

VERS UN MODELE POUR EVALUER LES IMPACTS PLANNING

DES RISQUES DANS UN PROJET

H. NGUYEN, D. GOURC

Centre Génie Industriel, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux

Campus Jarlard - Route de Teillet

81013 Albi Cedex 09

Trong-Hung.Nguyen@enstimac.fr, Didier.Gourc@enstimac.fr

RESUME : *Manager les risques dans un projet est maintenant reconnu comme une des missions du chef de projet. Un processus décrivant les différentes étapes à réaliser existe et est communément reconnu. Toutefois, celui-ci ne s'intéresse qu'à l'identification et la caractérisation des risques pris de manière indépendante. Sur cette base, nous proposons un modèle permettant d'évaluer l'impact des risques sur le planning du projet en considérant que les actions de traitement proposées s'inscrivent comme des tâches à réaliser dans le projet. Ces tâches particulières vont entraîner des modifications du planning.*

Dans cet article, nous présentons une approche permettant d'outiller les différentes phases de la synchronisation des processus de planification de projet et de management des risques. Un modèle du risque et une méthode de détermination des effets des risques sur le planning seront présentés dans un objectif d'aide à l'analyse des scénarios de risque possibles. Nous illustrons nos propositions par un exemple simple.

MOTS-CLES : *Planification de projet, Management des risques projet, Impact planning, Scénario.*

1. INTRODUCTION

Le management par projet joue un rôle très important dans l'art du management. Les objectifs du management sont d'optimiser la relation entre les ressources d'entrée et les produits de sortie, la relation entre le profit d'entreprise et la demande de client et aussi la relation entre le coût, la qualité et le délai (AFNOR FD X50-118, 2005), (Duncan, 1996). Pour satisfaire ces objectifs dans le contexte de la concurrence forte entre les entreprises, les phénomènes de la mondialisation, la rareté des ressources, l'exigence accrue des clients... le management par projet est une réponse nécessaire et indispensable.

Cependant, le management de projet n'est pas une réponse suffisante. En effet, dans le cycle de vie d'un projet, de nombreux aléas peuvent venir perturber la planification établie. Particulièrement, quand l'échelle du projet est importante, le système d'organisation est de plus en plus complexe, il existe plus en plus de risques (AFNOR FD X50-117, 2003). Il est donc nécessaire d'étudier les méthodes pour gérer les risques dans de tels projets.

La survenue d'aléas au cours du projet peut entraîner par exemple un allongement des délais, une augmentation des coûts, l'obligation de modifier la séquence d'exécution des tâches. Un travail sur l'anticipation de ces aléas et la mesure de leurs conséquences devient alors nécessaire pour minimiser les impacts. C'est l'objet

de la maîtrise des risques que de s'intéresser à l'anticipation des aléas, à leur évaluation et à la proposition d'actions de traitement adaptées.

C'est l'équipe projet qui, sur la base des risques identifiés et de leur analyse, doit proposer des actions de traitement adaptées. Cela nécessite d'identifier quels sont les risques ou combinaisons de risques qui sont les plus dommageables pour le projet, c'est à dire qui entraînent les plus grandes perturbations. Ensuite, l'équipe doit déterminer quelles sont les actions de traitement à retenir pour réduire le plus possible les perturbations tout en respectant des objectifs budgétaires, par exemple le coût des actions de traitement ne doit pas dépasser le gain total espéré par la mise en place des actions de traitement.

Pour cela, l'équipe projet doit détenir les réponses aux questions suivantes :

- Quelle est la durée maximale possible du projet ?
- Quelle est la probabilité qu'un scénario fictif de risque survienne ?
- Quelle est le coût d'une stratégie de traitement déterminée ? Quel est l'impact en terme de réduction ?
- Etc.

L'objectif de cet article est de proposer un modèle pour évaluer les impacts planning des risques projet. Nous commençons par décrire les problématiques à traiter.

Ensuite, nous présentons dans la section 2 un état de l'art comprenant la définition du terme risque, la présentation du processus de management de risques et la proposition d'un processus synchronisé mixant les étapes de planification des délais et de maîtrise des risques. Dans la section 3, un modèle UML du risque et un algorithme pour évaluer les impacts planning sont proposés. Enfin, nous proposons un exemple pour illustrer nos propositions. Au cours de la dernière section, nous présentons quelques éléments de bilan et des perspectives de travail pour faire évoluer notre modèle.

2. ETAT DE L'ART

2.1. Risque projet et management des risques projet.

Le terme risque est fréquemment utilisé dans le langage, il peut représenter dans l'esprit des gens qui l'utilisent des concepts quelques peu différents. Nous nous intéressons aux définitions qui ont été proposées. Tout d'abord, il faut constater que ce terme a fait son apparition, il y a fort longtemps et qu'il a subi quelques déviations sémantiques au cours des siècles. On le trouve ainsi à l'époque médiévale avec une double étymologie, la première d'origine arabo-musulmane "*ce que Dieu accorde aux hommes*", cette notion présente dans le Coran passerait dans le langage courant maritime pour désigner l'événement fortuit, la seconde d'origine toscane, du latin *rescare* (couper), roche découpée qui se dissimile aux yeux du navigateur.

On doit également constater que de nos jours encore plusieurs écoles de pensée coexistent. On retrouve également ce terme dans différentes disciplines et secteurs d'activités : la finance, la spéculation boursière, les assurances, les activités industrielles, etc.

