

Évaluation du risque en gestion de projet

Simon Bourdeau

Professionnel de recherche, CIRANO

Suzanne Rivard

Professeur titulaire en technologies

de l'information, HEC Montréal

Titulaire de la Chaire de gestion

stratégique des T.I.

Fellow au CIRANO

Henri Barki

Professeur titulaire en technologies

de l'information, HEC Montréal

Titulaire de la Chaire de recherche du

Canada en implantation et gestion des

technologies de l'information

Jean-Grégoire Bernard

Chargé d'enseignement, HEC Montréal

Directeur de projet, CIRANO

La nature risquée de certains projets et l'importance de la gestion du risque de projet sont largement reconnues, et ce, quel que soit le domaine d'activités. Ce chapitre présente une démarche générique d'évaluation du risque en gestion de projet. Dans un premier temps, les liens entre le modèle du risque en gestion de projet et le modèle conceptuel d'intégration sont établis. Par la suite, les éléments sous-jacents à la démarche d'évaluation du risque en gestion de projet, soit les résultats indésirables, les facteurs de risque et l'exposition au risque, sont introduits. Finalement, les liens entre ces éléments sont établis.

1. Introduction.

La gestion de projet, une activité risquée

À tout moment, des projets de natures diverses sont en cours dans les entreprises. Développement d'applications informatiques, construction d'immeubles, conception de nouveaux produits et préparation d'offres de services en sont des exemples courants. La nature risquée de la conduite de projets est largement reconnue. En effet, aussi importants que soient les bénéfices visés par une organisation lorsqu'elle entreprend un projet, les dépassements de budget ou d'échéance, l'insatisfaction des clients du projet ou le manque de qualité des livrables peuvent diminuer et même

parfois réduire à néant les bénéfices escomptés. Par exemple, Lam (1999) rapporte qu'au Pakistan la construction d'une centrale électrique de 5,5 milliards de dollars n'aurait pas atteint le niveau de performance visé entraînant par le fait même des pertes électriques, lors des transmissions, de l'ordre de 33 %. Lam (1999) rapporte aussi qu'à Bangkok, la construction du « Second Stage Expressway » a été suspendue indéfiniment par les autorités après que 3,1 milliards de dollars eurent été investis dans la construction de cette autoroute.

La nature risquée de certains types de projet a été abondamment documentée (Chapman et Ward, 1997 ; Williams, 1995 ; Cooper et Chapman, 1987). Chapman et Ward (1997) ont établi une liste de domaines dont les projets présentent habituellement un haut niveau de risque :

- Défense militaire (plates-formes navales, systèmes d'armement et systèmes d'information) ;
- Développement de systèmes d'information civils ;
- Construction de centrales nucléaires ;
- Décontamination de centrales nucléaires ;
- Extraction minière en haute mer ;
- Développement de systèmes de sécurité pour les usines de traitement des eaux ;
- Projets de recherche et de développement ;
- Mise en marché de nouveaux produits ;
- Construction de centrales énergétiques ;
- Construction de barrages ;
- Développement aéronautique ;
- Construction d'avions commerciaux ;
- Construction de ponts et de tunnels ;
- Développement de systèmes d'information sécurisés pour les banques ;
- Etc.

Ce chapitre a pour objectif de présenter une démarche d'évaluation du risque de projet. Une telle évaluation, effectuée à partir du contexte et des caractéristiques propres à un projet donné, pourra être utile aux gestionnaires de projet dans leur recherche de mécanismes d'atténuation du risque.

La première partie du chapitre fait le rapprochement entre le modèle conceptuel d'intégration du risque présenté dans le chapitre 1 et le modèle conceptuel du risque en gestion de projet ; ce rapprochement est établi afin

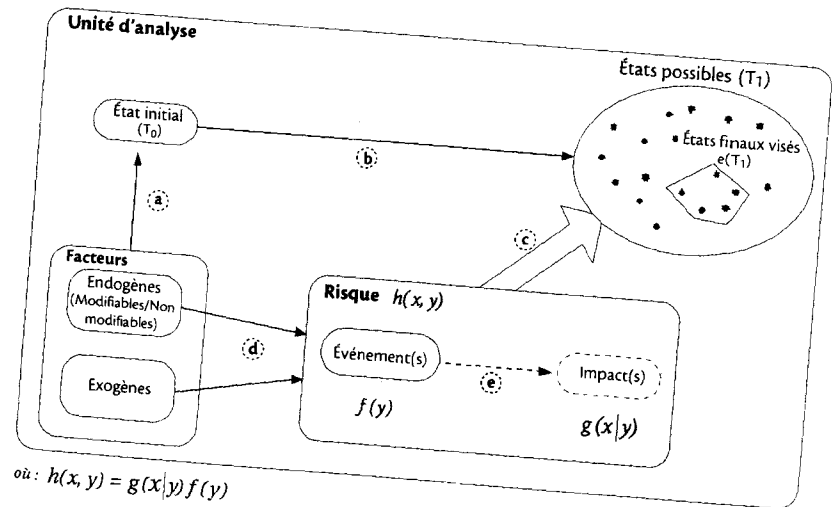
d'élaborer un tableau comparatif des définitions et du vocabulaire. Ce rapprochement est très semblable à celui décrit dans le chapitre 4, puisque les bases théoriques de l'évaluation du risque contractuel et du risque en gestion de projet sont les mêmes. La seconde partie décrit la démarche d'évaluation du risque en gestion de projet. Par rapport aux risques présents dans le chapitre 2 (risques financiers), le risque associé à la conduite de projets entrerait principalement dans la catégorie des risques opérationnels.

2. Modèle conceptuel d'intégration du risque vs modèle du risque en gestion de projet

Comme il a été discuté dans les chapitres précédents, plusieurs définitions du risque ont été avancées par la communauté scientifique. Par conséquent, il est important de spécifier la définition du risque et des concepts reliés qui sont employés lors de l'évaluation du risque. Il faut donc positionner le risque en gestion de projet par rapport au modèle conceptuel d'intégration du risque défini au début de cet ouvrage (figure 3.1).

FIGURE 3.1

Modèle conceptuel d'intégration du risque¹



où : $h(x, y) = g(x|y) f(y)$

$P[\text{Événement}] = F[\text{Facteur}_{\text{risque}_1}, \text{Facteur}_{\text{risque}_2}, \dots, \text{Facteur}_{\text{risque}_n}]$

$\text{Ampleur}[\text{Impact}] = F[\text{Facteur}_{\text{impact}_1}, \text{Facteur}_{\text{impact}_2}, \dots, \text{Facteur}_{\text{impact}_n}]$

- Légende :
- Ⓐ : Lien de description
 - Ⓑ : Lien temporel
 - Ⓒ : Liens temporels
 - Ⓓ : Lien d'influence
 - Ⓔ : Lien de causalité (optionnel)

Pour ce faire, un rapprochement sera établi entre les définitions de risque, d'exposition au risque, de résultat indésirable et de facteur de risque, sous-jacentes à l'évaluation du risque en gestion de projet, et celles sous-jacentes au modèle conceptuel d'intégration du risque. Le rapprochement qui sera présenté dans les lignes qui suivent est très semblable à celui exposé dans le prochain chapitre, soit celui portant sur le risque contractuel (chapitre 4). Cette ressemblance s'explique par le fait que les bases théoriques de l'évaluation du risque en gestion de projet sont pratiquement les mêmes que celles de l'évaluation du risque contractuel.

