organisation dans son ensemble ou qu'à une partie de celle-ci (ex. : département, fonction, unité d'affaires, etc.). Elle peut aussi représenter une organisation du domaine public comme un gouvernement, un ministère, etc.

En finance, l'unité d'analyse d'un risque est soit un actif ou un flux monétaire. Un actif peut être la propriété d'une organisation. Toutefois, il peut aussi être la propriété d'un individu : le risque de vol de voiture, le risque d'accident, etc.

En gestion de projet, le projet est l'unité d'analyse et l'organisation est l'entité qui supporte le risque. En impartition, la transaction est l'unité d'analyse alors que l'organisation est l'entité qui supporte le risque.

Dans le domaine des sciences de l'environnement, les récepteurs biologiques et écologiques (ce qui comprend la faune, la flore, une population et les espaces physiques) peuvent être à la fois l'unité d'analyse et l'entité qui supporte le risque.

En santé et sécurité humaines, le risque peut être évalué pour un individu (par exemple le risque de maladies coronariennes) ou pour une population (le risque d'une épidémie). L'individu, ou la population, sont aussi les entités qui supportent le risque.

En sécurité industrielle, l'unité d'analyse est l'organisation, alors que les entités qui supportent le risque sont le personnel, la population, l'environnement et l'organisation.

En somme, il est possible de s'apercevoir que certains domaines s'intéressent davantage aux facteurs de risque (impartition, finance, santé et sécurité humaines) alors que d'autres s'intéressent davantage à l'identification des événements possibles et à leurs impacts (environnement, sécurité industrielle). Toutefois, les approches de chacun de ces domaines identifient d'une certaine façon les mêmes composantes de

Certains concepts reposent sur les mêmes fondements malgré les différences de terminologie

Il a été possible de constater que le risque est défini de plusieurs façons à travers les domaines, ainsi qu'au sein d'un même domaine (Barki et al., 1993a)

base, à savoir une unité d'analyse, un facteur de risque, un événement, la fonction de probabilité de cet événement et une entité supportant le risque (qui est peut être la même que l'unité d'analyse). D'autres domaines ajoutent les notions d'objectif, d'impact, et de la fonction d'ampleur de l'impact.

Tableau 3. Éléments communs des définitions du risque

Domaines	Risque	Unité d'analyse	Entité supportant le risque	Concepts
<i>Finance/Économie</i>	Risk is a condition in which there is a possibility of an adverse deviation from a desired outcome that is expected or hoped for. [...] Financial risk involves three elements: (1) the individual or organization that is exposed to loss, (2) the asset or income whose destruction or dispossession will cause financial loss, and (3) a peril that can cause the loss. (Vaughan, 1997)	Actif Flux monétaire	Individu Organisation	Objectif Facteur $f(y)$ Événement $g(x)$ Impact
<i>Impartition</i>	(Risk is) the product of two functions : a loss function and a probability function. (Aubert et al., 2001)	Transaction	Organisation	Objectif Facteur $f(y)$ Événement $g(x)$ Impact
<i>Gestion de projet</i>	Risk is a measure of the probability and consequence of not achieving a defined project goal. (Kerzner, 2000)	Projet	Organisation	Objectif Facteur $f(y)$ Événement $g(x)$ Impact
<i>Environnement</i>	The probability [...] of a certain environmental event [...] as a consequence of exposure to some environmental 'hazard' [...]. (Graham, Hunsaker, O'Neill et Jackson, 1991) L'occurrence de réponses néfastes chez des récepteurs en fonction de leur exposition à un agent stressant (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1998).	Récepteurs (entités biologiques ou écologiques)	Récepteurs (entités biologiques ou écologiques)	Facteur $f(y)$ Événement

Domaines	Risque	Unité d'analyse	Entité supportant le risque	Concepts
<i>Santé et sécurité</i>	<p>La probabilité (l'incidence) d'altérations de la santé des individus attribuables à une l'exposition à un ou plusieurs facteurs de risque exogènes, endogènes ou à des facteurs liés aux habitudes de vie. (Carrier, 2002).</p> <p>The likelihood that one or more adverse effects will occur to a specific individual or group of individuals in a particular chemical-exposure situation. (Paustenbach, 1994)</p> <p>Le risque à la sécurité est défini comme étant une atteinte à l'intégrité physique engendrée par la survenance d'un événement. (Carrier, 2002).</p>	Individu Population	Individu Population	Facteur $f(y)$ Événement
<i>Sécurité industrielle (risque technologique)</i>	Le risque est la mesure de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels et l'environnement (CSA/ACNOR, 1991).	Organisation Unité Procédé Équipement	Organisation Personnel Population Environnement	Facteur $f(y)$ Événement $g(x)$ Impact
<i>Synthèse</i>	-	-	-	Objectif Facteur* $f(y)$ * Événement* $g(x)$ Impact *commun à tous les domaines

2.7.2. Revue de littérature des définitions génériques du risque

Dans la littérature scientifique, trois définitions ont été suggérées par le passé (Head, 1967; Kaplan et Garrick, 1981; Wood, 1964). Dans sa discussion des définitions du risque publiées avant 1964, Wood (1964) conclut que la façon la plus simple de définir le risque est de le considérer comme « the chance of loss » (p.91). Il utilise le terme « chance » pour éviter la confusion qui existe entre les termes « incertitude » et « probabilité ». Toutefois, par rapport aux domaines étudiés précédemment, cette définition est limitée pour certaines raisons. Tout d'abord, en finance, le risque peut correspondre à une opportunité de gain. De plus, l'utilisation du terme « perte » n'est pas assez précis, car il ne permet pas de faire la différence entre l'événement qui engendre une perte et la perte elle-même qui est due à un événement.

Head (1967) suggère une autre définition générique du risque, en réponse à une proposition d'un comité de standardisation américain dans le domaine de l'assurance. Il définit le risque comme étant « the objective probability that the actual outcome of the event will differ significantly from the expected outcome » (p.210). Tout comme la définition de Wood (1964), cette définition a une limite lorsque l'on cherche à la transposer à d'autres domaines que l'assurance. En effet, la notion d'objectif (« expected outcome ») n'est pas présente dans la définition du risque des domaines comme la sécurité industrielle, la santé et sécurité humaines ainsi que l'environnement.

Kaplan et Garrick (1981) ont aussi tenté de définir le risque, mais plutôt de manière quantitative. Ils affirment tout d'abord que le risque dépend l'observateur. En posant la question « qu'est-ce que le risque? », ils identifient trois éléments de réponse :

1. Que peut-il survenir?
2. Quelle est la vraisemblance que cet événement survienne?
3. Si cet événement survient, quelles sont les conséquences?

Kaplan et Garrick (1981) identifient trois éléments de réponse à la question « qu'est-ce que le risque? »

À la suite de ce raisonnement, ils définissent le risque comme la réunion de plusieurs ensembles de triplets $\langle s_i, p_i, x_i \rangle$ comprenant :

- un scénario (c'est-à-dire un événement), noté s_i ;
- une probabilité de cet événement p_i ;
- une conséquence, ou la mesure du dommage causé par le scénario, noté x_i .

Paté-Cornell (2002) emploie une définition similaire, en ajoutant le concept de danger (« hazard ») : « probability and consequences of different outcome scenarios associated

with a hazard » (p.633). Selon les définitions de Kaplan et Garrick (1981) et de Paté-Cornell (2002), le risque ne peut avoir qu'une connotation négative, car des événements indésirables ne peuvent avoir de dommages « positifs ». C'est en ce sens que les définitions de Kaplan et Garrick (1981) et de Paté-Cornell (2002) sont limitées, car elles ne permettent pas de tenir compte d'une partie de la distribution des événements dont l'impact peut être positif, comme tel est le cas pour les transactions financières. Cet aspect de la distribution est important pour la gestion subséquente du risque, car elle influence à la fois l'analyse coût-bénéfice et le choix des options de traitement du risque. Si deux risques s'annulent ou réduisent leur impact mutuellement étant donnée une dépendance linéaire inverse, il pourrait être avantageux d'assumer le risque.

Désirant intégrer l'ensemble des risques supportés par une organisation, The Economist Intelligence Unit (1995) définit le risque d'affaires de la façon suivante : « Business risk [is] the threat that an event or action will adversely affect an organisation's ability to achieve its business objectives and execute its strategies successfully » (p.2). Selon cette définition, le risque engendre nécessairement une perte financière, car les objectifs de la firme sont en termes de revenus et de profits. Ainsi, dans un contexte organisationnel, toute perte par une entité autre que l'unité d'analyse, que ce soit l'insatisfaction au travail des employés ou la perte de réputation de l'organisation, peut se traduire comme une perte financière pour une organisation, selon The Economist (1995). Dans cette définition, on retrouve aussi les concepts fondamentaux d'objectif, d'événement et d'impact.

D'autre part, des organismes de standardisations et de normalisations se sont penchés sur le sujet. Ainsi, le standard Risk Management AS/NZS 4360:1999 (Standards Association of Australia, 1999) propose la définition suivante : « the chance of something happening that will have an impact upon objectives. It is measured in terms of consequences and likelihood » (p.3). Dans le domaine de comptabilité et du contrôle de gestion, l'Institut Canadien des Comptables Agréés (CICA) et « l'American Institute of Certified Public Accountants (AICPA) » (AICPA/CICA Risk Advisory Services Task Force, 2001) proposent une définition identique à celle du standard Risk Management AS/NZS 4360:1999. L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a aussi suggéré une définition du risque : « association de l'éventualité d'un événement et de ses conséquences » (Secretary of ISO/TMB on Risk Management Terminology, 1999, p.5). Alors que la définition du Risk Management

AS/NZS 4360 :1999 est limitée pour le fait qu'une conséquence n'a pas nécessairement un impact sur un objectif d'une organisation, la définition de l'ISO (1999) est limitée pour le fait que l'entité qui supporte le risque est un concept absent de la définition.

À partir de ces constatations, de ce survol des définitions du risque et dans un souhait d'intégration, faut qu'une définition plus générale soit proposée. Celle-ci devra inclure les concepts de facteur, de probabilité ($f(y)$), et d'événements qui sont communs à la majorité des définitions du risque. D'autre part, certaines disciplines font appel aux concepts supplémentaires d'objectif, d'impact et de fonction d'impact ($g(x)$). Ces concepts constitueront aussi les fondations de la nouvelle définition du risque, présentée au chapitre suivant.

Les concepts de facteur, probabilité, événements, impact, fonction d'impact et objectif constituent l'essentiel des définitions du risque étudiées

3. Modèle conceptuel du risque

Dans la présente section, le modèle conceptuel du risque est proposé. Le risque étant un construit, il est important de le définir. Un construit est une image ou une idée spécifiquement inventée pour une recherche, ou l'élaboration d'une théorie, et qui n'est pas directement observable (Cooper et Schindler, 2000; Peter, 1979). Cette caractéristique du risque est d'ailleurs le plus grand obstacle à l'intégration du risque puisqu'il a été vu que plusieurs définitions peuvent lui être attribuées selon le domaine de référence (Barki et al., 1993a). La nécessité de la construction d'un modèle conceptuel unificateur entre les domaines provient du besoin de fournir un cadre qui permet d'intégrer l'ensemble des risques encourus par un individu, une population, ou une organisation, afin de les gérer de manière cohérente.

Tel qu'il a été mentionné précédemment à propos du risque, plusieurs termes sont utilisés pour représenter les mêmes concepts ou encore, un même terme est utilisé pour représenter plusieurs concepts différents, d'où l'émergence d'incongruité entre les domaines d'analyse et de gestion du risque. Cependant, malgré la terminologie variée, il a été possible de constater, avec la revue de littérature, que le construit du risque comporte des éléments communs à plusieurs domaines.

Le tableau 4 présente la définition commune proposée du risque et de ses composantes pour le développement du modèle conceptuel².

² L'ensemble des définitions proposées dans ce document se retrouve à l'Annexe A du présent document.