Intéressons-nous aux définitions proposées dans le cadre des risques projet. Citons parmi les références étudiées (DGA AQ 924, 1995), (AFNOR FD X50-117, 2003), (Courtot, 1998). Selon (Gourc, 2006) le risque projet est défini comme étant: « *la possibilité que survienne un événement dont l'occurrence entraînerait des conséquences (positives ou négatives) sur le déroulement de l'activité du projet* ».

Ces risques (risques projet) peuvent être caractérisés par les différents paramètres (Courtot, 1998), (Bakir, 2003):

- *La nature* : nous avons huit modalités : technique, financier, humain, organisationnel, managérial, juridique, réglementaire et commercial.
- *L'origine* : les risques pouvant provenir du client, du produit, des fournisseurs ou des sous-traitants, des pouvoirs publics ou des instances juridiques et réglementaires, ...
- *La contrôlabilité* : permet de déterminer les modes d'action possibles (choix des assurances ou de transfert de risques) .

- *La détectabilité* : Il existe des risques détectables et d'autres indétectables. Elle dépend de la complexité du projet, de la connaissance de l'équipe en charge de l'étude des risques.
- *La probabilité d'occurrence* : elle est déterminée, le plus souvent, sur avis d'expert.
- *L'impact* : est une mesure qui définit l'importance des perturbations occasionnées par l'occurrence du risque. Le niveau de gravité de l'impact est représentatif des effets induits, notamment sur les objectifs et critères de succès du projet.

Selon (Gourc, 2006), nous pouvons montrer trois types d'impacts majeurs directement reliés aux objectifs et critères de succès du projet : les impacts de type délai ; les impacts de type coût, les impacts de type performance ou qualité.

D'autre part, il existe un processus de management des risques (Figure 1) partagé par beaucoup d'auteurs (Courtot, 1998), (AFNOR FD X50-117, 2003), (Tah et Carr, 2001), (Smith et Merritt, 2002), (Bakir, 2003). Il se compose de quatre grandes phases:

- « Identification et analyse » : cette phase consiste à répertorier de la manière la plus exhaustive possible les aléas ou événements redoutés. Chaque risque est décrit par une fiche spécifique (Figure 2.).
- « Evaluation et hiérarchisation » : cette phase permet (a) de renseigner la description des risques tant qualitativement que quantitativement (probabilité d'occurrence, impacts, ...), (b) de hiérarchiser les risques par ordre de criticité. Le résultat est une liste ordonnée de risques.
- « Traitement » : cette phase consiste à déterminer les actions de traitement envisageables pour les risques. Les actions sont définies pour minimiser la probabilité d'occurrence et/ou pour minimiser les impacts.
- « Suivi et contrôle » : pour surveiller les actions de traitement engagées et les effets de leur mise en œuvre.

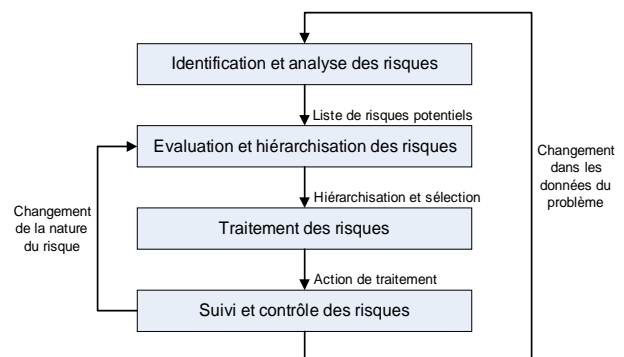


Figure 1. Processus de gestion des risques (Bakir, 2003)

En réponse aux risques identifiés et considérés comme majeurs, le risk manager est amené à proposer un plan d'actions composé d'actions de traitement. Ces actions de

traitement peuvent être de types : préventif ou correctif (Bakir, 2003). Dans ce type d'approche, chaque risque est considéré de manière unitaire et indépendante. En particulier, la phase de hiérarchisation conduit à établir la liste ordonnée des risques majeurs. Cette liste ne tient pas du tout compte d'effets de synergie possibles entre les risques.

Les actions préventives sont décidées et réalisées avant l'occurrence du risque, elles peuvent réduire la probabilité d'occurrence et/ou les impacts. Les actions correctives sont réalisées après l'occurrence du risque, elles ne peuvent que réduire les impacts. Les effets des actions de traitement sont présentés dans le Tableau 1.

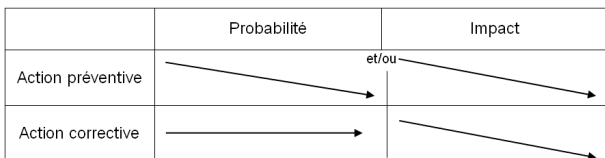


Tableau 1. Les effets des actions de traitement.

Le tableau 1., nous permet d'introduire la notion d'impact initial et de probabilité initiale, qui représentent l'impact et la probabilité du risque sans action de traitement. L'impact réduit et la probabilité réduite sont quant à eux l'impact et la probabilité du risque après mise en place des actions de traitement.

Le déroulement du processus de management des risques par l'équipe projet permet de renseigner une fiche risque pour chaque risque (Pingaud et Gourc, 2003). Dans une fiche risque (Figure 2), nous pouvons retrouver toutes les caractéristiques des risques et des actions de traitement des risques. La fiche risque est renseignée au fur et à mesure que les étapes du processus sont réalisées, ainsi l'identité du risque est renseignée dès la phase d'identification alors que les éléments relatifs aux actions de traitement ne le sont que lors de la phase traitement.

