



**HAL**  
open science

## Gestion intégrée des risques dans les projets de construction : application à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique

Elodie Rodney, Denys Breysse, Yann Ledoux, Yves Ducq

### ► To cite this version:

Elodie Rodney, Denys Breysse, Yann Ledoux, Yves Ducq. Gestion intégrée des risques dans les projets de construction : application à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique. Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. hal-01167708

**HAL Id: hal-01167708**

**<https://hal.science/hal-01167708>**

Submitted on 24 Jun 2015

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

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

---

# Gestion intégrée des risques dans les projets de construction : application à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique

**E.Rodney<sup>1</sup>, D.Breyse<sup>1</sup>, Y.Ledoux<sup>1</sup>, Y.Ducq<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Univ.Bordeaux, I2M, UMR 5295, F-33400 Talence, France

*elodie.rodney@u-bordeaux.fr*

<sup>2</sup> Univ.Bordeaux, IMS, UMR 5218, F-33400 Talence, France

---

*RÉSUMÉ. Le risque est une propriété inhérente de chaque projet. Dans de nombreux cas, la gestion de projet et la gestion des risques soient appliquées indépendamment. Les outils traditionnels de gestion de projet ne comprennent pas la notion de risque et les outils de mise au point de la gestion des risques sur la représentation des risques sans représentant explicitement le projet, ce qui conduit à mettre en œuvre le processus de gestion du risque indépendamment du processus de gestion de projet. Cet article démontre la nécessité de développer une approche intégrée de la gestion des risques du projet et présente notre approche qui est en mesure de représenter les risques, mais aussi le projet, ses composantes et son environnement.*

*ABSTRACT. Risk is an inherent property of every project. In many cases, project management and risk management are applied quite independently. The traditional tools of project management do not include the notion of risk and the tools of risk management focus on the representation of risks without explicitly representing the project, which leads to implement the risk management process independently of the project management process. This paper demonstrates the need to develop an integrated approach to project risk management and presents our approach which is able to represent the risks, but also the project, its components and its environment.*

*MOTS-CLÉS : Risque, Projet, Gestion, Modèle, Complexité, Interactions.*

*KEY WORDS: Risk, Project, Management, Model, Complexity, Interactions.*

---

## 1. Introduction

Dans le contexte actuel de mondialisation du marché et afin d'augmenter leur compétitivité, les entreprises doivent offrir des produits novateurs. Dans ce contexte, une attention particulière est accordée aux outils et méthodes de gestion de projet. Ainsi, de plus en plus d'entreprises utilisent ces outils et méthodes pour gérer leurs innovations et ainsi assurer une meilleure qualité de produits, de meilleurs délais et des coûts plus bas [MAR 13]. Chaque projet, qu'il soit novateur ou non, est soumis à de nombreux risques. Être capable de les contrôler est un point crucial de la gestion de projet. Les entreprises auront donc besoin d'outils de gestion de projets, particulièrement s'ils développent des produits novateurs. Ainsi, beaucoup d'outils et de méthodes de gestion des risques ont été développés [TAI 11]. Une faiblesse récurrente de ces méthodes est qu'elles ne représentent pas le projet et son environnement et traitent donc le risque de façon isolée, indépendamment des autres processus de gestion de projet [NEI 06]. Cependant, il n'y a aucun projet sans risque. Dans le contexte d'un projet et particulièrement dans un marché concurrentiel et novateur, les chefs de projet doivent évaluer des scénarios différents du projet en prêtant attention à l'ensemble des risques potentiels. Les risques affectant le projet et étant générés par ce dernier, il est nécessaire de prendre en compte l'interaction entre projet et risques. De plus, les projets font face à une complexité croissante. En effet, les chefs de projet doivent considérer des paramètres divers et variés, à l'intérieur et à l'extérieur du projet. Cela mène à une complexification des interactions entre risques et ainsi à une diminution de la performance des outils de gestion des risques conventionnels [MAR 14]. Une piste d'amélioration est la représentation simultanée dans un cadre commun du projet dans son environnement et des risques, capable de traduire la richesse et la complexité des interactions. De plus, une appréciation juste d'un risque requiert d'en identifier les causes mais aussi les conséquences et plus particulièrement les interactions avec d'autres risques inhérents au projet. Ces observations motivent la recherche sur la modélisation des risques projet [ZUR 05].

Cet article présente une approche intégrée de gestion du projet et des risques qui lui sont associés. Une telle approche vise à anticiper des événements potentiels et à mesurer leurs conséquences possibles sur le déroulement du projet et sur l'atteinte des objectifs de ce projet. La partie suivante traite de la gestion des risques et de la gestion de projet. Elle explore les outils et méthodes existants et montrant ainsi le besoin d'établir une méthode de gestion intégrée des risques projet. La partie 3 présente notre modèle de gestion des risques projet et la partie 4 développe une étude de cas de projet dans laquelle des universitaires et une entreprise industrielle travaillent dans le but d'une meilleure gestion des risques dans le projet.