Tableau 4. Définition du risque et de ses dimensions

Définitions	
Unité d'analyse	Entité pour laquelle le risque est évalué. <i>Exemple : organisation, institution, projet, transaction, département, individu, récepteurs environnementaux, procédé, équipement, etc.</i>
Entité supportant le risque	Partie prenante concernée par le risque encouru par l'unité d'analyse. L'entité supportant le risque peut être identique à l'unité d'analyse.
Objectif de rendement	Rendement à atteindre pour une unité d'analyse fixé au temps T_0 pour une période donnée. L'objectif est un ou plusieurs états souhaitables de la nature à réaliser.
État initial	Statut de l'unité d'analyse au temps T_0 . Ce statut est exprimé en termes d'actifs, de revenu, d'intégrité physique, etc.
États possibles	Statut de l'unité d'analyse dans le futur, c'est-à-dire au temps T_1 .
Événement	Un incident ou une situation qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini (Standards Association of Australia, 1999). <i>Note : Plusieurs événements peuvent être regroupés dans une chaîne de cause à effet.</i>
Probabilité	Possibilité d'occurrence d'un événement évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1 et représentée par la fonction f (Standards Association of Australia, 1999).
Facteur de risque	Objet concret, ou abstrait, influençant la probabilité d'un événement et/ou l'impact d'un événement.
Facteur endogène	Caractéristique de l'unité d'analyse influençant la probabilité d'occurrence d'un événement et/ou l'impact d'un événement. Un facteur de risque endogène peut-être modifiable ou non modifiable. <i>Exemples de facteurs modifiables : expertise, complexité d'un processus, type de substance dangereuse utilisée.</i> <i>Exemples de facteurs non modifiables : radioactivité, caractéristique de la substance dangereuse utilisée.</i>
Facteur exogène	Caractéristique du milieu environnant de l'unité d'analyse et dont l'origine est hors de son contrôle, influençant la probabilité d'occurrence d'un événement et/ou l'impact d'un événement. <i>Exemples : taux de change, prix des matières premières, taux d'intérêts, zone sismique, climat, environnement socio-politique, etc.</i>
Impact	Effet, positif ou négatif, dû à un événement sur une entité supportant le risque, évalué par la fonction g .
Risque	Probabilité d'occurrence d'un événement et son impact sur une entité. <i>Note : Un impact peut être financier, environnemental, physique ou sur la santé et l'intégrité physique des humains. Le risque est mesuré par la probabilité et l'ampleur de l'impact de l'événement.</i>
Opportunité	Probabilité d'occurrence d'un événement et son impact positif sur un objectif de l'unité d'analyse. <i>Note : une opportunité est un « risque positif ».</i>
Danger	Source de dommages potentiels ou une situation qui a le potentiel de causer une perte (Standards Association of Australia, 1999). <i>Note : le danger est une instance spécifique d'un facteur de risque.</i>
Mode de gestion	Un mode de gestion est défini comme étant l'ensemble des approches, outils, techniques, instruments ou mécanismes utilisés par une organisation, un individu ou une population pour gérer le risque.

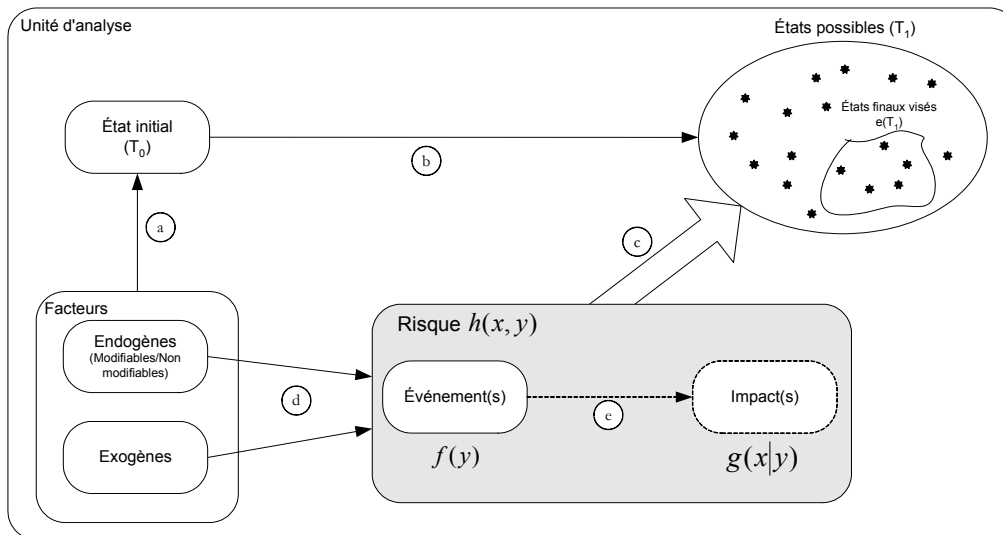
Il est à noter que l'objectif ne correspond pas nécessairement à l'état de la nature le plus probable. Ainsi, une divergence entre l'espérance des états possibles et

l'objectif de la firme peut exister, et du même coup créer une évaluation erronée du risque. Cette notion est différente de celle d'objectif de gestion, qui correspond aux buts à atteindre par une organisation, suite à une analyse de risque.

Les liens entre chacun de ces éléments sont illustrés à l'aide du modèle conceptuel de la définition du risque qui est présenté à la figure 10. Chacun de ces éléments feront subséquemment l'objet d'une discussion plus approfondie. Il est à noter que les liens entre chaque concept de la figure n'ont pas tous le même sens. En effet, le lien entre l'état initial et les états possibles est un lien temporel, puisque qu'un état initial est appelé à se transformer au fur et à mesure que le temps avance, en état possible. Le lien entre « facteurs » et « état initial » est un lien de description, puisque la situation de l'unité d'analyse, que ce soit un individu, un projet, une organisation, etc., peut être décrite par des facteurs de risque. D'autre part, étant donné que des facteurs de risque influence la probabilité d'un événement et l'ampleur de son impact, il existe un lien d'influence entre les deux types de « facteurs » et « risque ». Chaque risque, c'est-à-dire chaque combinaison d'événements et d'impacts, représente détermine alors l'ensemble des états possibles pour une unité d'analyse.

Le risque est défini comme la probabilité d'un événement et son impact sur une entité supportant le risque

Figure 9. Modèle conceptuel d'intégration du risque



où: $h(x, y) = g(x|y)f(y)$

$$y = [Facteur_{risqu_1}, Facteur_{risqu_2}, \dots, Facteur_{risqu_n}]$$

$$x = [Facteur_{impact_1}, Facteur_{impact_2}, \dots, Facteur_{impact_m}]$$

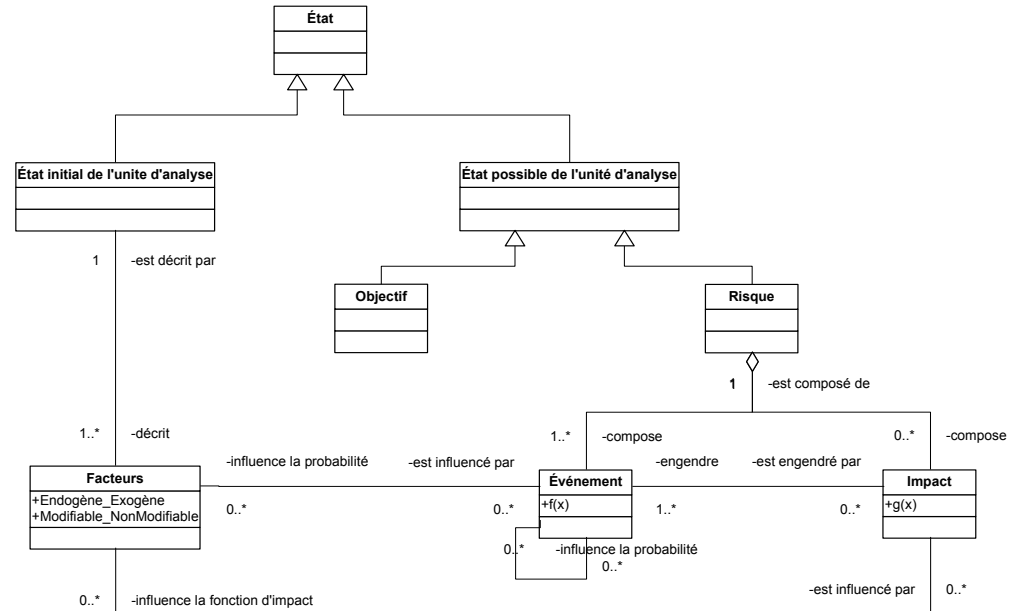
Légende:

- (a) : Lien de description
- (b) : Lien temporel
- (c) : Liens temporels
- (d) : Lien d'influence
- (e) : Lien de causalité (optionnel)

Le modèle conceptuel peut aussi être représenté, à la figure 11, sous la forme d'un diagramme de classe avec le formalisme UML (Unified Modeling Language).

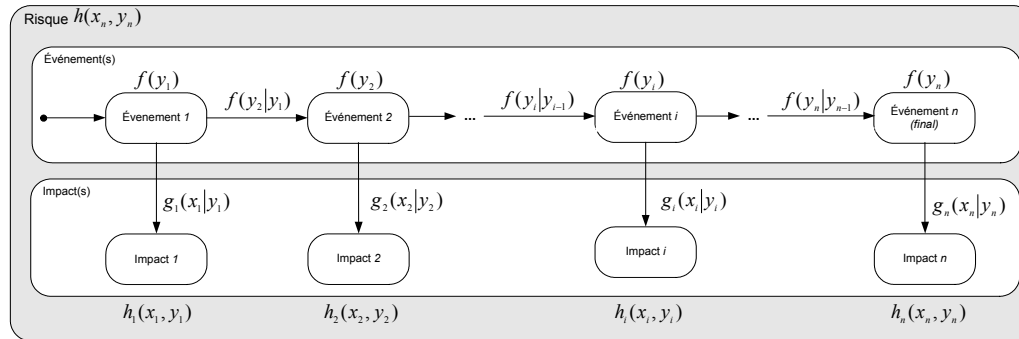
Chaque élément du modèle conceptuel constitue une classe, avec ses attributs et méthodes. Sous cette forme, le modèle peut servir de base à la construction d'un outil d'intégration des mesures de risque de différents domaines.

Figure 10. Représentation UML du modèle conceptuel d'intégration



La figure 12 présente un zoom du concept « risque » de la figure 10. Cette séparation est faite dans le but d'alléger la représentation graphique. La figure 13 présente une chaîne linéaire d'événements. Tel qu'il sera discuté dans les prochaines lignes, il est parfois possible d'identifier des arbres d'événements, car un événement peut avoir comme répercussion d'autres événements. La figure 14 présente un tel arbre d'événements. Dans la figure 15, une chaîne particulière au sein de l'arbre d'événements a été identifiée. Cette chaîne est identique à la chaîne présentée dans la figure 12.

Figure 11. Modèle conceptuel d'intégration : chaîne d'événements



où :

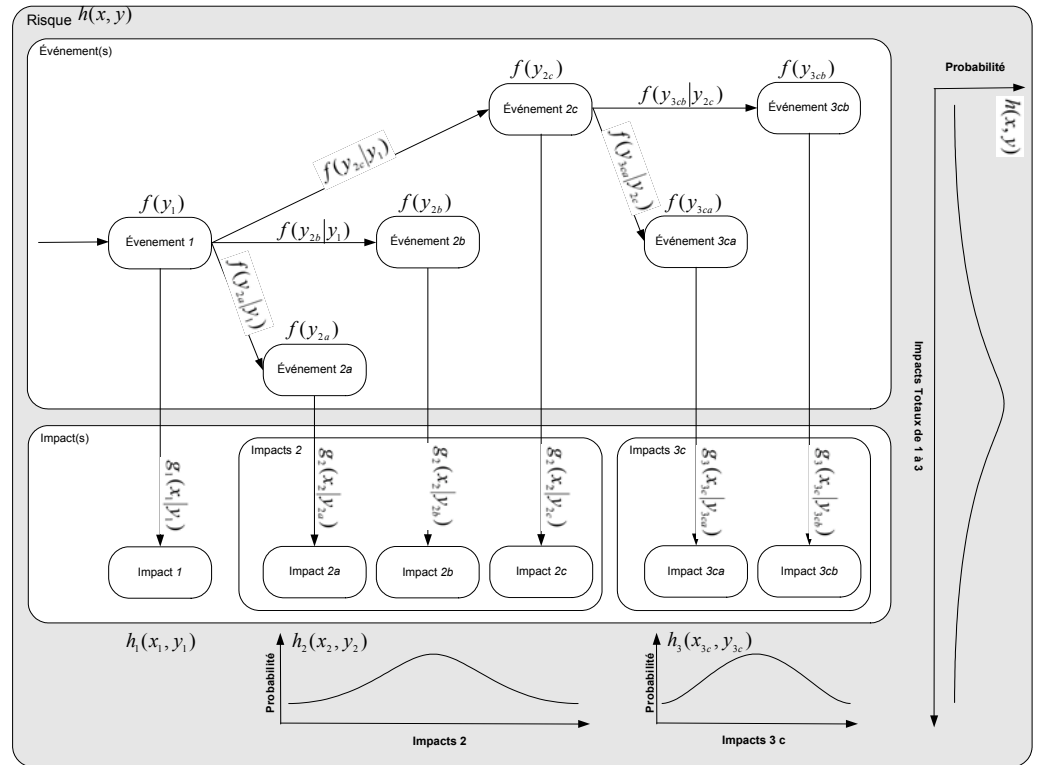
$$f(y_n) = \prod_{i=1}^n f(y_i|y_{i-1}) \quad h_n(x_n, y_n) = g_n(x_n|y_n)f(y_n)$$

$$f(y_i|y_{i-1}) = P[Y_i = y_i | Y_{i-1} = y_{i-1}] \quad h(x_n, y_n) = g(x_n|y_n, y_{n-1}, \dots, y_1)f(y_n)$$

$$g(x_n|y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) = \sum_{i=1}^n g_i(x_i|y_i)$$

L'usage d'arbres d'événements pour analyser le risque est assez répandue, comme le mentionne Kaplan (1982) : « In risk analysis work the event tree diagram is widely used as convenient device for portraying the various paths or scenarios that may result in consequence of some initial event which jolts a system out of its standard operating mode » (p.9). Par conséquent, la notion d'arbre d'événement est compatible avec le modèle conceptuel de la figure 10. La figure 13 illustre un tel arbre d'événement élaboré à partir du modèle conceptuel. Notons que Kaplan (1982) indique qu'une transformation des diagrammes d'arbre d'événements sous forme matricielle facilite le traitement et l'analyse quantitative des informations, ou données, contenues dans ces diagrammes.