FICHE RISQUE					
Identifiant	R1				
Description	problème de compatibilité entre équipements				
Période active	Tâche 46				
Impact initial					
Planning					
	tâche	délai	coût	antécédents	successeurs
	46	** 3s			
Hors Planning					
	coût				
Stratégies de réduction					
ST1 préventive occurrence					
	action/tâche	délai	coût	antécédents	successeurs
	tests compatibilité	2s		22	31, 32
ST2 préventive occurrence					
	action/tâche	délai	coût	antécédents	successeurs
	choisir même fournisseur				

Figure 2. Exemple de fiche risque : focus sur les impacts et stratégies de réduction

Différentes méthodes instancient ce processus de management des risques, citons par exemple la méthodologie RISKMAN (Carter *et al.*, 1996) – une méthodologie développée lors d'un projet européen. RISKMAN repose sur un outil logiciel qui vient instrumenter les différentes phases du processus. RISKMAN repose sur la définition du risque, stipulant que celui-ci est un événement incertain à impact négatif, avec un questionnement sur son caractère éventuellement opportun.

D'autres travaux sur la caractérisation du risque et sa modélisation existent, citons par exemple (Tah et Carr, 2001), (Well-Stam *et al.*, 2005), (Sienou, 2007). (Sienou, 2007) propose une analyse comparative de différents modèles de risque sur la base d'une modélisation UML.

2.2. Méthodes de planification de projet.

Selon (Bakir, 2003), la planification de projet est la discipline ayant pour objet de prévoir et suivre les objectifs de réalisation d'un ouvrage. Dans (Bakir *et al.*, 2001), il existe une analyse bibliographie des méthodes de planification de projet de l'année 1958, année de développement des méthodes PERT/CPM pour cheminer jusqu'aux plus récentes. Nous pouvons distinguer deux groupes majeurs dans cette évolution :

- Les méthodes basées sur des réseaux d'activités déterministes au sens où toutes les tâches identifiées dans l'énoncé seront proposées dans le planning. Par exemple: PERT/CPM. Cette méthode a une fonction objective qui est la date d'achèvement minimale, et l'algorithme de résolution est fondé sur le principe de Bellman.
- Les méthodes basées sur des réseaux d'activités alternatives prennent en compte des activités dont la réalisation sur le programme est conditionnelle. Par exemple : GERT (Pritsker et Happ, 1966), Q-GERT (Pritsker, 1979), GAN, CAAN, (Golenko, 1997) (Bakir, 2003) ... Certaines méthodes utilisent uniquement les graphes potentiel-tâches ou potentiel-étapes qui prennent en compte les tâches du projet, les contraintes d'enchaînement qui les lient entre elles. Les autres méthodes enrichissent les capacités de représentation des graphes des potentiels afin de représenter des informations supplémentaires, en particulier les aspects conditionnels et stochastiques, en proposant graphiquement différentes solutions.

Alors qu'il existe rarement des outils informatiques pour supporter les méthodes basées sur les réseaux d'activités alternatives (Pritsker, 1979), (Taylor et Moore, 1980), nous pouvons trouver facilement des outils qui supportent la méthode PERT/CPM. Un des avantages de la méthode PERT est qu'elle a la possibilité de représenter l'incertitude qui peut exister sur la durée des tâches. La durée opératoire de chaque tâche est aléatoire et elle peut être présentée par une loi de distribution (Normal, Triangulaire, Beta-Pert, ... par exemple)

(Thiriez, 2004). Cette approche est utilisée par beaucoup d'outils : @RISK, PertMaster (Bangun et Bhuta, 2003), Crystal Ball (Paquet, 2005)... qui utilisent soit la méthode Monte Carlo (Thiriez, 2004) (Kalos et Whitlock, 2004) et/ou la méthode Latin Hypercube Sampling (Sallaberry *et al.*, 2007), (Hossain *et al.*, 2005) pour obtenir des estimations de la durée des tâches.

Cependant, le management des risques ne s'arrête pas à l'estimation de la durée des tâches pour au final déterminer l'incertitude sur la durée prévisionnelle du projet.

Une autre approche est de s'appuyer conjointement sur les processus de management des risques et de planification de projet (Figure 1) pour déterminer l'effet de la survenue des risques sur le planning du projet.

2.3. La fusion de la planification de projet et du management des risques projet.

Depuis plusieurs années, les travaux développés au Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux sur les notions de risque et sur les modèles de pilotage des projets par les risques ont permis de développer, entre autres, un modèle de synchronisation des processus de planification de projet et de management des risques présenté sur la Figure 3.

Ce processus intègre les étapes des deux processus initiaux, au démarrage du projet et sur le premier planning qui est réalisée par le chef de projet. Il est présenté très précisément dans (Pingaud et Gourc, 2003), (Villarreal Lizarraga, 2005), (Ravalison, 2006).