## 2. La gestion des risques projets

### 2.1. La gestion des risques et la gestion de projets

Un projet est « un processus unique, qui consiste en ensemble d'activités coordonnées et contrôlées avec des dates de début et des dates de fin, entreprises pour réaliser un objectif et se conformer aux exigences spécifiques comme le temps, le coût et des contraintes de ressources » [ISO 03]. Si le projet est un processus unique, les vues du projet peuvent être multiples. Le but ultime est d'en contrôler la complexité et de prévoir le comportement à adopter et les actions à réaliser [MAR 02]. Cela est rendu possible par la vision systémique du projet. Le projet est alors vu comme un ensemble d'éléments en interaction. Il devrait être abordé selon une vue externe décrivant l'environnement avec lequel il interagit et une vue interne capable de reproduire ses composantes [SPE 05]. L'analyse de la notion de projet nous a conduit à retenir un ensemble de huit concepts pour le décrire. En effet, un projet répond aux objectifs par la réalisation de livrables et de résultats. Ces résultats sont obtenus en réalisant des activités supportées par des ressources. Il est nécessaire de prendre des décisions dans un environnement incertain et changeant. Les projets deviennent de plus en plus multi-entreprises et multi-sites, exigeant ainsi un échange d'informations entre de nombreux acteurs pouvant avoir des intérêts différents. La gestion de projet dispose de beaucoup d'outils et méthodes menant à l'atteinte des objectifs du projet. Généralement, ces outils sont basés sur une description chronologique et hiérarchique. Cependant ces méthodes de description négligent la complexité de projet. En effet, le problème est de mettre en évidence certaines composantes du projet, en rendant visibles les informations non formalisées par les outils conventionnels. Les seules interactions considérées sont l'appartenance hiérarchique et l'ordre séquentiel, tandis que d'autres liens ne sont pas formalisés [MAR 02]. En outre, les outils courants de gestion insistent sur la description et l'optimisation d'une situation de projet entièrement connue et contrôlée, ignorant la notion d'incertitude et donc de risque.

Le concept de risque est fortement polysémique et supporte un grand nombre de définitions [BRE 09]. En considérant la norme ISO / FDIS 31000 qui fait référence dans le domaine de la gestion des risques, nous le définissons comme étant « l'effet de l'incertitude sur les objectifs » [ISO 09]. Dans le contexte de la gestion de projet, le risque de projet est alors relatif à l'occurrence d'événements, d'origine interne ou externe, susceptibles

d'affecter l'atteinte de l'objectif initialement fixé. En se référant à la norme ISO 31000, le risque qualifie alors l'effet de ces événements sur l'atteinte des objectifs du projet. L'anticipation de ces événements via l'identification des facteurs internes ou externes qui en sont la cause, l'évaluation de leurs conséquences sur le déroulement du projet et la proposition d'actions de traitement appropriées sont l'objet du processus de gestion des risques, dont les différentes étapes sont décrites par la norme ISO 31000. Le déploiement de ce processus s'appuie sur l'utilisation d'outils divers. Après analyse de la littérature, il est possible de considérer que :

(1) La majorité des outils utilisés dans le contexte de la gestion des risques ne sont pas applicables à l'intégralité du processus de gestion des risques [BRE 13].

(2) Les méthodes applicables à l'intégralité du processus de gestion des risques, telles que le brainstorming, sont peu structurées, traitent seulement des informations qualitatives et sont limitées par l'expérience des utilisateurs [GRI 12].

(3) Le risque est habituellement considéré indépendamment du projet et de son environnement.

## 2.2. La gestion intégrée des risques projets

Selon le paragraphe précédent, il est possible de mettre en évidence les lacunes des méthodes de gestion de projet d'une part et des méthodes de gestion des risques d'autre part. L'écueil le plus important est le fait que la gestion des risques et la gestion de projet sont effectuées indépendamment. Quelques outils de gestion intégrée des risques projet ont été développés. Ils reposent typiquement sur une représentation temporelle du projet (PERT, Gantt) et donc des risques. Le projet, limité dans le temps, est divisé en activités auxquelles sont associés les risques. Ces risques résultent alors en termes de délais supplémentaires et de dépassements de coût. Ces outils permettent aussi d'augmenter par exemple les ressources allouées à une activité et donc d'en réduire la durée. Nous pouvons mentionner la procédure particulière CVEP établie par WSDOT [PAR 09]. L'inconvénient majeur de cette représentation temporelle est que les risques sont liés uniquement aux activités et ressources, tandis que la pratique montre que les risques sont liés à toutes les composantes du projet [ROD 14]. Ainsi, ces outils ne permettent pas d'intégrer tous les aspects du risque et encore moins toutes les composantes du projet. Nous proposons donc de développer une méthode de gestion des risques projet applicable à l'intégralité du processus de gestion des risques, multi-vue afin de considérer tous les aspects du projet, dynamique afin de prendre en compte l'évolution du projet qui n'est en aucun cas figé dans le temps et multi-échelle pour permettre d'adapter le niveau de détail désiré.