Figure 12. Modèle conceptuel d'intégration: le risque sous la forme d'un arbre d'événements



Dans un tel arbre d'événements, il est possible de voir une trajectoire (ou branche) dans l'arbre comme la chaîne d'événements unidimensionnelle de notre modèle conceptuel, illustré à la figure 10. Dans l'exemple d'arbre de la figure 13, le passage de l'arbre d'événements multidimensionnel à la trajectoire unidimensionnelle, ou chaîne d'événements, est identifié en noircissant cette trajectoire dans la figure 14 et en l'isolant du reste de l'arbre à la figure 15. Cette chaîne correspond à un scénario particulier de l'arbre d'événement. Il est à noter qu'un événement peut être influencé par l'occurrence de plus qu'un événement. Par conséquent, le risque correspond à une multitude de chaînes d'événements qui peuvent converger vers un même événement ou diverger vers plusieurs événements à la fois.

Figure 13. Modèle conceptuel du risque intégré - exemple d'une trajectoire (chaîne) dans l'arbre d'événements

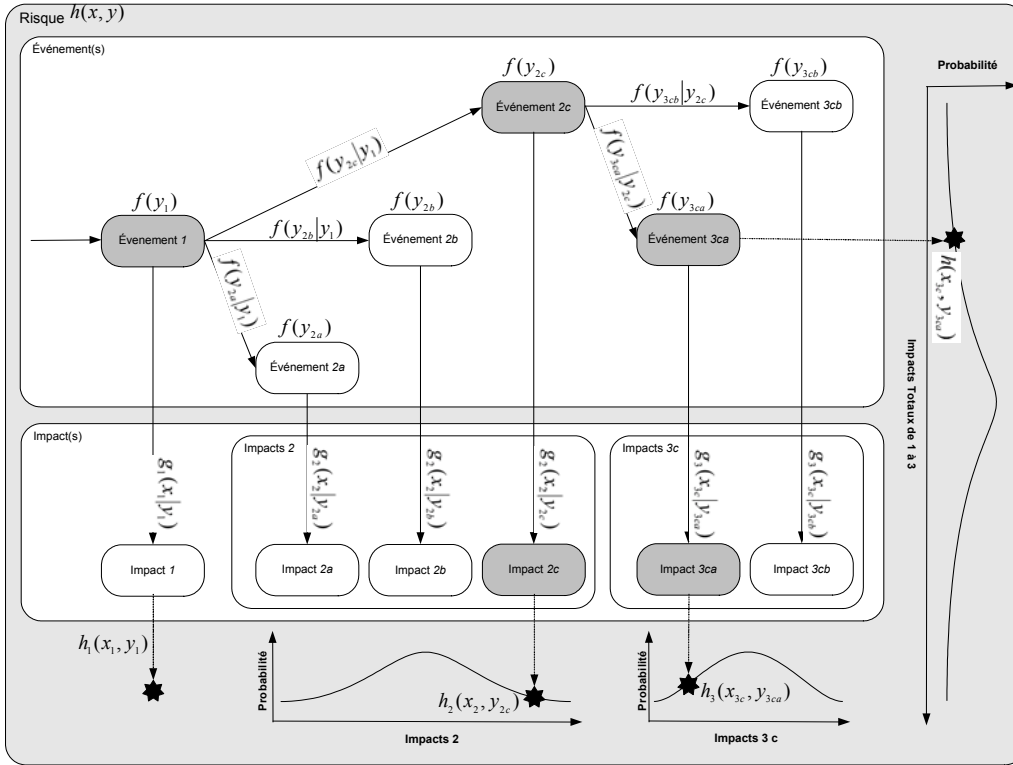
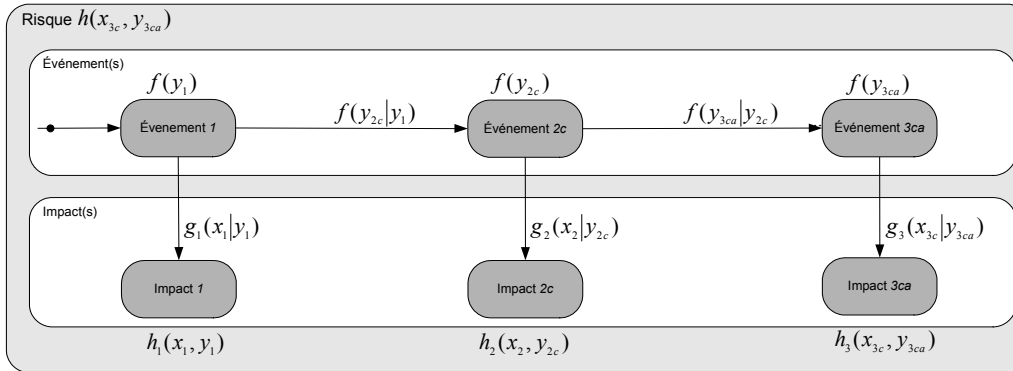


Figure 14. Modèle conceptuel du risque intégré - exemple d'une trajectoire (chaîne) isolée de l'arbre d'événements



où: $f(y_{3ca}) = f(y_1) \times f(y_{2c}|y_1) \times f(y_{3ca}|y_{2c})$ $h(x_{3c}, y_{3ca}) = g(x_{3c}|y_{3ca}, y_{2c}, y_1) f(y_{3ca})$
 $g(x_{3c}|y_{3ca}, y_{2c}, y_1) = g_1(x_1|y_1) + g_2(x_2|y_{2c}) + g_3(x_{3c}|y_{3ca})$

3.1. Unité d'analyse

L'unité d'analyse est l'entité pour laquelle le risque est évalué. Il existe plusieurs types d'unité d'analyse : une organisation, un individu, une population, un

récepteur biologique ou écologique, une usine, un procédé de production, un équipement, un projet, une transaction, un actif, un flux monétaire, etc.

L'unité d'analyse est l'entité pour laquelle le risque est évalué

La définition d'unité d'analyse que nous proposons est large, car elle ne se limite pas au domaine organisationnel, tel qu'il a déjà été proposé par les recherches antérieures. En effet, Standards Association of Australia (1999) propose une définition strictement organisationnelle d'une unité d'analyse : « a company, firm, enterprise or association, or other legal entity or part thereof, whether incorporated or not, public or private, that has its own function(s) and administration. » (p.3).

3.2. Objectif

Un objectif est un état de la nature possible à la période T_1 , souhaité par une unité d'analyse, et fixé pour une période donnée (T_0). Dans le modèle du risque présenté à la figure 10, les états possibles de la nature sont représentés par un ensemble de points. Un objectif est représenté par un sous-ensemble de points. Il existe plusieurs types d'objectifs :

- L'atteinte d'un rendement par une organisation pour une période donnée;
- Le respect du budget et de l'échéancier d'un projet;
- Le statu quo, tel que l'évitement d'un accident industriel majeur dans une usine, le respect de l'intégrité de l'environnement naturel, le respect d'une norme ou d'un règlement, l'empêchement de fraude;
- Le respect des coûts de service spécifiés par un contrat d'impartition, etc.

Un objectif est un état possible de la nature souhaitée par l'unité d'analyse

On constate que, bien qu'un objectif puisse être quantifiable financièrement, cette quantification n'est pas toujours évidente.

Selon le domaine, l'objectif peut prendre la forme de la prévision de la valeur d'un facteur de risque, notamment lorsque le facteur est exogène ou lorsqu'il est endogène et non modifiable. L'objectif ne représente pas nécessairement l'état le plus probable pouvant survenir. Un décalage entre l'objectif de l'unité d'analyse et la prévision de l'état le plus probable peut exister.

D'autre part, certains domaines n'utilisent pas la notion d'objectif lors de l'analyse du risque. En effet, la notion d'objectif semble être propre au domaine de la gestion en général. La gestion s'intéressant aux buts des hommes et aux moyens qu'ils

mettent en œuvre pour les réaliser (Simon, 1955), il est apparent que la notion de risque, en gestion, incorpore la notion d'objectif. Par exemple, le risque d'un projet ne peut pas être évalué sans que des objectifs de rendement soient fixés préalablement, car le risque correspond à la probabilité que ces objectifs ne se réalisent pas et les impacts que cela peut avoir pour l'organisation qui supporte le risque. On constate alors qu'il est normal que la notion d'objectif soit totalement absente de certains domaines comme la santé humaine, l'environnement et la sécurité industrielle. Ces domaines s'intéressent plutôt à la probabilité qu'une perturbation, ou une altération, d'un système ait lieu. Implicitement, le statu quo est l'objectif pour ces domaines, car il est moralement inconcevable, d'établir un objectif de blessés, de morts, etc.

Par ailleurs, cette notion d'objectif n'est pas la même que la notion d'objectif de gestion du risque. En effet, lors d'une analyse du risque, peu importe le domaine, la portée de l'analyse doit être définie (unité d'analyse, type d'événements et d'impacts à analyser, etc.). Une fois cette portée définie, et le risque analysé, il est possible d'établir un (ou plusieurs) objectif(s) de gestion du risque. Un objectif de gestion du risque est donc un but visé par l'entité qui supporte le risque en vue d'atténuer le risque. Comparativement à la notion d'objectif de rendement, un objectif de gestion du risque est une notion qui se retrouve dans chacun des domaines étudiés.

3.3. Événement

Un événement est un incident qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini (Standards Association of Australia, 1999). Selon le domaine, un événement peut prendre plusieurs formes. Par exemple, en sécurité industrielle, un événement peut correspondre à l'explosion d'un réservoir de substance inflammable ou au déversement d'une substance dangereuse dans un cours d'eau, et à l'exposition subséquentes de récepteurs à cette substance. En santé humaine, un événement correspond au développement d'une maladie quelconque au sein d'une population à la suite de ce déversement. En finance, un événement peut correspondre à une augmentation de 5% du prix d'une matière première. En gestion de projet, un événement correspond à la notion de conséquence, tel que le dépassement du budget.

Un événement a deux répercussions possibles : un impact d'une fonction $g_i(x_i)$ et/ou un second événement d'une probabilité $f_i(y_i)$. Cette constatation implique l'existence d'une chaîne de cause à effet d'une longueur définie. La chaîne commence avec un ou des événement(s) initiateur(s) et se termine par un ou des événement(s)

Un événement est un incident qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini (Standards Association of Australia, 1999)

final(s). Le nombre d'événements intermédiaires peut théoriquement être infiniment grand, mais en pratique, ce nombre est relativement limité. Ces chaînes de cause à effet peuvent être représentées par un arbre d'événements probabiliste. Un événement peut donc être l'initiateur d'une chaîne de cause à effet, un maillon d'une chaîne ou encore être l'événement final d'une chaîne. Pour certains domaines, tels que la gestion de projet et l'impartition, il n'est pas encore possible d'identifier une chaîne de cause à effet. Il n'y a donc qu'un seul événement identifié, soit l'événement final.

3.4. Probabilité

La probabilité est la possibilité d'occurrence d'un événement ou d'un impact évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1 et représentée par la fonction $f(y)$. La probabilité est la représentation mathématique d'une éventualité. Ainsi, l'éventualité est la possibilité d'occurrence d'un événement ou d'un impact. L'éventualité est le concept sous-jacent à celui de la probabilité et ils traduisent la même réalité.

Il existe deux types de probabilités : objectives et subjectives (Bickley, 1959; Schoemaker, 1982; Lo, 1999). Kaplan et Garrick (1981) utilisent les termes fréquences et probabilités pour effectuer la distinction entre ces deux types de probabilités. Cette distinction est importante, car au sein de certains domaines, il est très difficile d'obtenir assez de données pour calculer la probabilité objective d'un événement.

La probabilité est la possibilité d'occurrence d'un événement ou d'un impact évaluée quantitativement

Une probabilité sera dite objective lorsqu'elle repose sur la fréquence relative d'un événement lors d'expériences effectuées à répétition. Ce type de probabilité a des fondements empiriques et ne repose pas sur les caractéristiques personnelles de l'expérimentateur. Les probabilités obtenues suite à l'observation de séries chronologiques sont des exemples de ce type de probabilité.

Par ailleurs, une probabilité subjective est obtenue en mesurant un niveau de confiance à propos de l'occurrence d'un événement donné ou de l'impact d'un événement donné. L'éventualité correspond ainsi à la « relation de probabilité » telle que définie par Keynes (1957). La connaissance obtenue empiriquement alimente les prémisses que nous formulons théoriquement par raisonnement. À partir de ces prémisses, nous justifions une conclusion selon un certain niveau de confiance, ou « degree of rational belief ». Il y a donc deux composantes qui comprennent une probabilité subjective : l'évidence et le poids psychologique qui y est accordé. Cet exercice est possible en élaborant une relation logique entre ces prémisses et une

conclusion. Dans le présent contexte, une conclusion est un événement ou un impact subit par l'entité supportant le risque. Une probabilité subjective permet d'illustrer le rapport de grandeur entre différents niveaux de confiance. Toutefois, tel qu'il a été mentionné précédemment, cette traduction de l'éventualité en probabilité n'est pas toujours possible, soit par manque de données empiriques, ou par les limites de notre propre connaissance.