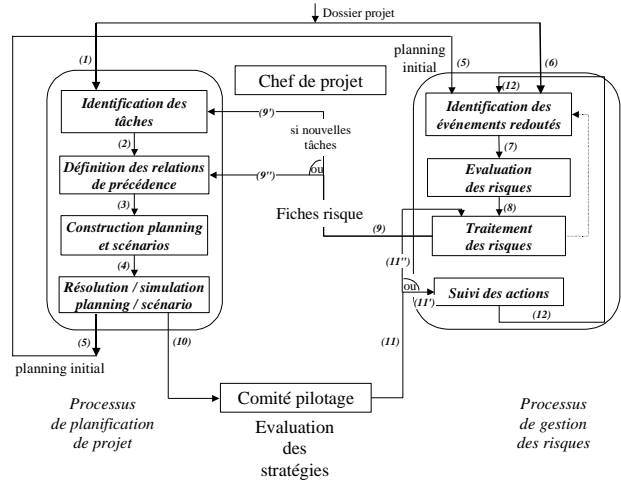


Figure 3. Synchronisation des processus (Pingaud et Gourc, 2003)

Ce processus est une bonne solution pour le chef de projet mais, il n'existe pas à l'heure actuelle d'outil qui l'instrumente entièrement. Notre travail, dans cet article, consiste à développer un modèle complet et un outil qui supporte chacune des phases de ce processus synchronisé.

3. PROPOSITIONS POUR PRENDRE EN COMPTE LES RISQUES DANS L'ANALYSE DES RISQUES DELAIS D'UN PROJET

Cette section a pour objet de présenter nos propositions pour développer un outil d'évaluation de l'impact des risques et de leurs conséquences sur le planning d'un projet. Elle se décompose en deux parties respectivement

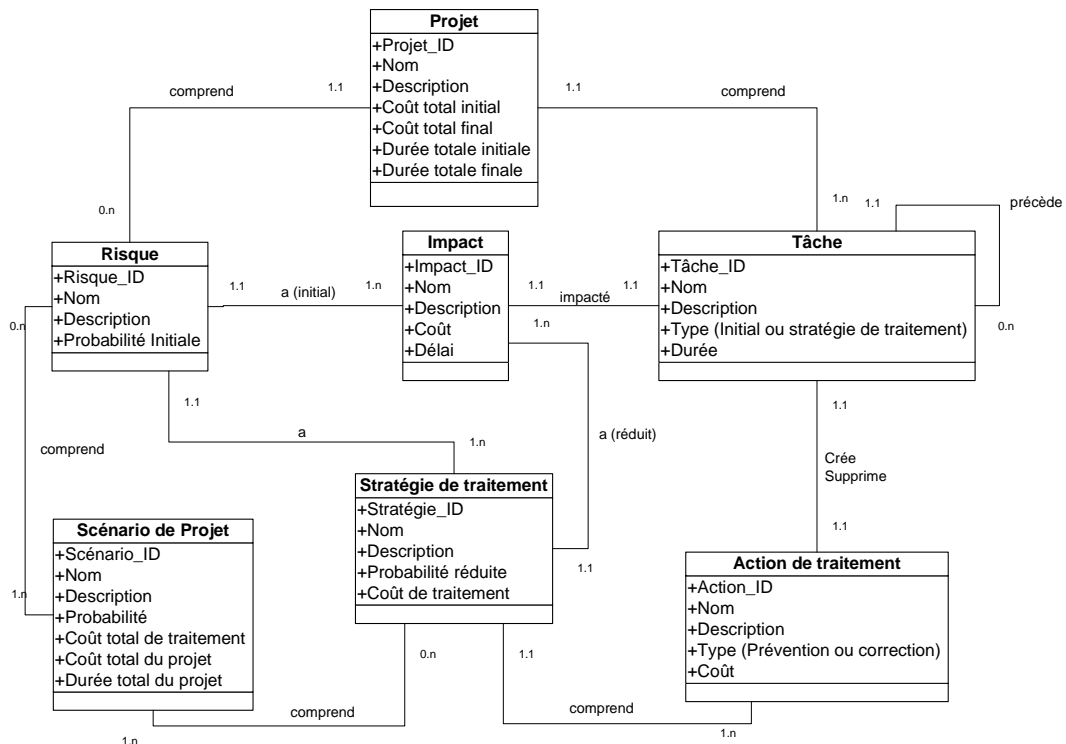


Figure 4. Modèle risque-projet

destinées à présenter le modèle risque-projet en UML (Figure 4) que nous proposons et le principe d'analyse de l'impact des risques sur le planning.

3.1. Le modèle du système d'évaluation des impacts sur le planning

Soit un projet décrit par ses tâches T_i , définies par le processus de planification, et les risques R_i , identifiés et caractérisés par le processus de management des risques. Les tâches sont organisées dans un premier planning appelé *planning initial* ou planning sans risque car la durée des tâches et les relations de précedence établies correspondent à une vision sans prise en compte des éléments de risques identifiés. Ce planning permet de déterminer une durée prévisionnelle du projet sans risque, c'est la *durée initiale*.

L'ensemble des risques possibles identifiés sur le projet est désigné par \mathcal{E}_R , $\mathcal{E}_R = \{R_1, \dots, R_i, \dots, R_n\}$. Chaque risque est caractérisé par un n-uplet <probabilité, impact, période active, ...>. Le processus de management des risques, décrit précédemment, a pour objet de renseigner ce n-uplet pour chacun des risques.