2.1 Risque et exposition au risque

Dans le modèle conceptuel d'intégration du risque (figure 3.1), le risque est défini comme la probabilité d'occurrence d'un événement et son impact sur une entité supportant le risque. Le risque en gestion de projet prend en compte tous les éléments du modèle conceptuel d'intégration du risque. Par contre, seules les déviations négatives (indésirables) par rapport aux états finaux visés sont considérées. Dans cette optique, la liste d'événements qui sera retenue pour fins d'analyse regroupe ceux qui ont un impact négatif sur les résultats.

Dans le domaine du risque en gestion de projet, on réfère à la notion d'exposition au risque (Barki *et al.*, 1993b). L'exposition au risque est définie comme suit (Boehm, 1989) :

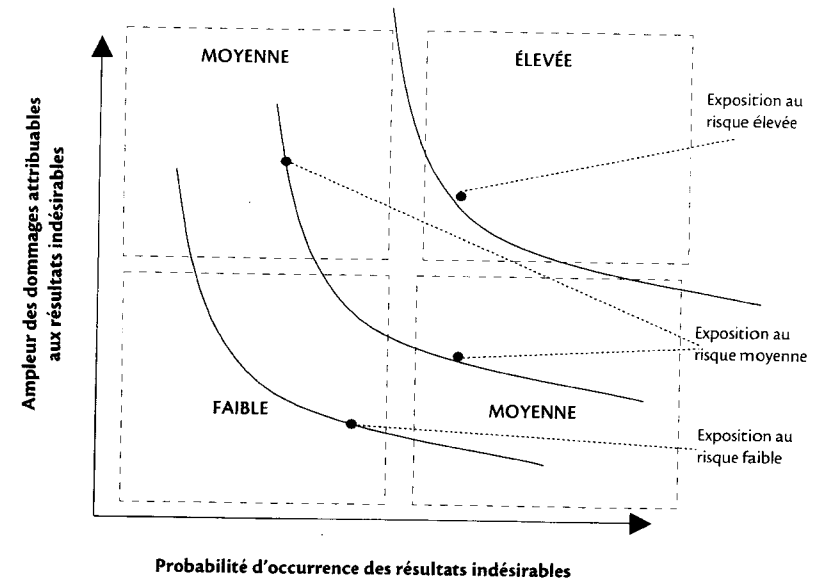
$$\text{Exposition au risque} = \sum_{i=1}^n P(RN_i) * A(RN_i) \quad (1)$$

où $P(RN_i)$ est la probabilité d'un résultat indésirable² i , et $A(RN_i)$ est l'ampleur de la perte due à un résultat indésirable i . Cette définition, à l'instar de celle proposée par la théorie classique sur le risque (Schoemaker, 1982), ne considère pas comme « risqués » les résultats positifs (désirables) par rapport à la situation initiale du gestionnaire. Les définitions de risque et d'exposition au risque se rapprochent l'une de l'autre puisque les éléments clés, soit probabilité d'occurrence et fonction de perte, sont à la base même de ces deux définitions. Par rapport à la figure 3.1, on voit bien que la définition de risque en gestion de projet s'attarde au sous-ensemble « négatif » des états possibles de la nature. Le risque contractuel (chapitre 4), le risque industriel majeur (chapitre 5), le risque en santé humaine (chapitre 6) ainsi que le risque environnemental (chapitre 7) s'attardent aussi au sous-ensemble négatif des états possibles de la nature.

La figure 3.2 représente graphiquement les notions d'exposition au risque, d'ampleur des dommages attribuables aux résultats indésirables (pertes) et de probabilité d'occurrence des résultats indésirables (Boehm, 1989). Les courbes du graphique représentent un niveau équivalent d'exposition au risque. De plus, les trois grandes zones de risque (c'est-à-dire

FIGURE 3.2

Carte d'exposition au risque



l'exposition au risque : élevée, moyenne ou faible), sont représentées par des cadres pointillés.

2.2 Résultat indésirable et événement

Dans le domaine du risque en gestion de projet, un résultat indésirable est défini comme un résultat non souhaité découlant de la réalisation d'un projet (Boehm, 1989). Cette définition se rapproche de celle d'événement énoncée dans le modèle conceptuel d'intégration du risque, soit un incident qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini. En contexte de gestion de projet, l'expression résultat indésirable est utilisée plutôt qu'événement puisqu'elle sous-entend la notion « d'écart avec les objectifs organisationnels », alors qu'événement décrit plutôt un fait se produisant dans un contexte donné, sans spécifier s'il y a eu un écart positif ou négatif par rapport aux attentes ou à l'état initial.

En contexte de gestion de projet, l'ampleur de la perte attribuable à un résultat indésirable $A(RN_i)$ représente les coûts tangibles (qui peuvent être traduits en termes monétaires) ou intangibles (qui ne peuvent être immédiatement évalués en termes monétaires) que l'organisation responsable du projet devrait assumer advenant l'occurrence de ce résultat indésirable.

Dans le modèle conceptuel d'intégration du risque, la notion d'ampleur de la perte correspond à la notion d'impact, c'est-à-dire une perte ou un gain, d'un événement sur un objectif de l'unité d'analyse. Par contre, en risque de gestion de projet, il faut se rappeler que seul l'effet négatif d'un résultat, soit la perte, est considéré.

2.3 Facteur de risque et ses variables

Dans le modèle conceptuel d'intégration du risque, la probabilité est définie comme la possibilité d'occurrence d'un événement ou d'un impact, évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1 ; elle est représentée par une fonction $f(X)$. Dans le domaine du risque de gestion de projet, la probabilité d'un résultat indésirable $P(RN_i)$ est définie comme la possibilité d'occurrence d'un résultat indésirable, évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1. Cette probabilité est estimée en évaluant certaines conditions de l'environnement interne ou externe du projet qui ont été identifiées comme ayant directement un effet sur l'occurrence de résultats indésirables.

Ces conditions de l'environnement sont en fait des facteurs de risque. En risque de gestion de projet, un facteur de risque est défini comme une condition de l'environnement interne ou externe d'un projet qui influence la probabilité d'occurrence d'un résultat indésirable (Barki *et al.*, 1993b). Cette définition correspond à celle exposée dans le modèle conceptuel d'intégration du risque, qui définit un facteur comme étant un objet concret ou abstrait qui peut affecter l'état de l'unité d'analyse. Ces facteurs de risque peuvent être exogènes ou endogènes. La définition de facteur de risque présentée dans le modèle conceptuel d'intégration du risque est une définition générique, alors que celle utilisée en risque de gestion de projet représente une application de cette définition à un domaine particulier, soit celui de la gestion de projet.

2.4 Comparaison entre le modèle conceptuel d'intégration du risque et le modèle conceptuel du risque en gestion de projet

Le tableau 3.1 se propose de faire ressortir les similitudes et les différences existant, en ce qui a trait aux termes utilisés et aux définitions, entre le modèle conceptuel d'intégration du risque et celui du risque en gestion de projet.