3.5. Impact

L'impact est l'effet d'un événement sur un objectif de l'unité d'analyse ou sur une entité supportant le risque. L'impact constitue l'état réalisé de la nature. L'impact est donc une perte (ou un gain) de nature financière, environnementale, ou liée à la santé humaine pour l'entité supportant le risque. L'ampleur d'un impact suit une fonction de perte $g(x)$ (ou de gain) déterminée par la valeur et l'interaction des facteurs d'impact. Il peut exister une multitude de facteurs qui influence l'ampleur d'un impact et qui entre dans le calcul de la fonction de perte/gain.

Un impact est un effet dû à un événement sur une entité supportant le risque

3.6. Risque

3.6.1. Définition du risque

Dans le modèle conceptuel du risque présenté à la figure 10, le risque est la probabilité d'un événement et de l'impact de cet événement. L'impact affecte les objectifs de l'unité d'analyse ou l'entité supportant le risque.

Selon le facteur de risque, le risque peut prendre une valeur autant négative (« downside risk ») que positive (« upside risk »). La perspective managériale du risque considère que le risque représente la probabilité d'un événement et la perte qui lui est associée mettant en péril la réalisation d'un objectif (March et Shapira, 1987). Toutefois, certains facteurs de risque, tels que le prix des matières premières, peuvent entraîner des impacts tant positifs que négatifs. Le risque peut alors devenir une opportunité. Il est à noter que cette définition ne correspond pas à la définition classique du risque en finance, qui est la déviation par rapport à un objectif (Vaughan, 1997).

Selon le facteur de risque, le risque peut prendre une valeur négative ou positive

Incertitude

Dans certains domaines, il est impossible de ne pas faire référence au concept du risque sans faire référence au concept d'incertitude. Les concepts d'incertitude et de risque sont distingués par la notion d'information et de connaissance. Alors que le

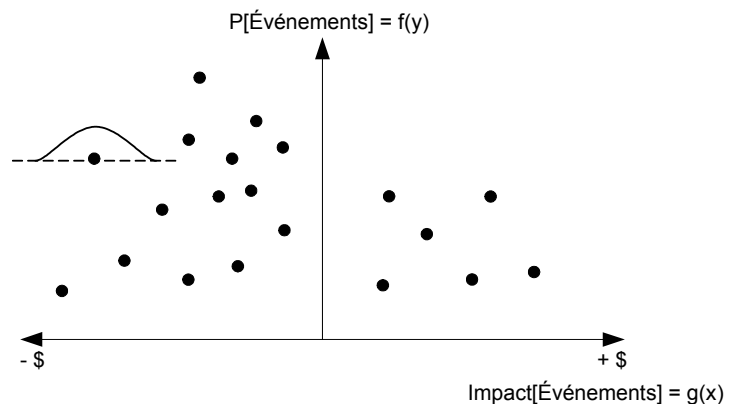
risque est caractérisé par la connaissance de la probabilité traduisant l'éventualité d'une conséquence, l'incertitude apparaît lorsque la probabilité de l'éventualité d'un événement est inconnue (Knight, 1921). En fait, cette distinction n'entre pas en contradiction avec la définition du risque proposé au sein du présent document, étant donné qu'une probabilité est une traduction mathématique d'une éventualité. Tel qu'elle sera discutée un peu plus loin, l'absence d'une probabilité objective, c'est-à-dire obtenue par la fréquence d'un événement durant un nombre déterminé d'observations, ne signifie pas l'absence de risque. Il peut toujours exister une probabilité subjective déterminée par un niveau de confiance (Simon, 1955). L'incertitude ne correspond pas au risque, car la possibilité de perte n'est pas nécessairement présente au sein de cette notion (Kaplan et Garrick, 1981). L'incertitude signifie donc le manque d'information. Par conséquent, lorsque de l'information est disponible, il est possible de mesurer le risque.

3.6.2. Exposition au risque

L'exposition au risque est une représentation graphique du risque affectant l'unité d'analyse. Cette représentation graphique comporte un axe pour chacune des fonctions des éléments du risque : la probabilité d'un événement $f(y)$ et l'impact d'un événement $g(x)$. L'exposition au risque est la juxtaposition de ces deux éléments. Certains domaines, comme la finance, l'assurance et l'économie, multiplient le couple de données (probabilité, impact) pour obtenir une espérance. L'exposition au risque est une des principales informations utilisées pour les étapes subséquentes de la gestion du risque, soit l'évaluation et le choix des options de traitement du risque. La figure 17 illustre le concept d'exposition au risque.

Figure 15. Carte d'exposition au risque

L'exposition au risque est une des principales informations utilisées dans les étapes de la mesure, de l'évaluation et du traitement du risque

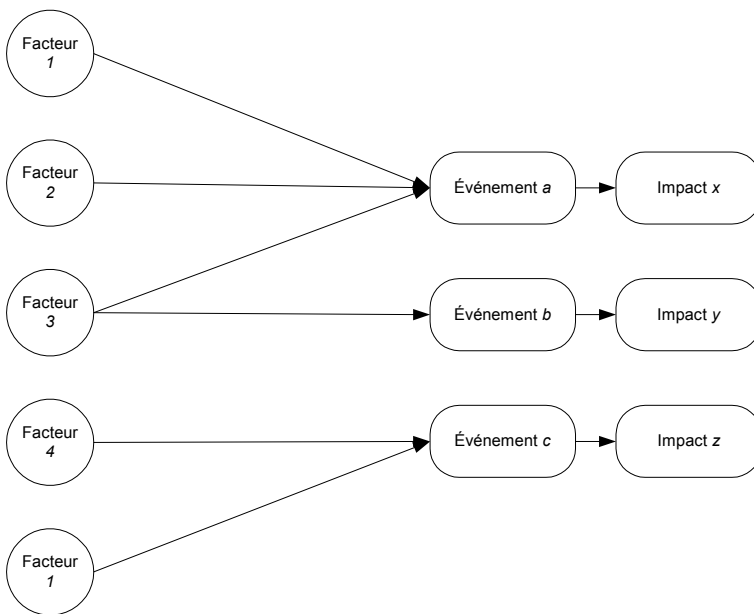


3.7. Facteur de risque

Pour palier à la limite du manque de données empiriques, l'approche par facteurs de risque est proposée. Dans le domaine de la gestion de projets en technologies de l'information, cette approche a été utilisée par Anderson et Narasimhan (1979) ainsi que Barki et al. (1993b). En finance, cela correspond à l'utilisation de modèles multidimensionnels, tels que des modèles de facteurs fondamentaux, des modèles statistiques et des modèles macroéconomiques (Beckers, 1996). Cette approche est aussi utilisée en santé et sécurité humaines, telle que dans l'étude de Wood (2001) sur les facteurs de risque associés au développement d'une maladie coronarienne. Il est possible de représenter graphiquement cette approche à l'aide de la figure 16.

Un facteur de risque est un objet concret ou abstrait pouvant affecter l'état de l'unité d'analyse

Figure 16. Représentation graphique de l'approche par facteurs de risque



Plusieurs définitions d'un facteur de risque ont déjà été proposées. Selon le Grand Dictionnaire Terminologique (2002), dans le domaine de la statistique, un facteur correspond à « un trait hypothétique révélé par l'analyse factorielle; on suppose que le facteur est une cause des corrélations observées, qu'il est un déterminant du comportement cognitif ou affectif, ou qu'il lui est au moins associé ». Dans le domaine de la zootechnie, un facteur est une « influence ou groupe d'influences contribuant au même résultat ». En impartition et en gestion de projet, un facteur de risque correspond à une caractéristique d'une transaction, ou d'un projet (Aubert et al., 2001;

Barki et al., 1993). Tel que présenté précédemment en santé et sécurité humaines, Wood (2001) définit un facteur de risque de la façon suivante : « The term risk factor describes those characteristics found, in healthy individuals, to be independently related to the subsequent occurrence of CHD ('coronary heart disease') and, where modifiable, to be reversible. » On s'aperçoit que certaines notions communes émergent de ces définitions, comme « caractéristique », ou « trait » de l'unité d'analyse, « influençant », ou « causant », un phénomène quelconque.

Dans le modèle conceptuel présenté à la figure 10, un facteur de risque est défini comme un objet concret ou abstrait qui a le potentiel d'affecter l'état initial d'une unité d'analyse, soit en influençant la probabilité d'un événement ou en influençant l'impact d'un événement. Lorsqu'il y a plusieurs facteurs de risque qui affectent une unité d'analyse, ils sont réputés pour être indépendants. Il est possible que la matérialisation d'un facteur de risque constitue un risque autant positif que négatif par rapport à un objectif de l'unité d'analyse. Il est bien entendu que les sources de risque varient selon le type d'unité d'analyse. Pour une organisation, un risque est généré soit par les activités de l'organisation soit par les ressources qu'elle utilise comme intrant ou encore par ses produits finis. Les ressources peuvent être des facteurs de risque à cause des variations de leur prix ou à cause de leurs caractéristiques les rendant dangereuses.

La notion de facteur de risque incorpore la notion de danger du domaine de la sécurité industrielle. La Standards Association of Australia (1999) définit un danger de la façon suivante : « source de dommages potentiels ou une situation qui a le potentiel de causer une perte. » (p.2). En tant que danger, le facteur de risque a ainsi une connotation négative. La transposition de la définition du danger à d'autres domaines, tels que la finance, serait limitative puisqu'un facteur de risque peut révéler une opportunité.

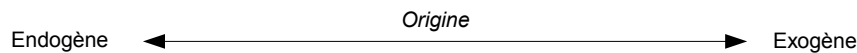
En finance, certains facteurs de risque représentent un potentiel d'opportunités pour l'organisation. Un tel facteur de risque est le taux de change. Une organisation est soumise à un risque de taux de change lorsque la devise qu'elle utilise pour comptabiliser un coût n'est pas la même que la devise utilisée pour comptabiliser un revenu. Par exemple, une organisation peut vendre, en dollars américains, un produit fabriqué au Canada à l'aide de matières premières achetées en dollars canadiens. Cette organisation est exposée à un risque de taux de change. Dans ce cas-ci, le taux de

change peut tout autant occasionner une perte ou un gain sur un objectif de revenu de l'organisation (flux monétaire).

3.7.1. Origine d'un facteur de risque

Les facteurs de risque peuvent être endogènes ou exogènes à l'unité d'analyse. Un facteur de risque endogène est une caractéristique de l'unité d'analyse, alors qu'un facteur de risque exogène est une caractéristique de l'environnement de l'unité d'analyse. L'origine d'un facteur de risque est illustrée dans la figure ci-dessous.

Figure 17. Origine d'un facteur de risque



Facteur de risque endogène

Un facteur de risque endogène est généré par les caractéristiques des activités d'une organisation, les produits ou les services d'une organisation, ou par le style de vie, et les caractéristiques biochimiques ou physiologiques d'un individu. Par exemple, une usine fabrique un produit nécessitant l'utilisation d'une substance toxique dans sa composition. Cette substance toxique représente un facteur de risque endogène pour l'organisation (l'unité d'analyse) ainsi que pour l'environnement naturel de l'usine, étant donné qu'il émane de ses activités, de sa raison d'être. Sans ce facteur de risque, l'organisation ne peut pas être en affaires (à moins d'y trouver un substitut moins toxique).

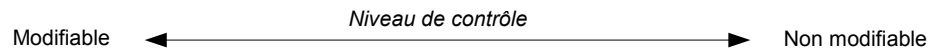
Un facteur de risque peut être endogène ou exogène

De plus, un facteur de risque endogène peut être plus ou moins modifiable par l'unité d'analyse. Cette propriété d'un facteur de risque correspond au niveau de contrôle de l'unité d'analyse. Par exemple, dans le domaine de la gestion de projet, l'expertise d'une équipe est un facteur de risque modifiable par l'organisation. Pour l'atténuer, l'organisation peut engager du personnel qualifié, tout comme elle peut donner de la formation au personnel. Dans le domaine de la santé et sécurité humaines, les facteurs endogènes de risque, non modifiables, correspondent aux caractéristiques personnelles d'un individu, telles que son âge, son sexe, son historique familial, etc.

Il est à noter que la plupart des risques provenant de facteurs de risque endogènes ne sont pas assurables par les compagnies d'assurance, car il n'est pas possible de les regrouper en bassin de risques, étant donné qu'ils se manifestent d'une

manière différente d'une situation à une autre. De plus, le niveau de contrôle sur les facteurs peut entraîner des problèmes de risque moral.

Figure 18. Niveau de contrôle d'un facteur endogène



Facteur de risque exogène

D'autre part, un facteur de risque exogène est généralement une caractéristique du milieu environnant de l'unité d'analyse. L'entité qui supporte le risque ne possède aucun contrôle sur les fluctuations de ce type de facteur de risque. Par exemple, le climat est une source externe de risque autant pour une organisation que pour une population, car elle engendre des risques d'intempéries, de sécheresses, de tornades, etc. Une organisation ne peut pas affecter les caractéristiques d'une tornade. Elle peut toutefois mettre en place des mesures pour éviter, transférer ou atténuer l'effet de ces facteurs de risque exogènes.