Du fait du caractère discret de la survenue de chacun des risques, la réalisation du projet ne verra la concrétisation ou l'occurrence que d'un sous-ensemble des risques, certains survenant, d'autres ne se manifestant pas. Nous présentons cette caractéristique dans le concept de *scénario de risque (ScR)*. Un scénario de risque est un sous-ensemble de l'ensemble de tous les risques possibles dans un projet. Il correspondra à l'ensemble des risques que l'on considère occurrent lors d'une analyse du projet (une réalisation possible du projet).

$$ScR \subset \mathcal{E}_R$$

Si \mathcal{E}_R comporte n éléments (n risques) et si ScR comprend k risques possibles (avec $0 \leq k \leq n$) alors $\frac{n!}{k!(n-k)!}$ ScR sont potentiellement à évaluer pour

envisager toutes les combinaisons possibles de survenue de risques. L'ensemble des tous les ScR possibles est désigné par \mathcal{E}_{ScR} .

Pour chacun des risques R_i , plusieurs *stratégies de traitement (StT)* sont possibles. Une stratégie de traitement pour le risque R_i sera désignée par StT_{ij} ($0 \leq j \leq m$), elle comporte l'ensemble des actions de traitement retenues pour réduire le risque R_i .

$StT_{ij} = \{A_{ij1}, \dots, A_{ij\alpha}, \dots, A_{ijp}\}$, avec $A_{ij\alpha}$ une action de traitement pour le risque R_i , et $StT_{i0} = \{\emptyset\}$: stratégie sans action de traitement.

L'ensemble des stratégies de traitement identifiées sur le risque R_i sera désigné par StR_i , $StR_i = \{\emptyset, StT_{i1}, \dots, StT_{ij}, \dots, StT_{im}\}$, $Card(StR_i) = m + 1$.

La mise en place d'une stratégie de traitement a pour objectif de réduire le risque, par conséquent chaque StT_i sera caractérisée par une probabilité réduite (la probabilité du risque après mise en place de la StT), les impacts réduits de risque traité (également après mise en place de la StT).

De manière complémentaire à la notion de scénario de risque, nous définissons la notion de *scénario de traitement (ScT)*. Un scénario de traitement regroupe l'ensemble des stratégies de traitement retenues pour le scénario de risque étudié, il collecte un sous-ensemble de toutes les stratégies de traitement possibles. L'ensemble de tous les ScT possibles est appelé :

$$\mathcal{E}_{ScT} = \prod_{i=1}^n StR_i$$

Le scénario de risque ScR indique les risques retenus pour l'analyse (l'ensemble des risques que l'on considère comme occurrent), un scénario de traitement ScT associé propose les actions de traitement envisagées pour réduire les risques du ScR .

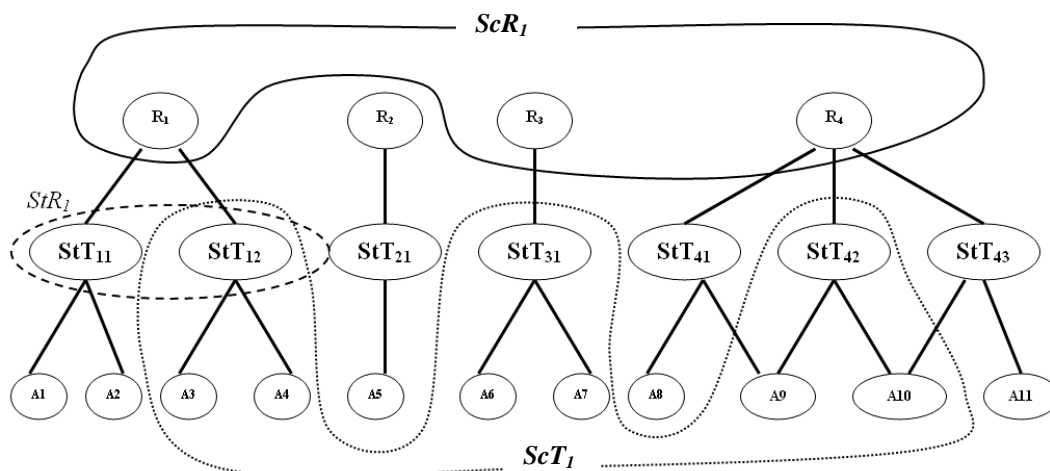


Figure 5. Un exemple des scénarios

La figure 5. illustre ces différentes notions dans un exemple comprenant quatre risques, \mathcal{E}_R est composé de quatre risques possibles (de R_1 à R_4). Ici, nous avons : $ScR_1 = \{R_1, R_3, R_4\}$; $StR_1 = \{\emptyset, StT_{11}, StT_{12}\}$ et $ScT_1 = \{StT_{12}, StT_{31}, StT_{42}\}$.

La combinaison d'un scénario de risque et d'un scénario de traitement retenu constitue un *scénario de projet* (**ScP**). Ainsi :

$$ScP = \langle ScR, ScT \rangle$$

Un scénario de projet *ScP* indique les risques qui vont survenir et les stratégies de traitement pour chaque risque. Cette configuration du projet est caractérisée par une durée prévisionnelle, un coût du projet et une probabilité d'occurrence de cette situation.

La figure 4. illustre de manière complémentaire les différents concepts reliés à la classe risque. La relation entre les classes Risque et Impact met en exergue qu'un risque peut présenter plusieurs types d'impacts *initiaux* qui sont réduits par la mise en place d'une stratégie de traitement parmi les différents possibles pour réduire un risque.

Par la relation entre la classe « actions de traitement » et la classe « tâches », nous indiquons que la mise en place d'une action de traitement d'un risque implique deux types d'effets possibles sur le planning : la création (« créer ») et/ou la suppression (« supprimer ») d'une tâche du planning. En réalité, il existe trois types d'action : « créer », « supprimer », « modifier ». La modification est ici vue comme une combinaison de la suppression de cette tâche puis de la création d'une autre tâche. Par conséquent, la création et la suppression sont deux actions élémentaires.