De plus, toujours dans l'objectif de faire ressortir les similitudes et les différences entre le modèle conceptuel d'intégration du risque (figure 3.1) et celui du risque en gestion de projet (figure 3.3), les deux modèles conceptuels sont présentés de la même façon, ce qui permet de mieux les comparer.

TABLEAU 3.1

Tableau comparatif des termes utilisés et des définitions

Modèle conceptuel d'intégration du risque			Correspondance dans le modèle conceptuel du risque en gestion de projet	
Termes	Définitions		Termes	Définitions
Risque	Probabilité d'occurrence d'un événement et son impact sur une entité.	▶	Exposition au risque	$\sum_{i=1}^n P(RN_i) \cdot A(RN_i)$
Événement	Un incident ou une situation qui survient à un endroit particulier durant un intervalle de temps défini.	▶	Résultat indésirable (RN)	Résultat non souhaité découlant de la réalisation d'un projet.
Impact	Effet, positif ou négatif, d'un événement sur une entité supportant le risque, évalué par la fonction g .	▶	Ampleur de la perte due à un résultat indésirable $[A(RN_i)]$	Envergure de la perte associée à ce résultat indésirable, celle-ci étant généralement exprimée de façon monétaire.
Probabilité	Possibilité d'occurrence d'un événement évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1 et représentée par la fonction f .	▶	Probabilité d'un résultat indésirable $[P(RN_i)]$	Possibilité d'occurrence d'un résultat indésirable évaluée quantitativement sur une échelle de 0 à 1.
Facteur de risque	Objet concret, ou abstrait, influençant la probabilité d'un événement et/ou l'impact d'un événement.	▶	Facteur de risque	Condition de l'environnement interne et externe à un projet qui influence la probabilité d'occurrence d'un résultat indésirable.

3. Démarche d'évaluation du risque en gestion de projet

3.1 Évaluation du risque en gestion de projet.

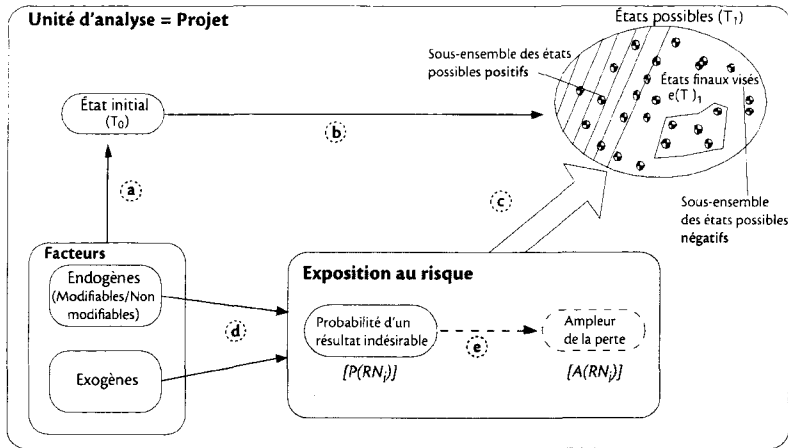
Approche par les facteurs de risque

L'approche proposée ici se base sur l'identification et l'évaluation des facteurs influençant l'occurrence des résultats indésirables dans une situation donnée (Aubert *et al.*, 1998 ; Barki *et al.*, 1993a ; Boehm, 1989). L'approche par facteurs proposée ici est très similaire à celle utilisée dans l'évaluation du risque contractuel (chapitre 4) et s'apparente à l'approche utilisée dans l'évaluation du risque industriel majeur (chapitre 5).

Une approche d'évaluation « qualitative » du risque plutôt que quantitative a été choisie puisque cette dernière présente deux importantes limites (Barki *et al.*, 1993b). Premièrement, dans certains cas, les distributions de probabilités des événements indésirables potentiels sont peu fiables et très difficiles à estimer. Deuxièmement, de par sa nature, le

FIGURE 3.3

Modèle conceptuel du risque en gestion de projet



où :

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

$P(RN_i)$ = Probabilité d'un résultat indésirable i

$A(RN_i)$ = Ampleur de la perte due à un résultat indésirable i

Légende :

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

risque n'existe pas de façon absolue, il est subjectif : « *It is a subjective thing - it depends upon who is looking* » (Kaplan et Garrick, 1981, p. 12).

L'évaluation du risque en gestion de projet est donc réalisée à partir d'une liste des principaux résultats indésirables ainsi que d'une liste des principaux facteurs de risque préalablement identifiés (Bourdeau *et al.*, 2003). Ces listes sont basées sur les travaux réalisés par Barki *et al.* (1993b). Dans leur étude, Barki *et al.* (1993b) ont identifié une liste de résultats indésirables ainsi qu'une liste de facteurs de risque associés au risque en gestion de projet d'informatisation. Ces listes ont été validées par une étude qui portait sur l'analyse de 120 projets d'informatisation. Elles ont servi de base aux travaux de généralisation des connaissances sur l'évaluation du risque en gestion de projet d'informatisation et à l'évaluation du risque en gestion de projet en général. Suite à une revue de littérature et à une analyse exploratoire, ces listes de facteurs de risque et de résultats indésirables ont été élargies afin de permettre l'évaluation, non seulement du risque en gestion de projet d'informatisation, mais à l'évaluation du risque en gestion de projet en général. L'évaluation de ces facteurs de risque ainsi que de ces résultats indésirables est établie à partir de jugements émis par les différents gestionnaires et experts impliqués.

3.2 Résultat indésirable. Une liste et des explications

Tel que mentionné précédemment, un résultat indésirable est un événement négatif qui peut survenir lors de la réalisation d'un projet. Il entraîne généralement une ou plusieurs pertes représentant un coût pour l'organisation. Ces pertes peuvent se matérialiser de plusieurs façons. Par exemple, un projet peut avoir donné les résultats escomptés en termes de qualité/performance (p. ex. : la construction d'un pont solide et avec une capacité suffisante, le développement d'un système d'information qui possède toutes les fonctionnalités attendues, etc.) mais à un coût beaucoup plus élevé que prévu. Inversement, un projet peut avoir respecté les délais et budgets prescrits mais n'avoir pas atteint les objectifs visés. Les résultats indésirables³ associés à la gestion de projet qui ont été identifiés sont : le dépassement du budget alloué, le dépassement de l'échéancier, le non-respect du niveau de qualité/performance des livrables ainsi que l'abandon du projet (tableau 3.2).

3.2.1 Dépassement du budget

Le dépassement des coûts correspond à une consommation de ressources financières plus importante que la consommation qui était initialement prévue. Il peut arriver qu'un projet dépasse le budget de manière si importante qu'une décision de suspendre ou d'abandonner le projet soit prise.

3.2.2 Dépassement de l'échéancier

Le dépassement de l'échéancier est un dépassement de la période de temps du projet initialement allouée pour sa réalisation. Le non-respect de l'échéancier peut avoir des impacts majeurs, surtout en présence de dates butoirs critiques. On peut penser à un stade qui ne serait pas prêt pour les Jeux Olympiques.