Un facteur de risque exogène est, par définition, non modifiable

En santé humaine et en environnement, le facteur de risque exogène correspond à la notion d'agent stresseur. Un agent stresseur est un agent potentiellement capable de provoquer un effet qui a une signification biologique ou écologique particulière (ex : un stimulus provoquant un état de stress pour un organisme vivant). Un agent stresseur peut être de nature physique (ex. le froid), chimique (ex. un polluant), biologique (ex. un virus).

Dans certains cas, un facteur de risque exogène peut être choisi; c'est-à-dire qu'il est soit assumé, évité ou encore transféré à un tiers par des mécanismes d'assurance ou de produits dérivés. Parmi ces facteurs de risque, on retrouve le taux de change, dans le cas d'une organisation qui est exposée au risque de change. L'organisation peut choisir d'assumer le risque de change, de l'éviter ou encore de le transférer à l'aide de contrats à terme par exemple.

3.8. Mode de gestion

Il est approprié de différencier la notion de mode de gestion par rapport à la notion de facteur de risque. Un mode de gestion est défini comme étant l'ensemble des approches, outils, techniques, instruments ou mécanismes utilisés par une organisation, un individu ou une population (Barki, Rivard et Talbot, 2001). Un mode de gestion correspond au traitement du risque, tel que définit par le guide de la gestion intégrée du

risque Risk Management AS/NZS 4360:1999 (Standards Association of Australia, 1999) : « Risk treatment involves identifying the range of options for treating risk, assessing those options, preparing risk treatment plans and implementing them. » (p.16). Les modes de gestion sont ainsi des actions humaines ou des mécanismes automatisés pour prévenir et atténuer le risque et pour accomplir un objectif.

Les modes de gestion se retrouvent tout au long du processus de gestion du risque. La première phase du processus de gestion du risque est l'analyse du risque. L'analyse du risque correspond à mesurer le risque, à partir de la probabilité d'occurrence d'un événement, et à partir de l'impact de cet événement. Une fois le risque analysé, il peut être traité. Le traitement du risque a pour objectif ultime d'éviter les événements indésirables et/ou d'en éliminer l'impact à l'aide de modes de gestion.

Il est à noter qu'un mode de gestion employé pour atténuer le risque peut augmenter le risque s'il est mal exécuté ou s'il est inapproprié. Lorsque tel est le cas, il a l'effet inverse. En ce sens, les notions de mode de gestion et de facteur de risque sont similaires. Toutefois, elles sont différentes du point de vue de leur origine. Un facteur de risque est une caractéristique de l'unité d'analyse alors qu'un mode de gestion est une action ayant pour but de modifier l'état de l'unité d'analyse aux fins d'un objectif quelconque.

Un mode de gestion est défini comme l'ensemble des approches, des outils, des techniques, des instruments ou des mécanismes utilisés par une organisation, un individu ou une population pour atteindre un objectif

Exemples de modes de gestion appliqués aux domaines de l'impartition et de la finance

Aubert, Patry et Rivard (1999) ainsi que Vaughan (1997) décrivent les différents types de modes de gestion qui peuvent être employés respectivement dans le domaine de l'impartition et de la finance. À partir de ces deux études, il est possible d'identifier cinq types de modes de gestion : l'évitement, la mitigation, la déflexion, l'établissement d'un plan de contingence, et la rétention. Il est à noter, comme tout autre concept entourant le risque, que ces appellations ne sont pas nécessairement les mêmes dans d'autres domaines, comme la sécurité industrielle, l'environnement, la santé humaine ou la gestion de projets. Toutefois, ces cinq approches sont relativement génériques, car elles se retrouvent dans le guide de la gestion intégrée du risque Risk Management AS/NZS 4360:1999 (Standards Association of Australia, 1999).

L'utilisation d'un mode de gestion particulier dépendra du niveau d'aversion au risque d'une organisation, d'un gestionnaire, ou d'un individu. Il est réaliste de

poser l'hypothèse que le décideur agit selon une fonction d'utilité quelconque et tentera de maximiser celle-ci lors du traitement du risque (Schoemaker, 1982).

Le risque est évité lorsqu'une organisation ou un individu refuse de prendre un risque (Vaughan, 1997). Ce mode de gestion est possible lorsque le risque est choisi et non subi. L'organisation ou l'individu peuvent choisir de ne pas entreprendre les activités qui génèrent un risque ou de cesser leurs activités. L'évitement agit directement sur la source d'un risque, qu'elle soit interne ou externe.

La mitigation consiste en des mesures prises pour réduire la probabilité d'occurrence d'un événement (Aubert et al., 1999). Ces mesures visent généralement les facteurs de risque qui influencent la probabilité d'occurrence d'un événement. En se fiant au modèle conceptuel proposé ci-dessus, la mitigation consiste à réduire la valeur de la fonction $f(y)$. Parmi les mesures de mitigation, on retrouve la diversification. La diversification permet d'utiliser la loi des grands nombres et de combiner des risques semblables qui s'annulent selon une certaine proportion (Vaughan, 1997). Dans ce cas, la diversification agit aussi sur la fonction $f(y)$, car chaque risque est combiné à d'autres risques. De cette façon, la probabilité $f(y)$ diminue à mesure que le nombre de risques au sein du bassin de risques augmente.

La déflexion correspond à modifier la direction de l'impact découlant d'un événement, donc à transférer le risque, en tout ou en partie (Aubert et al., 1999). Cela consiste en fait à « financer » un risque en l'assurant (i.e. en le transférant) ou en le partageant avec une tierce partie. En utilisant cette approche, les facteurs de risque sont toujours présents et ils n'ont pas été adressés, c'est-à-dire que la fonction $f(y)$ est intacte, car l'événement conserve la même probabilité d'occurrence avant et après la déflexion du risque. Toutefois, la fonction d'impact $g(x)$ n'est plus assumée par l'unité d'analyse (individu ou organisation). Dans le cas de l'assurance, elle a été remplacée par une perte certaine, la prime d'assurance.

L'établissement d'un plan de contingence consiste à prendre des mesures ayant pour but de diminuer l'impact d'un événement (Aubert et al., 1999). Le but d'un plan de contingence est donc de réduire la valeur de la fonction d'impact $g(x)$. Les mesures viseront à réduire l'importance des facteurs d'impact qui influencent la valeur de la fonction de perte $g(x)$.

Finalement, la rétention correspond à l'acceptation d'un risque par un individu ou une organisation (Vaughan, 1997). L'individu ou l'organisation assume ainsi pleinement le risque. Selon Vaughan (1997), ce mode de gestion est le plus répandu,

car les humains ne sont pas toujours pleinement conscients des risques qu'ils courent dans les activités qu'ils entreprennent. La rétention n'affecte donc pas la fonction de probabilité $f(y)$, ni la fonction d'impact $g(x)$.

4. Exemples et applications

La section qui suit illustre chacun des éléments du modèle conceptuel du risque. Pour chaque domaine, deux tableaux ont été élaborés. Le premier répertorie pour chaque domaine des événements et les facteurs de risque qui influencent leur survenance. Le deuxième tableau présente les mêmes événements avec les impacts qui leur sont associés.

4.1. Économie et finance

4.1.1. Économie

Le tableau 5 présente plusieurs événements qui sont d'intérêt pour la mesure des risques dits « économiques ». Pour illustrer l'application du modèle conceptuel aux risques économiques, nous prendrons l'événement de la variation du prix des produits d'une organisation. Cet événement peut être subi par un agriculteur de l'ouest canadien hypothétique qui produit du blé et dont le seul client est canadien. Supposons que l'agriculteur vend la totalité de sa production à son client à un jour prédéterminé en septembre. L'agriculteur court donc un risque relié au prix du blé, étant donné qu'il peut réaliser une perte par rapport à son objectif de profit qu'il espère retirer de sa récolte. Il s'agit d'un risque économique, car il provient des opérations courantes de sa production.

Tableau 5. Économie – Événements et facteurs de risque associés

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 1. Variation du prix du marché d'une matière première utilisé comme intrant dans la production ou comme produit fini.	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Prix du marché d'une matière première • Rendements historiques du prix de la matière première • Volatilité (écart-type) implicite des prix d'options sur le prix de la matière première³
• 2. Variation de la réglementation du marché.	-	-	• Niveau de réglementation du marché.

Tableau 6. Économie – Événements et impacts associés

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1. Variation du prix du marché d'une matière première utilisé comme intrant dans la production ou comme produit fini.	• Perte (gain) due à la variation du prix de la matière première	• Sensibilité (linéaire et non-linéaire) en dollars de la firme à une variation du prix de la matière première
• 2. Variation de la réglementation du marché.	• Perte (gain) dues à une variation du niveau de réglementation du marché.	• Sensibilité (linéaire et non-linéaire) en dollars de la firme à une variation de la réglementation du marché

L'agriculteur transférera le risque et fixera le prix de sa récolte à l'aide d'instruments financiers ou d'entente contractuelle avec son client seulement et uniquement s'il croit que la probabilité de subir une perte par rapport à son objectif de vente est suffisamment importante. D'un autre côté, il peut aussi accepter et assumer le risque : si selon ses prévisions le prix du blé doit augmenter au-delà de son objectif, il n'effectuera pas d'opérations de couverture.

4.1.2. Finance

Le tableau 7 présente plusieurs événements qui sont d'intérêt pour le domaine de la finance. Pour illustrer l'application du modèle conceptuel au domaine de la

³ Il est à noter que l'utilisation de ces données n'inclut pas le risque de base dans l'analyse.

finance, nous prendrons l'événement de la variation du taux de change. Cet événement peut être subit par le même agriculteur de blé hypothétique de l'ouest canadien, mais dont le seul client est maintenant américain. L'agriculteur vend donc sa production en dollars américains.

On peut assumer que l'agriculteur s'est entendu avec son client pour que le prix auquel il vend son blé en dollars américains est fixe et connu d'avance. L'agriculteur court donc un risque relié à la valeur en dollar canadien du profit dont il espère retirer de la vente de sa récolte. L'agriculteur peut en effet se fixer un objectif de vente en dollars canadiens en faisant une prévision du taux de change entre les dollars canadiens et américains. Si la valeur du dollar canadien par rapport au dollar américain a augmenté au-dessus de son objectif au moment de la vente, l'agriculteur réalisera un gain. Si la valeur du dollar canadien par rapport au dollar américain a diminué en dessous de son objectif au moment de la vente, l'agriculteur réalisera une perte. Le gain ou la perte qui résulte de cette variation dépendent de la valeur du contrat de vente de l'agriculteur avec son client américain.

Si l'agriculteur n'avait pas conclu d'entente avec son client pour que le prix auquel il vend son blé en dollars américains soit fixe et connu d'avance, il aurait couru alors le risque économique sur le prix du blé et le risque associé au taux de change en plus. Toute mesure de ces deux risques combinés devrait tenir compte de la dépendance entre les variations du prix du blé et du taux de change de dollars canadiens en dollars américains.

L'agriculteur aurait pu diminuer son risque économique lié au prix du blé ainsi qu'au taux de change en vendant un contrat à terme sur le prix du blé en dollar américain sur le marché américain des contrats à terme sur le blé. Il aurait toutefois encore couru un risque de base économique, car il y aura une petite différence entre le prix du blé sur le marché des contrats venant à terme en septembre et le prix réel que son client américain lui payera.

Le risque de taux de change est éliminé, car l'agriculteur recevra du client le montant de sa vente en argent américain et il pourra donc ensuite racheter avec ce montant ses contrats à terme sur le prix du blé, pour effacer sa position et obtenir la compensation financière pour les gains ou les pertes économiques qu'il a subis sur le prix du blé en dollars américains.

Tableau 7. Finance – Événements et facteurs de risque associés

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	<i>Endogènes</i>		<i>Exogènes</i>
	Modifiables	Non modifiables	
• 1. Variation du taux de change CAD/USD.	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de change historique • Prix réel des matières premières (index CRB) • Écart des taux d'intérêts à court terme CA/US. • Volatilité (écart-type) implicite des prix d'options sur le taux de change CAD/USD.
• 2. Variation du taux d'intérêt sur les Bons du Trésor (3 mois)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'intérêt historique • Taux d'inflation • Taux d'emploi • PIB réel • Volatilité (écart-type) implicite des prix d'options sur le taux d'intérêt
• 3. Variation du prix d'une matière première	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Volatilité du prix d'une matière première • Volatilité (écart-type) implicite des prix d'options sur le prix d'une matière première
• 4. Variation du prix d'un actif financier	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Prix historique d'une matière première • Volatilité (écart-type) implicite des prix d'options sur le prix de l'actif financier

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	<i>Endogènes</i>		<i>Exogènes</i>
	Modifiables	Non modifiables	
<ul style="list-style-type: none"> • 5. Défaut de paiement et/ou faillite d'une contrepartie emprunteur. 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Santé financière d'une contrepartie emprunteur (Clients, produits dérivés OTC). • Cotations de crédit d'agence reconnues pour la firme contrepartie • % moyen de transition d'entreprises de même cotation de crédit que la firme contrepartie à une autre cotation de crédit. • Valeur des actions de la firme par rapport à la valeur de ses dettes • Niveau de l'écart de crédit du taux d'intérêt sur la dette de la firme contrepartie par rapport aux taux d'intérêt sans risque.
<ul style="list-style-type: none"> • 6. Faillite d'une contrepartie prêteur. 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Santé financière d'une contrepartie prêteur. • Cotations de crédit d'agence reconnues pour la firme contrepartie • % moyen de transition d'entreprises de même cotation de crédit à une autre cotation de crédit. • Valeur des actions de la firme par rapport à la valeur de ses dettes • Niveau de l'écart de crédit du taux d'intérêt sur la dette de la firme contrepartie par rapport aux taux d'intérêt sans risque.