Dans cet article, nous nous intéressons majoritairement à l'analyse des effets des risques sur le planning. Toutefois, l'occurrence des risques et les actions traitement associées engendrent des effets sur les coûts du projet. Nous illustrons, ici de manière très sommaire, les différents types de coûts étudiés pour déterminer le coût total d'un ScP.

- Le coût de traitement d'un StT d'un risque :
Coût de traitement = Σ Coût des Actions de traitement
- Le coût total des impacts initiaux d'un ScR :
Coût total d'impact initial = Σ Coût d'impact initial
- Le coût total de traitement d'un ScT :
Coût total de traitement = Σ Coût de traitement
- Le coût total des impacts réduits d'un ScT :
Coût total d'impact réduit = Σ Coût d'impact réduit

Au total, le coût total du scénario de projet :
Coût total du scénario de projet = Coût total initial +
Coût total d'impact réduit + Coût total de traitement

Bien évidemment, le choix d'un StT et d'un ScT parmi l'ensemble des solutions possibles est dépendant de sa performance intrinsèque, sa capacité à réduire les impacts tout en ayant un coût inférieur. En première approximation, on pourrait dire que la somme du coût total d'impact réduit et du coût total de traitement doit être inférieur au coût total d'impact initial.

D'autres critères doivent également être pris en compte comme l'impact en délai sur la date de fin ou de livraison finale.

Ainsi dans une première phase, nous proposons dans cet article, un algorithme capable d'évaluer les impacts délais de l'ensemble des ScP. L'objectif, in fine, est de faciliter le choix d'un meilleur ScT.

3.2. L'algorithme pour réaliser l'évaluation

L'algorithme présenté figure 6. comporte trois phases majeures respectivement dédiées à la collecte des données d'entrée, à l'identification de l'ensemble des scénarios possibles et à la recherche du scénario satisfaisant les contraintes exprimées par l'utilisateur (scénario le plus probable, durée du projet la plus faible, etc.).

La première phase débute par la détermination des données nécessaires pour évaluer les impacts planning des risques (liste des tâches, des risques et de leurs caractéristiques).

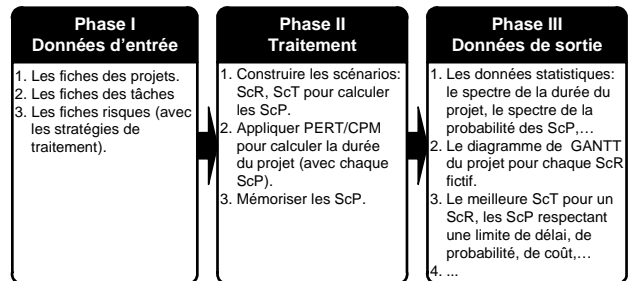


Figure 6. Les phases principales de l'algorithme.

Ensuite, dans la phase de traitement, l'étape principale de l'algorithme consiste en la construction des scénarios. Cette étape est illustrée dans le pseudo code présenté ci-dessous.

DEBUT

```
// Nous traitons tous les sous-ensembles (les 2n ScR)
// possibles de  $\mathcal{E}_R$  (n risques) et nous devons construire
// les ScT pour chaque ScR. Chaque couple de ScR et
// ScT nous donne un ScP
Pour chaque
 $ScR_h = \{R_1, \dots, R_i, \dots, R_k\}$  ( $1 \leq h \leq 2^n, 0 \leq k \leq n$ )
// Il y a k risques dans  $ScR_h$ , i est utilisé comme un
// variable qui compte ces k risques
// Etat initial :
```

```

i ← 1;
ScT ← {∅};
// Algorithme récursif
ConstructionScT(i)
Début
    Si i > k alors
        CalculScP(ScRh, ScT) ;
        // ScT et ScRh sont les données d'entrée
        // pour CalculScP()
    sinon
        Pour chaque StTij dans StRi
            // 0 ≤ j ≤ Card(StRi) - 1
            {ScT} ← {ScT} + {StTij} ;
            ConstructionScT(i+1) ;
    Fin si
Fin
FIN
// Les ScR et ScT associés constituent les ScP possible
// CalculScP() est de calculer les données statistiques
// pour chaque ScP.

```

```

CalculScP(ScR, ScT)
// Prob(X) est la probabilité de X

```

```

Début
// Etat initial
Prob(ScP) ← 1 ;
Pour chaque Ri dans ScR
Début
    Si StTij change Prob(Ri) alors
        Prob(ScP) ← Prob(ScP) * Prob(Ri | StTij)
        // Prob(Ri | StTij): probabilité réduite de Ri
        // après mise en place StTij
    Sinon
        Prob(ScP) ← Prob(ScP) * Prob(Ri)
    Fin si
    Pour chaque Aijα (s'il existe) dans StTij
        Si (Type de Aijα = « créer ») alors
            Ajouter tâche actionnée de Aijα
        Sinon (Type de Aijα = « supprimer ») alors
            Supprimer tâche actionnée de Aijα
        Fin si
    Fin
// Tous les risques sont traités, nous avons un
// nouveau planning.
Appliquer la méthode PERT pour calculer la durée
totale du projet dans ce cas.
Mémoriser les données.