TABEAU 3.2

Résultats indésirables

Résultats indésirables
- Dépassement du budget
- Dépassement de l'échéancier
- Non-respect du niveau de qualité/performance
- Abandon du projet

3.2.3 Non-respect du niveau de qualité/performance

Le non-respect du niveau de qualité/performance établi pour un projet peut affecter à la fois l'exécution du travail et les extrants du projet.

3.2.3 Abandon du projet

L'abandon du projet correspond à un arrêt du projet avant même que celui-ci ne soit terminé ou que les objectifs préalablement établis ne soient atteints. Un dépassement des budgets, un dépassement de l'échéancier, un non-respect du niveau de qualité/performance peuvent tous entraîner des abandons de projet. Par contre, ce ne sont pas les seules raisons. Un cas de force majeure, un accident, une poursuite, etc. sont tous des motifs qui peuvent, dans certains cas, entraîner l'abandon d'un projet.

3.3 Impacts de résultats indésirables

Un résultat indésirable peut avoir divers types d'impacts sur une organisation qui conduit un projet. Ces impacts, mineurs ou majeurs, représentent l'ampleur des pertes associées à la matérialisation des résultats indésirables. Le niveau de difficulté rattachée à la mesure d'un impact varie selon le résultat indésirable à l'étude. Ainsi, l'impact du résultat indésirable de dépassement du budget est « relativement » facile à mesurer. En effet, un dépassement de budget est généralement mesuré en dollars et les gestionnaires sont à même de mesurer la gravité du dépassement en considérant l'ampleur de celui-ci.

Les impacts associés aux autres résultats indésirables sont toutefois beaucoup plus difficiles à évaluer étant donné leur nature intangible. Afin de faciliter ce travail, une liste de onze zones d'impacts a été établie par Barki *et al.* (1993b). Il est possible de supposer que chaque résultat indésirable peut avoir des effets négatifs sur une ou plusieurs de ces onze zones « organisationnelles ». Cela suppose que chacun des trois résultats indésirables non financiers (dépassement de l'échéancier, non-respect du niveau de qualité/performance, abandon du projet) peut se matérialiser parmi une ou plusieurs des onze zones d'impacts présentées dans le tableau 3.3.

3.4 Facteurs de risque. Une liste et des explications

L'évaluation des résultats indésirables et de leurs impacts permet de connaître l'ampleur des problèmes auxquels pourrait faire face une organisation en amorçant un projet. Toutefois, puisque ces résultats indésirables ne se matérialiseront probablement pas tous, il importe d'estimer la probabilité d'occurrence de chacun. Pour ce faire, on adopte une approche qui consiste en l'identification de facteurs (c'est-à-dire des

TABLEAU 3.3

Impacts des résultats indésirables

Impacts des résultats indésirables (Barki <i>et al.</i> , 1993b)
- Qualité des relations avec la clientèle
- Santé financière
- Réputation des départements impliqués dans le projet
- Profitabilité
- Position concurrentielle
- Efficacité organisationnelle
- Image de l'organisation
- Survie de l'organisation
- Part de marché
- Réputation des départements « usagers » du projet
- Capacité d'effectuer les opérations courantes

sources de risque) dont la présence peut faire augmenter la probabilité d'occurrence d'un résultat indésirable. Cette approche fournit une appréciation qualitative de la probabilité puisque la distribution est inconnue. Les facteurs de risque recensés en contexte de gestion de projet sont présentés dans les paragraphes qui suivent (l'annexe de ce chapitre présente une vision d'ensemble des facteurs).

3.4.1 Facteur 1 : risque technologique

Ce facteur regroupe les variables reliées à l'aspect technologique d'un projet. Le facteur *risque technologique* comprend non seulement les aspects de nouveauté technologique, mais aussi tous les aspects d'un projet se référant à la technologie au sens large du terme (tableau 3.4). La technologie peut être considérée à la fois comme le livrable du projet ou un outil servant à réaliser le livrable.

3.4.2 Facteur 2 : taille du projet

Ce facteur réunit les variables reliées à la taille et/ou à l'étendue d'un projet. Le facteur taille du projet correspond à l'envergure, en termes de ressources nécessaires à la réalisation du livrable, et à l'ampleur administrative du projet. Le facteur taille du projet inclut non seulement l'objet du projet mais aussi les aspects l'entourant et permettant de déterminer la taille et/ou l'étendue d'un projet (tableau 3.5).

TABLEAU 3.4

Facteur 1. Risque technologique et ses variables sous-jacentes

1. Risque technologique
- Besoins de nouveau matériel
- Besoins de nouveaux logiciels
- Nombre de fournisseurs de matériel
- Nombre de fournisseurs de logiciel
- Nombre d'utilisateurs en dehors de l'organisation
- Niveau de performance de la technologie
- Discontinuité technologique

TABLEAU 3.5

Facteur 2. Taille du projet et ses variables sous-jacentes

2. Taille du projet
- Nombre de personnes sur l'équipe
- Grandeur relative du projet
- Diversité sur l'équipe
- Nombre d'utilisateurs dans l'organisation
- Nombre d'utilisateurs en dehors de l'organisation
- Nombre de niveaux hiérarchiques occupés par les utilisateurs
- Durée du projet

3.4.3 Facteur 3 : expérience et expertise

Ce facteur regroupe les variables reliées à l'expérience et à l'expertise des intervenants dans un projet : la direction du projet, l'équipe du projet, les contractants, les agents externes, le client. Le facteur *expérience et expertise* inclut non seulement l'expertise, c'est-à-dire les connaissances et les compétences de chacun des membres, mais aussi l'expérience, c'est-à-dire la capacité de discernement, d'intuition et de savoir-faire de chacun des intervenants dans un projet (tableau 3.6).

TABLEAU 3.6

Facteur 3. Expérience et expertise et ses variables sous-jacentes

3. Expérience et expertise
- Expérience et expertise des membres de l'équipe de projet
- Expérience et expertise des contractants/agents externes/intervenants externes
- Expérience et expertise du client
- Expérience et expertise de l'équipe de direction du projet

TABLEAU 3.7

Facteur 4. Complexité du livrable et ses variables sous-jacentes

4. Complexité du livrable
- Complexité technique
- Nombre de liens avec les systèmes existants
- Nombre de liens avec les systèmes futurs

3.4.4 Facteur 4 : complexité du livrable

Les variables reliées à la complexité technique du livrable d'un projet constituent le quatrième facteur. Le facteur *complexité du livrable* inclut tous les livrables pouvant être générés par un projet (tableau 3.7).

3.4.5 Facteur 5 : environnement organisationnel

Ce facteur comprend les variables liant les livrables ou l'équipe au projet. Le facteur *environnement organisationnel* inclut les éléments organisationnels qui peuvent affecter un projet (tableau 3.8). Certaines de ces caractéristiques de l'environnement organisationnel peuvent être gérées par la direction du projet, tel que le manque de clarté dans la définition des rôles. Toutefois, certaines sont plus difficilement influençables par la direction du projet, telles que la présence de conflits et l'insuffisance des ressources.