Tableau 8. Finance – Événements et impacts associés

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1. Variation du taux de change CAD/USD.	• Perte (gain) due à la variation du taux de change CAD/USD.	• Sensibilité nette (linéaire et non linéaire) en \$ de la firme à une variation du taux de change CAD/USD.
• 2. Variation du taux d'intérêt sur les Bons du Trésor (3 mois)	• Perte (gain) due à la variation du taux d'intérêt	• Sensibilité (linéaire et non linéaire) en \$ de la firme à une variation du taux d'intérêt sur les Bons du Trésor (3 mois).
• 3. Variation du Prix d'une matière première	• Perte (gain) due à la variation du prix d'une matière première	• Sensibilité (linéaire et non linéaire) en \$ de la firme à une variation du prix d'une matière première
• 4. Variation du Prix d'un actif financier	• Perte (gain) due à la variation du prix d'un actif financier	• Sensibilité (linéaire et non linéaire) en \$ de la firme à une variation du prix d'un actif financier
• 5. Défaut de paiement et/ou faillite d'un contrepartie emprunteur.	• Perte due au défaut de paiement d'une contrepartie emprunteur.	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de recouvrement moyen propre à la cotation de crédit de la firme contrepartie et la séniorité de la dette de la firme. • Taux de recouvrement implicite à l'écart de crédit du taux d'intérêt sur la dette de la firme contrepartie par rapport aux taux d'intérêt sans risque. • Règles propres au contrat de contrepartie et réglementations concernant le remboursement de dettes de la contrepartie emprunteur suite à une faillite de ce dernier.
• 6. Faillite d'une contrepartie prêteur.	• Gain dû à la faillite d'une contrepartie prêteur. ⁴	• Règles propres au contrat de contrepartie et réglementations concernant le remboursement de dettes à contrepartie prêteur suite à une faillite de ce dernier.

⁴ Cet événement constitue un risque « positif », c'est-à-dire une opportunité.

4.2. Impartition

Le tableau 9 présente plusieurs événements qui sont d'intérêt pour le domaine de l'impartition. Pour illustrer l'application du modèle conceptuel au domaine de l'impartition, nous prendrons l'événement « coûts d'amendements et de renégociation des contrats ». Cet événement peut être subit par une entreprise (i.e. le client) qui décide par exemple d'impartir, à un fournisseur, la gestion de son parc informatique. En prenant cette décision et en s'engageant avec un fournisseur, l'entreprise peut ainsi transférer la responsabilité de développement, gestion et de maintenance du matériel informatique de son parc informatique. L'entreprise et le fournisseur doivent s'entendre sur les conditions qui entoureront ce transfert, soit les limites des responsabilités du fournisseur, les indicateurs de performance à respecter, la rémunération du fournisseur en échange des services, etc. Ces conditions seront inscrites dans un contrat (i.e. la transaction) qui sera signé par les deux parties. Le fournisseur devra s'assurer d'atteindre les niveaux de performances indiqués dans le contrat, alors que l'entreprise devra s'assurer que le fournisseur atteigne ces niveaux.

Par contre, il peut arriver que certains aspects n'aient pas été identifiés lors de la négociation du contrat. Ces aspects non négociés préalablement peuvent être critiques pour l'entreprise. Par exemple, il peut arriver, pour différentes raisons, que l'entreprise ait besoin que le fournisseur installe de nouveaux serveurs. Pour ce faire, une nouvelle entente devra être conclue avec le fournisseur. La négociation de cette nouvelle entente nécessitera du temps et des coûts d'amendements et de renégociation des contrats qui n'avaient pas été préalablement identifiés. Les facteurs de risque associés à l'occurrence de coûts d'amendements et de renégociation de contrats sont la complexité des activités, l'incertitude qui entoure les besoins et la discontinuité technologique.

Tableau 9. Impartition – Événements et facteurs de risque associés (Aubert et al., 2001)

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 1. Augmentation des coûts de prestation de service	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'expérience et d'expertise du client dans la gestion de contrats • Manque d'expérience et d'expertise du fournisseur avec la gestion de contrats • Manque d'expérience et d'expertise du fournisseur avec la ou les activités au contrat • Problèmes de mesure 	-	-
• 2. Diminution de la qualité du service	<ul style="list-style-type: none"> • Taille du fournisseur • Stabilité financière du fournisseur • Manque d'expérience et d'expertise du fournisseur avec la ou les activités au contrat • Problèmes de mesure • Interdépendance des activités • Complexité des activités 	-	-
• 3. Coûts de service cachés	<ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de mesure • Complexité des activités • Incertitude quant aux besoins 	-	-
• 4. Coûts de transition et de gestion imprévus	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'expérience et d'expertise du client dans la gestion de contrats • Manque d'expérience et d'expertise du client avec la ou les activités au contrat • Incertitude de l'environnement légal 	-	-

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 5. Démotivation et atteinte à la réputation	<ul style="list-style-type: none"> • Adéquation culturelle entre le client et le fournisseur • Proximité des compétences de base • Envergure du contrat 	-	-
• 6. Coûts d'amendements et de renégociation de contrats	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité des activités • Incertitude quant aux besoins • Discontinuité technologique 	-	-
• 7. Conflits et litiges	<ul style="list-style-type: none"> • Adéquation culturelle entre le client et le fournisseur • Problèmes de mesure • Incertitude de l'environnement légal 	-	-
• 8. Coûts entraînés par un changements de fournisseur	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de fournisseurs • Interdépendance des activités • Envergure du contrat • Spécificité des actifs 	-	-
• 9. Perte de compétences organisationnelles	<ul style="list-style-type: none"> • Interdépendance des activités • Proximité des compétences de base • Envergure du contrat 	-	-

Tableau 10. Impartition – Événements et impacts associés (Aubert et al., 2001)

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1. Augmentation des coûts de prestation de service	• Perte financière	-
• 2. Diminution de la qualité du service	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs d'affaires non réalisés • Perte financière 	-
• 3. Coûts de service cachés	• Perte financière	-
• 4. Coûts de transition et de gestion d'imprévus	• Perte financière	-
• 5. Démotivation et atteinte à la réputation	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs d'affaires non réalisés • Perte financière 	-
• 6. Coûts d'amendements et de renégociation	• Perte financière	-

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 7.Conflits et litiges	• Perte financière • Objectifs d'affaires non réalisés	-
• 8.Coûts entraînés par un changement de fournisseur	• Perte financière	-
• 9.Perte de compétences organisationnelles	• Objectifs d'affaires non réalisés • Perte financière	-

4.3. Gestion de projets

Le tableau 11 présente des événements indésirables et les sources de risque qui leur sont associées. Kernzer (2001) indique qu'il y a trois mesures génériques du succès d'un projet, soit le respect du budget, le respect de l'échéancier, la qualité du livrable et il est possible d'en ajouter une quatrième, soit la satisfaction des utilisateurs ou des clients du livrable (Barki, Rivard et Talbot, 1994). En se référant à Barki et al. (1993b) qui ont identifié cinq facteurs permettant d'évaluer le risque d'un projet de développement de système sur mesure, il est possible de mesurer la probabilité d'occurrence $f(y)$ de chacun de ces événements. La nouveauté du livrable, la taille du projet, le manque d'expertise, la complexité du projet, et l'environnement organisationnel représentent des sources de risque (et des facteurs de risque) d'un projet. Bien que ces facteurs n'aient pas encore été validés empiriquement, il est possible de supposer que certains d'entre eux ont davantage d'influence sur l'occurrence de certains événements. Le dépassement du budget, le dépassement de l'échéancier ainsi que la mauvaise qualité du livrable peuvent avoir un impact important sur plusieurs enjeux au sein de l'organisation (i.e. l'unité d'analyse). Par exemple, la mauvaise qualité d'un produit issu d'un projet peut provoquer une détérioration des relations avec la clientèle de l'organisation.

Selon la perspective managériale du risque, le gestionnaire est intéressé à contrôler les éléments influençant le risque (March et Shapira, 1987). C'est pourquoi les facteurs de risque identifiés pour évaluer le risque d'un projet sont endogènes. De plus, celles-ci sont modifiables par des modes de gestion, tels que l'utilisation d'une méthodologie particulière, l'embauche de consultants, etc.

Tableau 11. Gestion de projet – Événements et facteurs de risque associés (Barki et al., 1993b)

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	<i>Endogènes</i>		<i>Exogènes</i>
	Modifiables	Non modifiables	
• 1. Dépassement du budget	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveauté du livrable • Taille du projet • Expertise • Complexité du projet • Environnement organisationnel 	-	-
• 2. Dépassement de l'échéancier	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveauté du livrable • Taille du projet • Expertise • Complexité du projet • Environnement organisationnel 	-	-
• 3. Mauvaise qualité du livrable	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveauté du livrable • Taille du projet • Expertise • Complexité du projet • Environnement organisationnel 	-	-
• 4. Insatisfaction des utilisateurs ou du client	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveauté du livrable • Taille du projet • Expertise • Complexité du projet • Environnement organisationnel 	-	-

Tableau 12. Gestion de projet – Événements et impacts associés (Barki et al., 1993b)

Événement	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1. Dépassement du budget	<ul style="list-style-type: none"> • Santé financière • Réputation du service responsable du projet • Profitabilité • Position concurrentielle • Efficacité organisationnelle • Image de l'organisation • Survie de l'organisation • Part de marché • Réputation du service utilisateur • Capacité d'effectuer les opérations courantes 	-
• 2. Dépassement de l'échéancier	(idem)	-
• 3. Mauvaise qualité du livrable	(idem)	-
• 4. Insatisfaction des utilisateurs	(idem)	-

4.4. Sciences de l'environnement

Dans le domaine des terrains contaminés, le risque est évalué à l'aide de la procédure d'évaluation du risque écotoxicologique. Le risque écotoxicologique avait été précédemment défini comme l'occurrence de réponses néfastes chez des récepteurs en fonction de leur exposition à un agent stressant (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1998). Le tableau 13 applique le modèle conceptuel à cette définition. Un facteur de risque exogène (agent stressant) pouvant engendrer des réponses néfastes chez des entités biologiques ou écologiques est présenté. L'événement correspond à l'exposition des entités biologiques ou écologiques à une substance toxique (ex. le plomb) qui est présente dans le sol ou dans l'eau.

Le tableau 13 présente aussi les facteurs liés à la probabilité de l'exposition à un agent stressant. Parmi les facteurs qui contribuent à l'exposition à un agent stressant, on retrouve la nature, la forme, l'ampleur, la distribution d'une contamination ainsi que le comportement environnemental de la contamination (persistance, mobilité, bioaccumulation, bioamplification, etc.).

Les impacts varient aussi selon plusieurs facteurs (tableau 14). Par exemple, le type de récepteurs (entités biologiques ou écologiques) présents sur le terrain

contaminé, leur groupe taxonomique et leur niveau d'organisation biologique peuvent représenter des facteurs liés à la fonction d'impact.

Tableau 13. Environnement – Événements et facteurs de risque associés

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 1.Exposition à une substance toxique (agent stresseur)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Nature, forme, ampleur et distribution de la contamination • Comportement environnemental de la contamination (persistance, mobilité, bioaccumulation, bioamplification, etc.)

Tableau 14. Environnement – Événements et impacts associés

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1.Exposition à une substance toxique (agent stresseur)	• Réponses néfastes chez les entités biologiques (changement de la structure ou des fonctions du récepteur qui excède la variabilité naturelle)	<ul style="list-style-type: none"> • Type de récepteurs (entités biologiques ou écologiques présentes) • Groupe taxonomique • Niveau d'organisation biologique

4.5. Santé et sécurité humaines

Le risque pour la santé humaine, associé à l'exposition à un ou plusieurs facteurs de risque exogènes, endogènes ou les facteurs liés aux habitudes de vie, est défini comme la probabilité (ou l'incidence) d'altérations de la santé des individus attribuables à cette exposition. L'étude de Wood (2001) est typique de cette approche. Celui-ci a réalisé une revue de littérature des facteurs de risque entraînant l'apparition de maladie coronarienne (i.e. l'événement) au sein d'une population ou d'individus (i.e. l'unité d'analyse). Il a identifié trois catégories de facteurs de risque: les facteurs liés au style de vie, les facteurs liés aux caractéristiques biochimique ou physiologique modifiables, et les facteurs liés aux caractéristiques personnelles non modifiables telles que l'âge. Il est à noter que Wood (2001) ne s'est pas intéressé aux impacts associés

au développement d'une maladie coronarienne, que ce soit par la population ou par un individu, la notion de risque en santé et sécurité humaines n'y faisant pas appel.