```

Fin

L'étape de construction des scénarios possibles permet

Risque	StT	Action	Type	Tâche actionnée	Durée (jours)	Prédécesseurs	Succes-seurs	Impact réduit (jours)	Probabilité réduite
R1	SfT ₁₁	A1	Créer	Ta1	2	T2	T3	5	-
	SfT ₁₂	A2	Supprimer	T2	-	-	-	1	20%
		A3	Créer	Ta2	10	T1	T3		
R2	SfT ₂₁	A4	Créer	Ta3	2	-	T4	2	10%
	SfT ₂₂	A5	Créer	Ta4	4	T4	T5	2	-
R3	SfT ₃₁	A6	Créer	Ta5	2	T5	T6	1	-

Tableau 3. Les stratégies de traitement.

également de déterminer des données statistiques comme par exemple le nombre de ScP possible, le ScP ayant la probabilité d'occurrence maximale, le ScP correspondant à la durée de projet la plus élevée ou la plus petite ou encore le ScP de coût maximal, ...

La troisième phase de l'algorithme, par une interaction avec le risk manager permet d'évaluer une configuration précise. Le risk manager peut par exemple souhaiter :

- déterminer le meilleure ScT possible pour un ScR qu'il a saisi ;
- connaître les données caractéristiques d'un ScR ;
- identifier le ScP le plus défavorable (probabilité de survenue la plus élevée, impact coût le plus élevé, impact délai le plus élevé) ;
- etc.

3.3. Un exemple

Pour illustrer nos propositions, prenons un exemple simple d'un projet composé de six tâches (de T₁ à T₆) présenté figure 7.

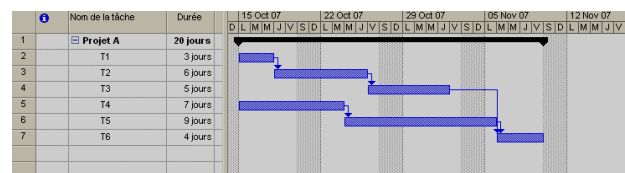


Figure 7. Planning initial du projet A

R₁, R₂ et R₃ sont trois risques identifiés par le processus de management des risques et décrits par des fiches risque telles que présentées figure 2. Leurs caractéristiques sont résumées dans le Tableau 2. : probabilité, période active, impact initial et stratégies de traitements imaginées.

Risque	Probabilité	Période	Impact initial	StR
R ₁	30%	Au cours de T ₂	10j sur T ₃	SfT ₁₁ , SfT ₁₂
R ₂	20%	Au cours de T ₄	9j sur T ₅	SfT ₂₁ , SfT ₂₂
R ₃	70%	Au cours de T ₅	5j sur T ₆	SfT ₃₁

Tableau 2. Les risques possibles et leurs caractéristiques

Les stratégies de traitement désignées dans le Tableau 2. sont détaillées dans le Tableau 3. Chaque stratégie ScT est décrite par les actions proposées (nom, durée, tâches prédécesseur dans le réseau logique, les probabilités et impacts réduits du risque après mise en place de l'action.

Il existe 2^n ScR possibles ce qui donne pour notre exemple 2^3 configurations possibles.

$$\mathcal{C}_R = \{\{\emptyset\}, \{R_1\}, \{R_2\}, \{R_3\}, \{R_1, R_2\}, \{R_2, R_3\}, \{R_1, R_3\}, \{R_1, R_2, R_3\}\}$$

Par exemple, si l'on étudie le cas où tous les risques surviennent $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$, et tous les risques sont traités par une StT. Donc, nous identifions tous les ScT possibles, au nombre de quatre :

$$ScT \in \{\{StT_{11}, StT_{21}, StT_{31}\}, \{StT_{11}, StT_{22}, StT_{31}\}, \{StT_{12}, StT_{21}, StT_{31}\}, \{StT_{12}, StT_{22}, StT_{31}\}\}$$

Par conséquent, quatre scénarios de projet, numérotés de *ScP 1* à *ScP 4*, sont à étudier :

* **ScP 1** : $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$, $ScT = \{StT_{11}, StT_{21}, StT_{31}\}$. ScP 1 est un scénario de projet où StT_{11} est utilisé pour traiter R_1 ; StT_{21} est utilisé pour traiter R_2 et StT_{31} est utilisé pour traiter R_3 .

* **ScP 2** : $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$, $ScT = \{StT_{11}, StT_{22}, StT_{31}\}$. ScP 2 est un scénario de projet où StT_{11} est utilisé pour traiter R_1 ; StT_{22} est utilisé pour traiter R_2 et StT_{31} est utilisé pour traiter R_3 .

* **ScP 3** : $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$, $ScT = \{StT_{12}, StT_{21}, StT_{31}\}$. ScP 3 est un scénario de projet où StT_{12} est utilisé pour traiter R_1 ; StT_{21} est utilisé pour traiter R_2 et StT_{31} est utilisé pour traiter R_3 .

* **ScP 4** : $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$, $ScT = \{StT_{12}, StT_{22}, StT_{31}\}$. ScP 4 est un scénario de projet où StT_{12} est utilisé pour traiter R_1 ; StT_{22} est utilisé pour traiter R_2 et StT_{31} est utilisé pour traiter R_3 .

A la fin de l'étape de calcul, nous obtenons un tableau statistique, comme par exemple celui proposé Tableau 4., qui propose pour chaque ScT possible les informations telles que probabilité du ScP et durée du projet.