TABLEAU 3.8

Facteur 5. Environnement organisationnel et ses variables sous-jacentes

5. Environnement organisationnel
- Étendue des changements
- Insuffisance des ressources
- Harmonie dans le projet (conflits)
- Manque de clarté dans la définition des rôles
- Complexité des tâches

TABLEAU 3.9

Facteur 6. Complexité du projet et ses variables sous-jacentes

6. Complexité du projet
- Conditions physiques reliées au site (géologie, hydrologie, géographie, etc.)
- Présence ou utilisation de matières dangereuses
- Préoccupations reliées à la santé et à la sécurité
- Difficultés à rencontrer les obligations et les exigences légales
- Présence de plusieurs groupes d'intérêts

3.4.6 Facteur 6 : complexité du projet

Ce facteur rassemble les variables associées aux caractéristiques du projet qui ne sont pas sous l'influence directe des membres de l'équipe, ou qui sont des caractéristiques intrinsèques du livrable (tableau 3.9).

3.4.7 Facteur 7 : conditions exogènes

Ce facteur réunit les variables qui prennent en considération les caractéristiques de l'environnement extérieur au projet pouvant influencer l'occurrence des résultats indésirables (tableau 3.10).

3.4.8 Facteur 8 : caractéristiques des agents externes

Ce facteur rassemble les variables associées aux caractéristiques, autres que l'expérience et l'expertise, des agents externes (tableau 3.11).

TABLEAU 3.10

Facteur 7. Conditions exogènes et ses variables sous-jacentes

7. Conditions exogènes
- Risques politiques
- Risques économiques et financiers
- Risques de marché
- Risques sociaux/domestiques
- Forces majeures/Météorologie
- Environnement légal/restrictions légales/obligations légales
- Risques écologiques/environnementaux

TABLEAU 3.11

Facteur 8. Caractéristiques des agents externes et ses variables sous-jacentes

8. Caractéristiques des agents externes
- Stabilité financière des agents externes
- Efficacité des agents externes
- Niveau de dépendance par rapport aux agents externes

L'attribution d'une valeur à un facteur de risque, c'est-à-dire le degré de présence d'un facteur dans le projet, se fait par l'agrégation des résultats de chacun de ses items sous-jacents. Généralement, cette valeur sera établie par le jugement d'experts ainsi que par l'utilisation d'échelles de cotation. Ce type d'évaluation s'apparente quelque peu à l'approche déterministe suivie en risque industriel majeur (chapitre 5) où les jugements d'experts et les échelles de cotation sont aussi utilisés. Le résultat de cette agrégation est transposé sur une échelle standardisée qui permet de comparer le niveau de chacun des facteurs.

3.5 Liens entre résultats indésirables et facteurs de risque : estimation des probabilités d'occurrence

L'évaluation des résultats indésirables et des probabilités associées permet ultimement de tracer la carte d'exposition au risque. La gestion des risques pourra, éventuellement, être faite à partir de cette dernière. Pour tracer cette

carte d'exposition, il est nécessaire, dans un premier temps, d'établir les probabilités d'occurrence de chacun des résultats indésirables. Ces probabilités sont obtenues à partir de l'agrégation des évaluations réalisées pour chacun des facteurs de risque. Un même facteur de risque pourra influencer la probabilité d'occurrence de plusieurs résultats indésirables. Cette approche par facteurs permet d'estimer des probabilités d'occurrence qui soient les plus justes possibles et qui tiennent compte des caractéristiques particulières de chaque projet. La figure 3.4 permet de visualiser cette approche.

Pour évaluer le risque en gestion de projet, les liens existants entre les facteurs de risque et les résultats indésirables ont été identifiés. Ces liens ont été déterminés au terme d'une revue de littérature, mais n'ont été que partiellement validés empiriquement. Cette revue de littérature a permis d'établir une liste des facteurs augmentant la probabilité de réalisation de chaque résultat indésirable. L'absence d'un facteur ne veut pas nécessairement dire qu'il n'a aucune influence sur un résultat donné. Toutefois, les

FIGURE 3.4

Liens entre facteurs de risque et résultats indésirables

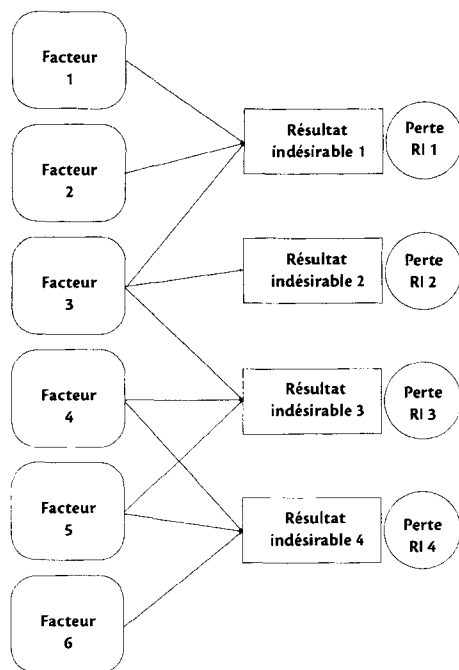


TABLEAU 3.12

Résultats indésirables et facteurs de risque associés

Résultats indésirables et facteurs de risque associés
Dépassement du budget <ul style="list-style-type: none"> - Risque technologique - Taille du projet - Expérience et expertise - Complexité du livrable - Environnement organisationnel - Complexité du projet - Conditions exogènes - Caractéristiques des agents externes
Dépassement de l'échéancier <ul style="list-style-type: none"> - Risque technologique - Taille du projet - Expérience et expertise - Complexité du livrable - Environnement organisationnel - Complexité du projet - Conditions exogènes - Caractéristiques des agents externes
Non-respect du niveau de qualité/performance <ul style="list-style-type: none"> - Risque technologique - Expérience et expertise - Conditions exogènes - Caractéristiques des agents externes
Abandon du projet <ul style="list-style-type: none"> - Risque technologique - Expérience et expertise - Environnement organisationnel - Conditions exogènes

résultats montrent que ce sont les facteurs présents sur la liste qui ont une influence prédominante. La liste des facteurs de risque ayant un effet sur chacun des résultats indésirables est présentée dans le tableau 3.12.

Une fois les facteurs de risque évalués, il s'agit de calculer, à partir des résultats présentés dans ce tableau, la moyenne des cotes attribuées aux facteurs associés à chacun des résultats indésirables. Le calcul de ces moyennes permet de qualifier la probabilité d'occurrence de chacun des résultats.

3.6 Évaluation des pertes associées aux résultats indésirables

Dans un second temps, il est nécessaire d'évaluer les pertes associées à l'éventuelle matérialisation des résultats indésirables, c'est-à-dire la gravité de l'impact organisationnel. Généralement, on tentera de quantifier monétairement la gravité de l'impact afin de comparer le niveau de chacune des pertes associées aux résultats indésirables.

L'évaluation des pertes attribuées aux résultats indésirables nécessite un travail ardu et aucun outil n'a encore été développé. Afin de faciliter ce travail, il est proposé d'utiliser la liste des onze zones d'impacts présentée plus haut. Il est possible de supposer que chaque résultat indésirable peut avoir, à travers une ou plusieurs des formes de matérialisation, des effets négatifs sur l'organisation.