Tableau 15. Santé humaine – Événements et facteurs de risque associés (He et al., 1999; Wood, 2001)

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 1. Développement d'une maladie coronarienne	<ul style="list-style-type: none"> • Style de vie (diète en gras saturé, cholestérol et calories, consommation de tabac, consommation d'alcool, degré d'activité physique) • Caractéristiques biochimiques ou physiologiques (pression sanguine, taux de cholestérol LDL, taux de cholestérol HDL, taux de triglycérides dans le plasma, taux d'hyperglycémie/diabète, taux d'obésité, facteurs thrombogéniques) 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques personnelles (âge, sexe, historique familial, historique personnel) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fumée secondaire

Tableau 16. Santé humaine – Événements et impacts associés (Wood, 2001)

Événement	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1. Développement d'une maladie coronarienne	-	-

4.6. Sécurité industrielle

En sécurité industrielle et de l'analyse des risques technologiques majeurs, l'analyse se porte sur une chaîne d'événements indésirables qui engendrent la matérialisation d'un danger en contexte industriel. Dans ce domaine, l'unité d'analyse est généralement un procédé de fabrication, un équipement ou une installation physique.

Le danger étudié correspond à un événement final redouté qui peut se matérialiser selon une ou plusieurs des formes suivantes : un incendie, une explosion, un déversement, ou une émission de substance dangereuse. Des exemples d'événements se retrouvent dans le tableau 17. Ces événements peuvent engendrer plusieurs types d'impacts, que ce soit des effets sur les êtres humains (population et/ou travailleurs), sur les biens d'une ou plusieurs organisations ou municipalités (destruction d'infrastructures) et/ou sur l'environnement (faune, flore, air, eau et/ou sol). Ces impacts se retrouvent au tableau 18.

Les effets qui sont analysés sur les humains sont généralement de types aigus et ils peuvent être immédiats ou différés. Parmi ces effets, on retrouve les brûlures, traumatismes, asphyxie, irritations, décès, etc. Les biens peuvent aussi subir l'impact d'un accident industriel. Ils peuvent être endommagés ou complètement détruits. Une contamination accidentelle de l'air, de l'eau et/ou du sol peut ensuite se répercuter sur la faune, la flore et/ou les humains par différents mécanismes d'exposition, comme le cycle de l'eau et la chaîne alimentaire. Les effets sur les zones sensibles, comme les zones migratoires, les zones de reproduction, les espèces menacées, compte parmi les impacts environnementaux analysés.

Plusieurs facteurs peuvent être associés à l'occurrence de ces événements ou à l'ampleur de ces impacts. Parmi les facteurs de risque, on retrouve les facteurs humains, organisationnels et techniques. Les facteurs humains comprennent entre autres l'erreur humaine liée au stress et le compromis cognitif. Les facteurs organisationnels correspondent au manque de formation du personnel, le degré de contrôle de l'accès aux installations, la qualité de l'entretien des installations, l'existence de procédures inadéquates, par exemple. Les défaillances constituent les principaux facteurs techniques. De plus, l'utilisation de substances dangereuses par une organisation représente aussi un facteur endogène de risque, modifiable ou non selon le contexte. En effet, le degré de contrôle sur ce facteur dépend du type de

substances et de procédés de fabrication en place, des innovations technologiques projetées, etc. En l'absence de telles substances, aucun événement ne pourra permettre à leurs impacts potentiels de se matérialiser.

Tableau 17. Sécurité industrielle – Événements et facteurs de risque associés

Événements	Facteurs de risque liés à la probabilité $f(y)$ de l'événement		
	Endogènes		Exogènes
	Modifiables	Non modifiables	
• 1.Émission d'un nuage de gaz toxique	<ul style="list-style-type: none"> • Formation inadéquate du personnel d'entretien • Erreur humaine lors de l'entretien des réservoirs • Type de réservoirs 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'une substance toxique 	-
• 2.Explosion d'un réservoir de substance inflammable	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle inadéquat de l'accès au site de l'usine • Équipements de surveillance défectueux • Utilisation d'une substance inflammable (substitution) 	<ul style="list-style-type: none"> • Situation politique 	<ul style="list-style-type: none"> • Acte de terrorisme ou de vandalisme
• 3.Incendie d'une substance inflammable et génération de produits secondaires toxiques	-	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de substance inflammable 	<ul style="list-style-type: none"> • Foudre sur un réservoir

Tableau 18. Sécurité industrielle – Événements et impacts associés

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
• 1.Émission d'un nuage de gaz toxique	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination de l'air et de l'eau • Blessures et/ou décès dans le personnel et la population exposée • Blessures et/ou décès dans la faune et la flore exposée 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature et densité de la substance • Température de l'air • Vitesse des vents • Pluviosité • Rugosité du sol • Proximité de la population • État de préparation (information) du personnel et de la population • Efficacité des mesures d'intervention
• 2.Explosion d'une substance inflammable	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction complète ou partielle de l'usine • Blessures et décès du personnel et de la population exposée 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature et quantité de substance entesée • Mode d'entreposage • Efficacité des mesures de préparation et d'intervention

Événements	Impact(s)	Facteur(s) lié(s) à la fonction d'impact $g(x)$
<ul style="list-style-type: none"> • 3. Incendie d'une substance inflammable et génération de produits secondaires toxique 	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction d'une partie de l'usine • Blessure et décès du personnel et de la population exposée • Contamination de l'air et du sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Nature et quantité de la substance entreposée • Mode d'entreposage • Proximité du personnel et de la population • État de préparation des travailleurs et de la population • Efficacité des mesures de préparation et d'intervention • Type de sol

5. Conclusion et recherches futures

Cette étude a cherché à élaborer un modèle conceptuel du risque, générique, et a proposé une terminologie commune aux domaines s'intéressant au risque. Le risque est un concept complexe et multidimensionnel, car il a plusieurs significations selon le domaine de référence et les mêmes termes utilisés pour le décrire ne signifient pas nécessairement la même chose d'un domaine à l'autre (Barki et al., 1993a). Par conséquent, il est possible d'instancier le modèle selon le domaine pour l'appliquer. En allant au-delà de la notion du risque en elle-même, cette étude a permis de définir le risque, de façon générale, comme « la probabilité d'un événement et son impact sur une entité ». Cette définition fait appel à plusieurs concepts, tels que « unité d'analyse », « entité supportant le risque », « état initial », « état possible », « facteur de risque », « événement », « impact », qui sont communs à plusieurs domaines étudiant le risque. Cette étude n'a pas la prétention de remplacer la terminologie en place dans chacun de ces domaines. En effet, les domaines étudiant le risque n'utilisent pas nécessairement la terminologie présentée dans ce rapport pour désigner ces concepts. Cette étude a toutefois tenté d'établir des correspondances, et de faire une comparaison de la terminologie de ces domaines.

Une des principales limites de ce cadre conceptuel, outre sa nature exploratoire et provisoire, est qu'il ne couvre qu'une fraction des domaines s'intéressant au risque. Par exemple, le domaine de la comptabilité s'intéresse au risque de vérification, le domaine de l'informatique s'intéresse au risque de sécurité informatique et le domaine de la criminologie s'intéresse au risque d'actes criminels.

Les recherches futures devront s'orienter vers le transfert des techniques et des outils utilisés dans chaque domaine pour mesurer chaque composante du modèle. Par

Les domaines s'intéressant au risque n'utilisent pas nécessairement la terminologie présentée dans ce rapport pour désigner les concepts identifiés dans ce rapport. Toutefois, elle permet d'établir des correspondances.

exemple, il sera intéressant d'explorer la possibilité d'appliquer les méthodes de mesure du risque de la gestion de projet à la sécurité industrielle, et vice-versa. Certains domaines utilisent des données de format et de nature semblables, mais n'utilisent pas les mêmes techniques pour obtenir une probabilité, ou un impact. Il pourrait être avantageux d'utiliser ces techniques et outils de mesure dans d'autres contextes.

De plus, il est dorénavant possible d'explorer les pistes d'intégration au niveau du résultat des mesures de chacun des domaines et d'établir des corrélations entre ceux-ci. En effet, il a été défini que chaque domaine s'intéresse à plusieurs concepts gravitant autour du concept du risque comme l'unité d'analyse, l'entité supportant le risque, la probabilité, l'événement, l'impact et les facteurs de risque. L'identification de facteurs de risque communs, ou d'une dépendance entre des facteurs de risque propres à chacun de ses domaines, promet une grande valeur ajoutée.

En somme, il a été possible de constater que le risque est un sujet complexe, étant donné qu'il peut être défini de plusieurs façons. Malgré cette difficulté, cette étude aura tenté de faire un recensement établissant un vocabulaire commun à plusieurs domaines, facilitant ainsi les échanges interdisciplinaires.

Bibliographie

Armstrong, B., Tremblay, C., Baris, D., Theriault, G. (1994). Lung cancer mortality and polynuclear aromatic hydrocarbons: a case-cohort study of aluminum production workers in Arvida, Quebec, Canada. American Journal of Epidemiology, 139, 3, 250-262.

Anderson, J., Narasimhan, R. (1979). Assessing Project Implementation Risk: A Methodological Approach. Management Science, 25, 6, 512-521.

Aubert, B.A., Patry, M., Rivard, S. (1999). Le risqué associé à l'impartition. Dans Poitevin, M. Impartition : Fondements et analyses. Sainte-Foy, QC : Les Presses de l'Université Laval.

Aubert, B.A., Patry, M., Rivard, S. (2001). Managing IT outsourcing risk: lessons learned. CIRANO, Cahier Série Scientifique 2001-s39.

Bahli, B. (2002). Assessing information technology outsourcing risks. Thèse de doctorat. HEC-Montreal.

Banham, R. (2000). Top cops of risk. CFO Magazine (en ligne). <http://www.cfo.com/article/1,5309,924,00.html>

Barki, H., Rivard, S., Talbot, J. (1993a). Perspectives and methods in risk assessment. Cahier du Gres, 93-07.

Barki, H., Rivard, S., Talbot, J. (1993b). Toward an assessment of software development risk. Journal of Management Information Systems, 10, 2, 203-225.

Barki, H., Rivard, S., Talbot, J. (1994). IS project leaders and users: Two solitudes? Cahier du Gres, 94-03.

Barki, H., Rivard, S., Talbot, J. (2001). An integrative contingency model of software project risk management. Journal of Management Information Systems, 17, 4, 37-69.

Beckers, S. (1996). A survey of risk measurement theory and practice. Dans The Handbook of Risk Management and Analysis. New York, NY: John Wiley & Sons.

Bélisle, J.P. (1999). Statistique descriptive. Montréal, Qc: Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion, HEC-Montréal.

Bickley, J.H. (1959). The nature of business risk. Journal of Insurance, 25, 4, 32-42.

Birkbeck, K. (1999). Forewarned is forearmed: Identification and measurement in integrated risk management. The Conference Board of Canada, Report 249-99.

Bishop, M. (1996). A game of risk. The Economist, 338, 7952, S22.

Boehm, B.W. (1989). Tutorial : Software risk management. Washington, DC : IEEE Computer Society Press.

Bowers, L.N., Gerber, U.H., Hickman, C.J., Jones, A.D., Nesbit, J.C. (1986). Actuarial Mathematics. The Society of Actuaries.

Carrier, G. (2002). Notes de cours en analyse du risque. Faculté de médecine, Université de Montréal.

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. (1998). Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés. Québec, QC : Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec.

Conseil canadien des ministres de l'environnement. (1996). Cadre pour l'évaluation du risque écotoxicologique – orientation générale : Le programme d'assainissement des lieux contaminés. Winnipeg, MA : Les publications du CCME.

Cooper, D.R., Schindler, P.S. (2000). Business research methods. New York, NY: McGraw-Hill Higher Education.

CSA/ACNOR. (1991). CAN/CSA-Q634-91, Exigences et guides pour l'analyse de risques. Toronto, ON.

Cummings, S.R., Nevitt, M.C., Browner, W.S., Stone, K., Fox, K.M, Ensrud, K.E., Cauley, J., Black, D., Vogt, T.M. (1995). Risk factors for hip fracture in white women. New England Journal of Medecine, 332, 12, 767-773.

Doherty, N. (2000). Integrated risk management: Techniques and strategies for managing corporate risk. New York, NY: McGraw-Hill Professional Publishing.

Gouvernement du Québec. (2000). Loi sur la qualité de l'environnement, chapitre Q-2 (L.R.Q., c. Q-2).

Graham, R.L., Hunsaker, C.T., O'Neill, R.V., Jackson, B.L. (1991). Ecological risk assessment at the regional scale. Ecological applications, 1, 2, 196-206.

Greene, W.H. (2000). Econometric analysis, 4th edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

He, J., Vupputuri, S., Allen, K., Prerost, M.R., Hughes, J., Whelton, P.K. (1999). Passive smoking and the risk of coronary heart disease – a meta-analysis of epidemiologic studies. New England Journal of Medecine, 340, 12, 920-926.

Head, G.L. (1967). An alternative to defining risk as uncertainty. The Journal of Risk and Insurance, 34, 2, 205-214.

ISO. (1999). 2nd Working Draft On Risk Management Terminology. Secretary of ISO/TMB WG on Risk Management Terminology.