ScP	Probabilité (%)	Durée du Projet (jours)
ScP 1	2,1	28
ScP 2	4,2	29
ScP 3	1,4	27
ScP 4	2,8	29

Tableau 4. Les ScP possibles pour $ScR = \{R_1, R_2, R_3\}$.

Maintenant, si l'on considère l'ensemble des scénarios possibles à partir des risques de \mathcal{C}_R , d'autres résultats peuvent être présentés comme par exemple :

- le scénario de projet le plus probable est: ScP avec $ScR = \{R_3\}$, la probabilité : 39,2%.
- le scénario de projet initial, sans mise en place de ScT, entraîne un impact délai de : 14 jours.

- le scénario de projet réduit, avec mise en place du meilleur ScT est : ScP avec $ScR = \{R_1, R_2\}$; $ScT = \{StT_{12}, StT_{21}\}$ et conduit à un impact délai de 5 jours.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons proposé un modèle pour évaluer les impacts planning des risques dans une perspective d'aide à la décision dans la phase « Traitement » du processus de management des risques projet. Il comporte une modélisation du risque et la définition des algorithmes requis pour effectuer les traitements numériques.

Un prototype informatique va être prochainement développé pour supporter cette méthodologie.

Ce travail constitue une première étape dans l'évaluation de l'impact des risques sur le planning d'un projet. Il conviendra dans un premier temps de prolonger les propositions en permettant de tenir compte de dépendances entre les risques. En effet, nous nous positionnons, pour l'instant, dans une approche purement projective sans tenir compte des aléas qui ont pu intervenir avant la date d'évaluation. Or, les aléas qui se sont manifestés peuvent avoir des conséquences sur les ScR à venir. Nous souhaitons donc développer un modèle de dépendance entre risques et l'intégrer dans notre approche d'évaluation.

REFERENCES

- AFNOR FD X50-117, 2003. *Norme française: Management des risques d'un projet*. AFNOR.
- AFNOR FD X50-118, 2005. *Norme française : Management de projet - Recommandations pour le management d'un projet*. AFNOR
- Bakir S., 2003. *Contribution à une démarche d'intégration des processus de gestion des risques et des projets : étude de la fonction planification*, Thèse INPT.
- Bakir S., Gourc D., Pingaud H., 2001. Vers un modèle d'intégration de la gestion des risques dans la planification de projet, *4^{ème} Congrès International de Génie Industriel*, Aix-Marseille, France.
- Bangun F., Bhuta C., 2003. Property development risk profile in a selected project using @Risk software package and Pertmaster software. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October*.
- Carter B., Hancock T., Morin J.M., Robins N., 1996. *Introducing RISKMAN*, Stationery Office.
- Courtot H., 1998. *La gestion des risques dans les projets*, Ed. Economica.
- DGA AQ 924, 1995. *Norme : Manuel du management des risques dans un programme d'armement*. DGA
- Duncan W.R., 1996. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)*. PMI Standards Committee, réédité en 2000.

- Golenko-Ginsberg D., 1997. Generalized Activity Networks for Project Management. *International Journal of Production Economics*.
- Gourc D., 2006. *Vers un modèle général du risque pour le pilotage et la conduite des activités de biens et de services : Propositions pour une conduite des projets et une gestion des risques intégrées. Habilitation à diriger des recherches, INPT.*
- Hossain F., Anagnostou E.N., Bagtzoglou A.C., 2006. On Latin Hypercube sampling for efficient uncertainty estimation of satellite rainfall observations in flood prediction. *Computer & Geosciences* 32, 776-792.
- Kalos M.H., Whitlock P.A., 2004. *Monte Carlo methods*. WILEY-VCH.
- Paquet I., 2005. *Projet sur les options réelles: logiciel Crystall Ball*. Université de Montréal.
- Pingaud H., Gourc D., 2003. Démarche de pilotage d'un projet industriel par l'analyse des risques, 5^{ème} Congrès International de Génie Industriel, Laval, 26-29 Octobre.
- Pritsker A.A., 1979. *Modelling and analysis using Q-GERT networks*, Wiley, New York.
- Pritsker A.A., Happ W., 1966. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique – Part I: Fundamentals; *The Journal of Industrial Engineering*.
- Ravalison R.B., 2006. *Mise en scène des projets de système d'information : apports de la maîtrise des risques dans les projets de système d'information*. Thèse INPT.
- Sallaberry C.J., Helton J.C., Hora S.C., 2007. Extension of Latin hypercube samples with correlated variables. *Engineering and System Safety*.
- Sienou A., 2007. Modèles conceptuels du risqué. 8^{ème} Congrès des doctorants de EDSys, INP de Toulouse, Mai.
- Smith P.G, Merritt G.M, 2002. *Proactive Risk Management: Controlling uncertainty in product development*. Productivity, New York.
- Tah J.H.M et Carr V., 2001. Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain, *Advances in Engineering Software*, Vol. 32, pp. 835-846
- Taylor B.W, Moore L.J, 1980. R&D Project Planning with Q-GERT network modelling and simulation. *Management Science*, Vol.26, January, USA.
- Thiriez H., 2004. *La modélisation du risque: simulation de Monte Carlo*, Economica, Paris.
- Villarreal Lizarraga C.L., 2005. *Contribution au pilotage des projets partagés par des PME en groupement basée sur la gestion des risques*. Thèse INPT.
- Well-Stam D.V, Lindenaar F., Kinderen S.V Brunt B.V.D, 2005. *Project Risk Management: an essential tool for managing and controlling projects*. Kogan Page, London.