3.7 Production de la carte d'exposition au risque

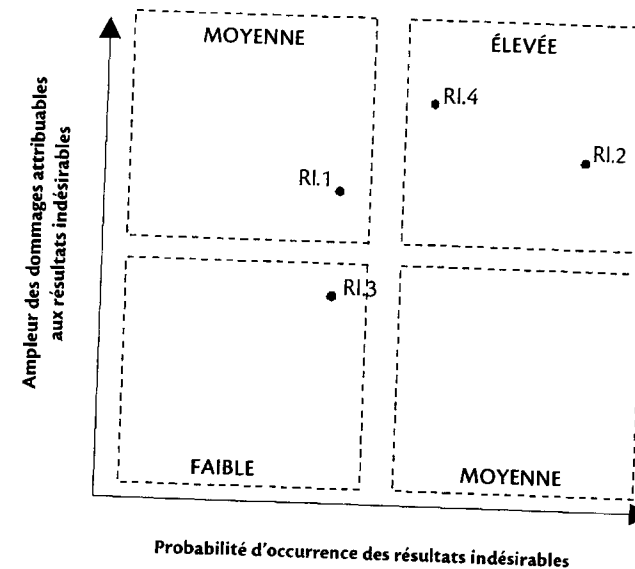
Lorsque l'évaluation des probabilités d'occurrence et l'évaluation des pertes associées à chacun des résultats indésirables sont complétées, la carte d'exposition au risque peut ensuite être créée. La figure 3.5 présente la carte d'exposition au risque en gestion de projet pour un cas fictif. Les résultats indésirables dont le degré d'exposition au risque est le plus élevé sont le dépassement de l'échéancier (RI.2) et l'abandon de projet (RI.4). La carte d'exposition au risque, qui est aussi utilisée dans l'évaluation du risque contractuel (chapitre 4), s'apparente à la matrice de hiérarchisation du risque qui est utilisée en risque industriel majeur (chapitre 5).

3.8 La gestion du risque au moyen de la carte d'exposition au risque

Bien que l'évaluation de l'exposition au risque liée à la gestion d'un projet soit importante, elle n'est pas suffisante pour assurer le succès du projet. Il importe aussi de mettre en application des mécanismes d'atténuation du risque qui ont pour but d'empêcher l'occurrence de résultats indésirables identifiés et d'en diminuer les impacts, fussent-ils se matérialiser malgré tout. La carte d'exposition au risque est un outil de gestion de risque visuel qui permet d'avoir une vue d'ensemble des risques associés au projet et qui permet de déterminer les risques à gérer en priorité par rapport aux ressources qui seront déployées.

FIGURE 3.5

Carte d'exposition au risque en gestion de projet — cas fictif



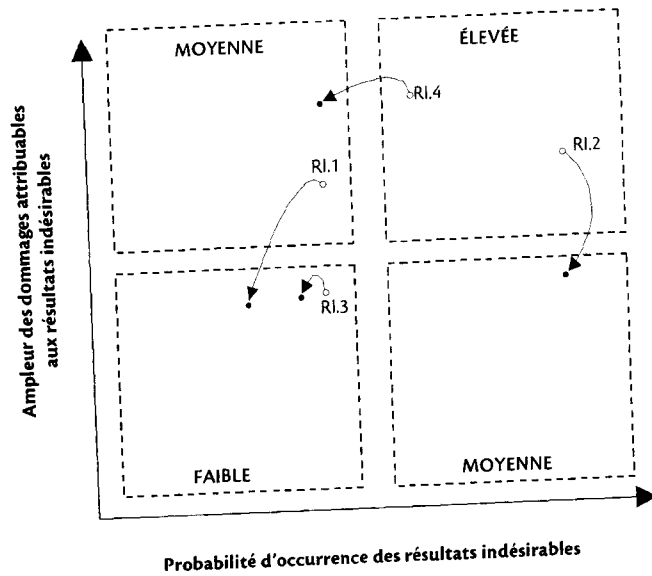
RI.1. Dépassement du budget
 RI.2. Dépassement de l'échéancier
 RI.3. Non-respect du niveau de qualité/performance
 RI.4. Abandon du projet

Trois stratégies peuvent être adoptées pour gérer le risque : la mitigation, la déflexion et l'établissement de plans de contingence.

1. La mitigation concerne les mesures prises pour réduire la probabilité d'occurrence d'un résultat indésirable. Par exemple, dans un projet, une mesure de mitigation peut être de dispenser des séances de formation supplémentaires aux membres de l'équipe de projet. Ces efforts viennent donc réduire un facteur de risque important. Ces séances réduisent la probabilité d'occurrence des événements associés à ce facteur.
2. La déflexion consiste à modifier la direction des impacts (pertes) découlant de l'occurrence d'un résultat indésirable. Par exemple, le risque peut être transféré, en tout ou en partie, en signant un contrat d'assurance. Ces contrats d'assurance transfèrent le risque à l'assureur, en échange du paiement d'une prime fixe.
3. L'établissement d'un plan de contingence consiste à prendre des mesures ayant pour but de diminuer l'impact d'un résultat indésirable. Par exemple, une organisation pourrait établir un plan de rechange advenant l'abandon du projet. Il est également possible de prévoir des plans de relève advenant un sinistre.

FIGURE 3.6

Carte d'exposition au risque en gestion de projet APRÈS gestion du risque — cas fictif



- RI.1. Dépassement du budget
- RI.2. Dépassement de l'échéancier
- RI.3. Non-respect du niveau de qualité/performance
- RI.4. Abandon du projet

La figure 3.6 présente une carte d'exposition au risque après que certains mécanismes d'atténuation aient été appliqués. Dans cet exemple, on constate que des mécanismes de mitigation ont été appliqués au résultat indésirable 4, alors que des mécanismes de contingence ont été mis en place pour diminuer l'impact potentiel du résultat indésirable 2. Les gestionnaires peuvent ainsi modifier leur exposition au risque pour la ramener à un niveau acceptable. Il faut bien comprendre que l'implantation de ces mesures n'est pas gratuite. Le gestionnaire accepte d'encourir ces coûts (certains) pour réduire le niveau de risque (incertain) auquel son organisation est exposée.

4. Conclusion

De par sa nature, la gestion de projet est une activité indéniablement risquée. S'il est vrai que le seul fait de procéder à une évaluation de l'exposi-

tion au risque d'un projet est un premier pas vers son atténuation, puisque l'on connaît les défis à relever, alors la liste de facteurs de risque établie et la démarche d'évaluation présentées devraient contribuer à aider les gestionnaires à gérer les risques. Dans le présent chapitre, une méthode d'évaluation du risque, qui peut être appliquée aux projets entrepris dans plusieurs sphères de l'activité économique, a été proposée. Cette méthode générique permet l'identification des résultats indésirables propres à chacun des domaines. L'évaluation des probabilités d'occurrence de ces résultats indésirables s'effectue à partir de facteurs de risque qui ont été observés dans des projets à travers une multitude d'industries. Tout en permettant une analyse globale du risque d'un projet, elle permet l'identification des zones d'intervention à privilégier de la part de la direction d'un projet. Les méthodes quantitatives d'évaluation du risque de projet omettent généralement l'évaluation des résultats indésirables intangibles pouvant survenir. Finalement, cette méthode a l'avantage d'être simple à implanter, comparativement aux méthodes plus quantitatives.