Joint Committee on Corporate Governance. (2001). Beyond compliance : Building a governance culture. Final report. Chartered Accountants of Canada, Toronto Stock Exchange, Canadian Venture Exchange.

Jorion, P. (2001), Financial Risk Manager Handbook 2001-2002. New York, NY: Wiley Finance, Risk Management Library - Global Association of Risk Professionals.

Kaplan, S. (1982). Matrix theory formalism for event tree analysis: Application to nuclear-risk analysis. Risk Analysis, 2, 1, 9-18.

Kaplan, S., Garrick, J.B. (1981). On the quantitative definition of risk. Risk Analysis, 1, 1, 11-27.

Kerzner, H. (2001). Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. New York, NY: John Wiley & Sons.

Keynes, J.M. (1957). A treatise on probability. London, UK: MacMillan.

Knight, F. (1921). Risk, uncertainty and profit. New York, NY: Houghton Mifflin Company.

Lee, C.R. (2000). Chief risk officer stepping up. Risk Management, 47, 9, 22-27.

Lo, A.W. (1999). The three P's of total risk management. Financial Analyst Journal, 55, 1, 13-26.

Marcellis-Warin, N., Peignier, I., Sinclair-Desgagné, B. (2002). Analyse économique du Risk Management Program (section 112(r) du Clean Air Act). Rapport de projet, CIRANO.

March, J.G., Shapira, Z. (1987). Managerial perspectives on risk and risk taking. Management Science, 33, 11, 1404-1418.

Mintzberg, H. (1980). Structure in 5's: A synthesis of the research on organizational design. Management Science, 26, 3, 322-341.

Office de la langue française. (2002). Grand Dictionnaire Terminologique : « Facteur ». (En ligne) <http://www.granddictionnaire.com> .

Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE). (1992). Accidents chimiques : Principes directeurs pour la prévention, la préparation et l'intervention. Orientations à l'intention des pouvoirs publics, de l'industrie, des travailleurs et d'autres parties intéressées (OCDE/GD(92)43). Paris, France : OCDE.

Paté-Cornell, M.E. (2002). Risk and uncertainty analysis in government safety decisions. Risk Analysis, 22, 3, 633-646.

Paustenbach, J.D. (1994). The benefits and probabilistic exposure assessment: three case studies involving contaminated air, water, and soil. Risk Analysis, 14, 53.

Porter, M. (1985). Competitive advantage. New York, NY: The Free Press.

Rhode, W. (2000). Who needs firm-wide risk?. Risk magazine, Enterprise-wide risk management special report.

Schoemaker, P.J.H. (1982). The expected utility model: Its variants, purposes, evidence and limitations. Journal of Economic Literature, 20, 529-563.

Shimpi, P.A., Durbin, D., Laster, D.S. (eds). (2001). Integrating corporate risk management. New York, NY: Texere Publishing.

Simon, H.A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. Quarterly Journal of Economics, 69, 99-118.

Sinclair-Desgagné, B., Vachon, C. (1999). Dealing with major technological risks. CIRANO, Cahier Série Scientifique 1999-s39.

Starr, C., Whipple, C. (1984). A perspective on health and safety risk analysis. Management Science, 30, 4, 452-463.

The Economist Intelligence Unit. (1995). Managing business risks : An integrated approach. New York, NY: The Economist.

Toronto Stock Exchange. (1994). Principes directeurs du TSE. (En ligne). <http://www.tse.com/fr/productsAndServices/listings/tse/regulationAndReporting/index.html>

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1998). Guidelines for ecological risk assessment. Washington, DC: USEPA.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2000). Chemical Accident Risk Assessment Thesaurus (CARAT™ v3.0). (En ligne). <http://www1.oecd.org/EHS/CARAT/v3.0/htm/default.htm>

Vaughan, E.J. (1997). Risk management. New York, NY: John Wiley & Sons.

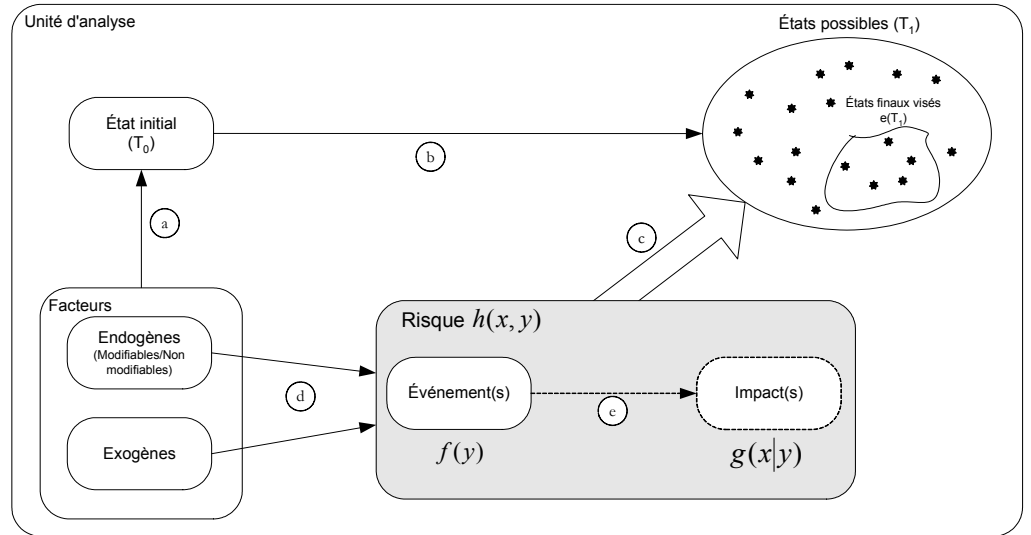
Wood, D. (2001). Established and emerging cardiovascular risk factors. American Heart Journal, 141, S49-57.

Wood, O.G.Jr. (1964). Evolution of the concept of risk. The Journal of Risk and Insurance, 31, 1, 83-91.

Annexe A – Définitions et modèles

Définitions	
Unité d'analyse	Entité pour laquelle le risque est évalué. <i>Exemple : organisation, institution, projet, transaction, département, individu, récepteurs environnementaux, procédé, équipement, etc.</i>
Entité supportant le risque	Partie prenante concernée par le risque encouru par l'unité d'analyse. L'entité supportant le risque peut être identique à l'unité d'analyse.
Objectif de rendement	Rendement à atteindre pour une unité d'analyse fixé au temps T_0 pour une période donnée. L'objectif est un ou plusieurs états souhaitables de la nature à réaliser.
État initial	Statut de l'unité d'analyse au temps T_0 . Ce statut est exprimé en termes d'actifs, de revenu, d'intégrité physique, etc.
États possibles	Statut de l'unité d'analyse dans le futur, c'est-à-dire au temps T_1 .
Événement	Un incident ou une situation qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini (Standards Association of Australia, 1999). <i>Note : Plusieurs événements peuvent être regroupés dans une chaîne de cause à effet.</i>
Probabilité	Possibilité d'occurrence d'un événement évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1 et représentée par la fonction f (Standards Association of Australia, 1999).
Facteur de risque	Objet concret, ou abstrait, influençant la probabilité d'un événement et/ou l'impact d'un événement.
Facteur endogène	Caractéristique de l'unité d'analyse influençant la probabilité d'occurrence d'un événement et/ou l'impact d'un événement. Un facteur de risque endogène peut-être modifiable ou non modifiable. <i>Exemples de facteurs modifiables : expertise, complexité d'un processus, type de substance dangereuse utilisée.</i> <i>Exemples de facteurs non modifiables : radioactivité, caractéristique de la substance dangereuse utilisée.</i>
Facteur exogène	Caractéristique du milieu environnant de l'unité d'analyse et dont l'origine est hors de son contrôle, influençant la probabilité d'occurrence d'un événement et/ou l'impact d'un événement. <i>Exemples : taux de change, prix des matières premières, taux d'intérêts, zone sismique, climat, environnement socio-politique, etc.</i>
Impact	Effet, positif ou négatif, dû à un événement sur une entité supportant le risque, évalué par la fonction g .
Risque	Probabilité d'occurrence d'un événement et son impact sur une entité. <i>Note : Un impact peut être financier, environnemental, physique ou sur la santé et l'intégrité physique des humains. Le risque est mesuré par la probabilité et l'ampleur de l'impact de l'événement.</i>
Opportunité	Probabilité d'occurrence d'un événement et son impact positif sur un objectif de l'unité d'analyse. <i>Note : une opportunité est un « risque positif ».</i>
Danger	Source de dommages potentiels ou une situation qui a le potentiel de causer une perte (Standards Association of Australia, 1999). <i>Note : le danger est une instance spécifique d'un facteur de risque.</i>
Mode de gestion	Un mode de gestion est défini comme étant l'ensemble des approches, outils, techniques, instruments ou mécanismes utilisés par une organisation, un individu ou une population pour gérer le risque.

1. Modèle conceptuel d'intégration du risque



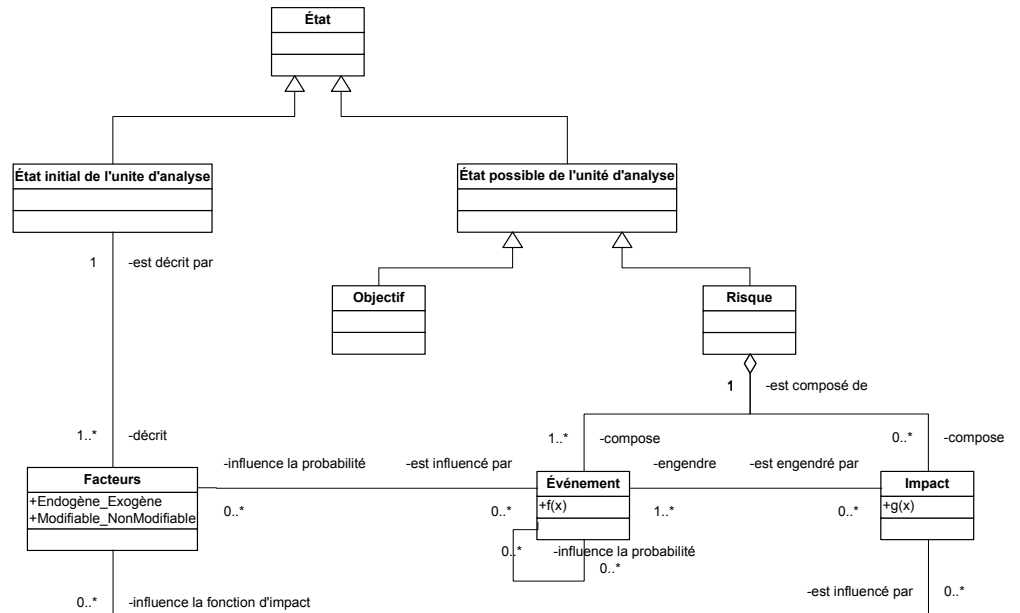
où: $h(x, y) = g(x|y)f(y)$

$$y = [Facteur_{risque_1}, Facteur_{risque_2}, \dots, Facteur_{risque_n}]$$

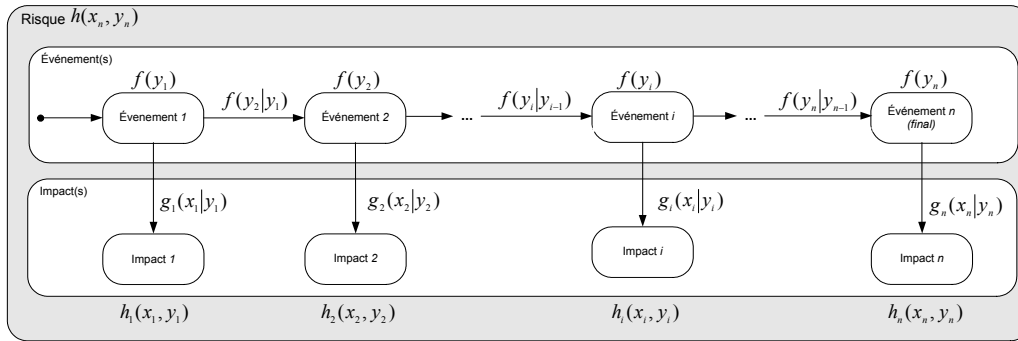
$$x = [Facteur_{impact_1}, Facteur_{impact_2}, \dots, Facteur_{impact_m}]$$

- Légende:**
- (a) : Lien de description
 - (b) : Lien temporel
 - (c) : Liens temporels
 - (d) : Lien d'influence
 - (e) : Lien de causalité (optionnel)

2. Représentation UML du modèle conceptuel d'intégration



3. Modèle conceptuel d'intégration du risque : chaîne d'événements



où :

$$f(y_n) = \prod_{i=1}^n f(y_i|y_{i-1})$$

$$h_n(x_n, y_n) = g_n(x_n|y_n) f(y_n)$$

$$f(y_i|y_{i-1}) = P[Y_i = y_i | Y_{i-1} = y_{i-1}]$$

$$h(x_n, y_n) = g(x_n|y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) f(y_n)$$

$$g(x_n|y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) = \sum_{i=1}^n g_i(x_i|y_i)$$

4. Modèle conceptuel d'intégration: le risque sous la forme d'un arbre d'événements