Annexe 1 : Facteurs de risque et variables sous-jacentes

1. Risque technologique
<ul style="list-style-type: none"> - Besoin de nouveau matériel - Besoin de nouveaux logiciels - Nombre de fournisseurs de matériel - Nombre de fournisseurs de logiciels - Nombre d'utilisateurs en dehors de l'organisation - Niveau de performance de la technologie - Discontinuité technologique
2. Taille du projet
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de personnes sur l'équipe - Grandeur relative du projet - Diversité sur l'équipe - Nombre d'utilisateurs dans l'organisation - Nombre d'utilisateurs en dehors de l'organisation - Nombre de niveaux hiérarchiques occupés par les utilisateurs - Durée du projet
3. Expérience et expertise
<ul style="list-style-type: none"> - Expérience et expertise des membres de l'équipe de projet - Expérience et expertise des contractants/agents externes/intervenants externes - Expérience et expertise du client - Expérience et expertise de l'équipe de direction du projet
4. Complexité du livrable
<ul style="list-style-type: none"> - Complexité technique - Nombre de liens avec les systèmes existants - Nombre de liens avec les systèmes futurs
5. Environnement organisationnel
<ul style="list-style-type: none"> - Étendue des changements - Insuffisance des ressources - Harmonie dans le projet (conflits) - Manque de clarté dans la définition des rôles - Complexité des tâches

Annexe 1 : Facteurs de risque et variables sous-jacentes (suite)

6. Complexité du projet
<ul style="list-style-type: none"> - Conditions physiques reliées au site (géologie, hydrologie, géographie, etc.) - Présence ou utilisation de matières dangereuses - Préoccupations reliées à la santé et à la sécurité - Difficultés à rencontrer les obligations et les exigences légales - Présence de plusieurs groupes d'intérêts
7. Conditions exogènes
<ul style="list-style-type: none"> - Risques politiques - Risques économiques et financiers - Risques de marché - Risques sociaux/domestiques - Forces majeures/Météorologie - Environnement légal/restrictions légales/obligations légales - Risques écologiques/environnementaux
8. Caractéristiques des agents externes
<ul style="list-style-type: none"> - Stabilité financière des agents externes - Efficacité des agents externes - Niveau de dépendance par rapport aux agents externes

Notes

1. Le modèle conceptuel d'intégration du risque présenté ici est le même modèle que celui présenté dans le chapitre 1 (figure 1.1).
2. Résultat indésirable est une traduction de l'expression « *unsatisfactory outcome* » utilisée par Boehm (1989). D'autres auteurs utilisent des expressions tels conséquence indésirable, événement indésirable, etc. L'expression résultat indésirable a été utilisée puisqu'elle sous-entend « l'écart avec les objectifs organisationnels ».
3. Ces résultats indésirables ont été identifiés à la suite d'une recension détaillée d'écrits en gestion de projet. Ainsi, 57 articles provenant des domaines du développement de systèmes d'information, de la construction (centrale nucléaire, barrage, pont, pipeline), du développement de produits, de l'aéronautique, etc. ont été consultés.

Bibliographie

- ALQUIERS, A.M., CAGNO, E., CARON, V., LEPOULOS V. et RIDAO, M.A. (2000). « Analysis of external and internal risks in project early phase », *Proceeding of PMI Research Conference 2000, Paris, France, June 21 to 24*, p.147-155.
- ALTER, S. (1979). « Implementation risk analysis », *TIMS Studies in Management Sciences*, vol. 13, n° 2, avril.
- ARNETT, M. et DAELLENBACH, U. (1994). « Critical success factors for major projects », *Project Management Institute, 25th Annual Seminar/Symposium, Vancouver, Canada, October 17 to 19*, p.168.
- AUBERT, B.A., PATRY, M. et RIVARD, S. (1998). « Assessing the risk of IT outsourcing », *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences*, p. 685-693.
- BACCARINI, D. et ARCHER, R. (2001). « The risk ranking of project a methodology », *International Journal of Project Management*, vol.19, p. 139-145.
- BAKER, B., MURPHY, N., DAVID, C. et FISHER, D. (1988). « Factor affecting project success », dans David I. CLELAND et William R. KING (dir.). *Project Management Handbook*. 2^e édition. New York, Van Nostrand Reinhold.
- BARKI, H., RIVARD, S. et TALBOT, J. (2001). « An integrative contingency model of software project risk management », *Journal of Management Information Systems*, vol. 17, n° 4, p. 37-69.
- BARKI, H., RIVARD, S. et TALBOT, J. (1993a). « Perspective and methods in risk assessment », *Cahier GRESI*, n° 93-07, septembre.
- BARKI, H., RIVARD, S. et TALBOT, J. (1993b). « Toward an assessment of software development risk », *Journal of Management Information Systems*, vol. 10, n° 2, p. 203-225.
- BERNARD, J.-G., AUBERT, B.A., BOURDEAU, S., CLÉMENT, É., DEBUISSY, C., DUMOULIN, M.-A., LABERGE, M., DE MARCELLIS-WARIN, N. et PEIGNIER, I. (2002). « Le risque : un modèle conceptuel d'intégration », Rapport de projet, CIRANO, n° 2002RP-16.
- BERNARD, J.-G. (2002). *La mesure du risque d'un projet d'implantation de progiciels de gestion intégrée*, avec la collaboration de Suzanne Rivard (directrice) et Benoit A. Aubert (lecteur), Henri Barki (lecteur). Mémoire, HEC Montréal.
- BOEHM, B.W. (1989). *Tutorial : Software Risk Management*, Washington, DC., IEEE Computer Society Press.
- BOEHM, B.W. (1991). « Software Risk Management : principles and practices », *IEEE Software*, vol. 8, n° 1, p. 32-41.
- BOURDEAU, S., RIVARD, S. et BARKI, H. (2003). « Évaluation des risques en gestion de projet », *Cahier Scientifique CIRANO*, 2003s-47, CIRANO.
- BRYSON, J.M. et BROMILEY, P. (1993). « Critical factors affecting the planning and implementation of major projects », *Strategic Management Journal*, vol. 14, p. 319-337.
- CHARETTE, R.N. (1989). *Software Engineering Risk Analysis and Management*, New York, McGraw-Hill.
- CHAPMAN, R.J. (2001) « The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management », *International Journal of Project Management*, vol. 19, p. 147-160.
- CHAPMAN, C. et WARD, S. (1997). *Project Risk Management : Processes, Techniques and Insights*, Chischster, John Wiley & Sons.
- CLARK, R.C., PLEDGER, M. et NEEDLER, H.M.J. (1990) « Risk analysis in the evaluation of non-aerospace project », *International Journal of Project Management*, vol. 8, n° 1, p. 17-24.
- COOPER, D.F. et CHAPMAN, C.B. (1987). *Risk Analysis for Large Projects : Models, Methods and Cases*, Chischster, John Wiley & Sons.
- DATTA, S. et MUKHERJEE, S.K. (2001). « Developing a risk management matrix for effective project planning - an empirical study », *Project Management Journal*, vol. 32, n° 2, p. 45-57.
- DEY, P.K. (2001). « Decision support system for risk management : A case study », *Management Decision*, vol. 39, n° 8, p. 634-649.
- ELKINGTON, P. et SMALLMAN, C. (2002). « Managing project risk : A case study from the utilities sector », *International Journal of Project Management*, vol. 20, p. 49-57.
- FRANKE, A. (1987). « Risk analysis in project management », *International Journal of Project Management*, vol. 5, n° 1, p. 29-34.
- FRANTZ, E.W. (1990). « Systematic risk management impacts hybrid system project », *Project Management Institute, Annual Seminar/Symposium, Calgary, Canada, October*, p. 275-286.
- GEROSA, S. et NASINI, F. (2001). « Project financing and risk management : a new challenge for program management in the space industry of the third millennium ». Presented at the fourth European Project Management Conference, PMI Europe 2001, London UK, 6-7 June 2001 *PMI Risk Management SIG*. (En ligne : www.risksig.com.)
- GLOVER, M. (1994). « The effects of risk management on the leadership process », *Project Management Institute, 25th Annual Seminar/Symposium, Vancouver, Canada, October 17 to 19*, p. 729-733.
- HACKMAN, J.R. et OLDHAM, G.R. (1976). « Motivation through the design of work : Test of theory », *Organizational Behavior and Human Performance*, vol. 16, p. 250-279.
- HACKMAN, J.R. et OLDHAM, G.R. (1980). *Work redesign*. Reading (MA), Addison-Wesley.
- HALMAN, J.I.M., KEIZER, J.A. et SONG, M. (2001). « Risk factors in production innovation project », conférence « The Future of Innovation Studies », *Eindhoven Centre for Innovation Studies*, septembre.

- HULETT, D. T. *et al.* (2001). « Revised Exposure draft from the risk management SIG Committee », *PMI Risk Management SIG*. (En ligne : www.risksig.com.)
- HULL, J.K. (1990). « Application of risk analysis techniques in proposal assessment », *International Journal of Project Management*, vol. 8, n° 3, p. 152-157.
- IRELAND, L.R. et SHIRLEY, V.D. (1986). « Measuring risk in the project environment », dans *Measuring Success, Proceeding of the 18th Annual Seminar / Symposium of the Project Management Institute*, Montréal, Canada, septembre, p. 150-156.
- JAAFARI, A. (2001). « Management of risks, uncertainty and opportunities on projects : time for fundamental shift », *International Journal of Project Management*, vol. 19, p. 89-101.
- JIANG, J.J., KLEIN, G. et SELWYN, E. (2002). « A measure of software development risk », *Project Management Journal*, vol. 33, n° 3, p. 30-41.
- JIANG, J.J., KLEIN, G. et MEANS, T. (2000). « Project risk impact on software development team performance », *Project Management Journal*, vol. 31, n° 4, p. 19-26.
- KARTAM, N.A. et KARTAM, N.A. (2001). « Risk and its management in the Kuwaiti construction industry : A contractor's perspective », *International Journal of Project Management*, vol. 19, p. 325-335.
- KAPLAN, S. et GARRICK, J.B. (1981). « On the quantitative definition of risk », *Risk Analysis*, vol. 1, n° 1, p. 11-27.
- KEIL, M., CULE, P., LYYTINEN, K. et SCHMIDT, R.C. (1998). « A framework for identifying software project risks », *Communications of the ACM*, vol. 41, n° 11, p. 76-83.
- KERZNER, H. (2001). « Risk Management - Chapter 17 », *Project Management : A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*, 7^e édition, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- KNUTSON, J. (1993). « Risk management », *Project Management Institute, 24th Annual Seminar/Symposium, San Diego, California, October 1-7*, p. 204-209.
- LAM, P.T.I. (1999). « A sectoral review of risks associated with major infrastructure projects », *International Journal of Project Management*, vol. 17, n° 2, p. 77-87.
- LAW, K.S., WONG, C. et MOBLEY, W.H. (1998). « Toward a taxonomy of multidimensional constructs », *Academy of Management Review*, vol. 23, n° 4, p. 741-755.
- MACFARLAN, F.W. (1981). « Portfolio approach to information systems », *Harvard Business Review*, vol. 59, n° 5, p. 142-150.
- MARTIN, J.E. (1994). « Revolution, risk, runaways : Three Rs of IS project », *Project Management Institute, 25th Annual Seminar/Symposium, Vancouver, Canada, October 17 to 19*, p. 266-272.
- MILLER, R. et LESSARD D. (2001). « Understanding and managing risks in large engineering projects », *International Journal of Project Management*, vol. 19, p. 437-443.
- MILLS, A. (2001). « A systematic approach to risk management for construction », *Structural Survey*, vol. 19, n° 5, p. 245-252.
- MORCOS, A. (2001). « Risk management critical to effective project development », *Power Engineering*, vol. 105, n° 5, p. 45-48.
- NOONAN, F. et THAMHAIN, H. (1986). « Identifying and assessing risk for projects », dans *Measuring Success, Proceeding of the 18th Annual Seminar / Symposium of the Project Management Institute*, Montréal, Canada, septembre, p. 173-176.
- REYERS, J. et MANSFIELD, J. (2001). « The assessment of risk conservation refurbishment projects », *Structural Survey*, vol. 19, n° 5, p. 238-244.
- SALAPATAS, J.N. et SWALE, W.S. (1986). « Measuring success or utility projects past, present and future », dans *Measuring Success, Proceeding of the 18th Annual Seminar / Symposium of the Project Management Institute*, Montréal, Canada, septembre, p. 67-76.
- SCHMIDT, R., LYYTINEN, K., KEIL, M. et CULE, P. (2001). « Identifying software project risks : An international Delphi study », *Journal of Management Information Systems*, vol. 17, n° 4, p. 5-36.
- SCHOEMAKER, P.J.H. (1982). « The expected utility model : Its variants, Purposes, evidence and limitations », *Journal of Economic Literature*, n° 20, p. 529-563.
- TUMAN Jr., J.P.E. (1994). « Project management decision-making and risk management in a changing corporate environment », *Project Management Institute, 25th Annual Seminar/Symposium, Vancouver, Canada, October 17 to 19*, p. 734-739.
- TUMMALA, R.V.M. et BURCHETT, J.F. (1999). « Applying a risk management process (RMP) to manage cost risk for an EHV transmission line project », *International Journal of Project Management*, vol. 17, n° 4, p. 223-235.
- TURNER, J.V. et HUNSUCKER, J.L. (1999). « Effective risk management : A goal based approach », *International Journal of Technology Management*, vol. 17, n° 4, p. 438-458.
- TVERSKY, A. et KAHNEMAN, D. (1974). « Judgement Under Uncertainty : Heuristics and Biases », *Science*, vol. 185, p. 1124-1131.
- WARD, S. (1999). « Assessing and managing important risks », *International Journal of Project Management*, vol. 17, n° 6, p. 331-336.
- WARD, S. et CHAPMAN, C.B. (1991). « Extending the use of risk analysis in project management », *Project Management*, vol. 9, n° 2, p. 117-123.
- WIDEMAN, M. (1986). « Risk Management », *Project Management Journal*, septembre, p. 20-26.
- WILLIAMS, T. (1995). « A classified bibliography of recent research relating to project risk management », *European Journal of Operational Research*, vol. 85, n° 1, 17 août, p.18-38.
- YEO, K.T. (1990). « Risk, classification of estimates and contingency management », *Journal of Management Engineering*, vol. 6, p. 458-470.