## 3. Proposition d'une méthode de gestion intégrée des risques projets

Le modèle est basé sur les hypothèses principales suivantes : (1) l'intégration du risque à la gestion de projet prend en compte les délais, la qualité et le coût et (2) la mise en œuvre du projet dépend des exigences de l'utilisateur et de ses objectifs. À tout moment, les objectifs de la mise en œuvre du modèle sont d'analyser les scénarios possibles (doivent couvrir tous les facteurs de risque considérés et les événements risqués dans un projet donné), évaluer le niveau de risque global et choisir les meilleures stratégies de traitement.

La méthode est composée des phases suivantes : (1) la définition des exigences et des objectifs de l'utilisateur ; (2) la modélisation du projet ; (3) l'identification de tous les facteurs de risques et événements risqués (cette identification est basée sur la littérature et sur l'analyse du modèle de projet) ; (4) la génération des différents scénarios du projet ; (5) la simulation de ces scénarios en considérant les risques potentiels ; et (6) l'estimation du coût, de la durée, de la performance et du niveau de risque du projet.

### 3.1. Description du modèle : le cadre de modélisation

Le cadre de modélisation décrit le positionnement relatif dans le modèle et la dynamique de transition suivant trois dimensions : la génération, l'instanciation et le cycle de vie [FAT 11]. Ce cadre inspiré par le cadre GERAM, issu de la modélisation d'entreprise [IFA 99], est présenté en Figure 1.

(1) L'axe de génération définit les vues de modélisation (fonction, organisation, ressources, information et risque). Ces vues différentes permettent d'avoir accès au modèle en se concentrant sur certains aspects et en rendant les autres transparents.

(2) L'axe de dérivation identifie l'étape du cycle de vie du projet (*Qualification, Implementation et Operation*)..

(3) L'axe de généralité (instanciation) permet de distinguer le niveau d'applicabilité du modèle. Il est composé de trois niveaux : le niveau générique applicable à tous les types de projets, le niveau partiel applicable à un domaine particulier (typiquement les projets de construction) et finalement le niveau spécifique correspondant à un modèle spécialisé consacré à un projet particulier (l'étude de cas présentée ci-après). Il est à noter que les niveaux

partiels et spécifiques sont eux-mêmes décomposables en plusieurs sous-niveaux suivant le niveau de détail souhaité.

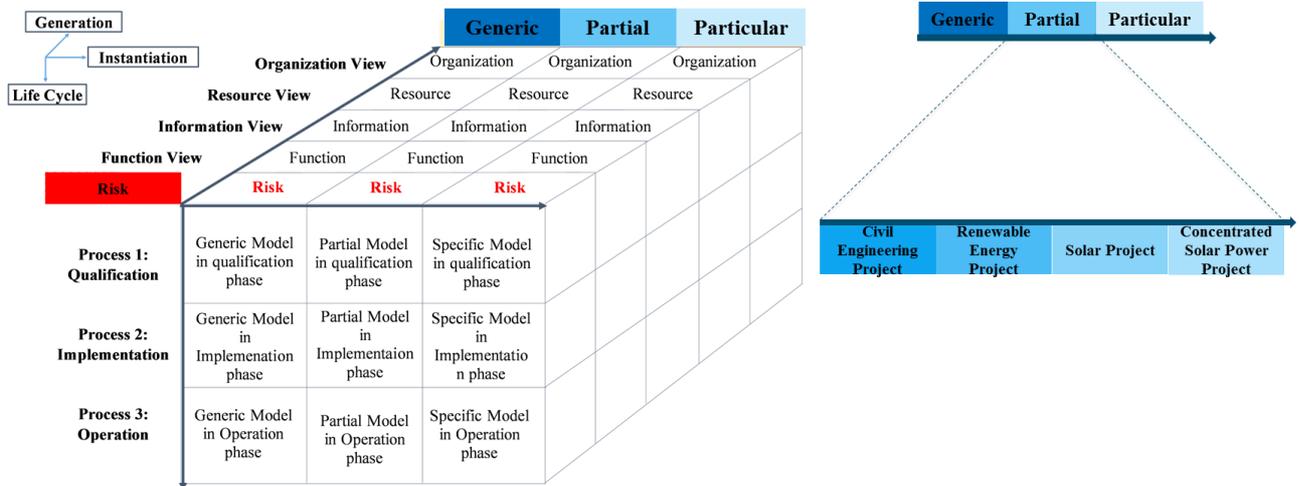


Figure 1. Le cadre de modélisation.

### 3.2. Description du modèle : les vues de modélisation

L'intérêt est double : (1) proposer des vues différentes du projet, (2) ajouter une vue « Risque » compatible avec chacune des autres vues. Ces vues décrivent les concepts utilisés, leurs propriétés et relations [FAT 11]. Elles doivent permettre la description des interactions entre les composantes du projet, ainsi que les interactions entre ces dernières et le risque en termes de causes et de conséquences. Nous avons fait le choix d'utiliser les normes ISO 31000 [ISO 09] et 19440 [ISO 04]. En effet, la seconde définit un ensemble de concepts permettant la modélisation de processus. Quatre vues distinctes du projet sont considérées, chacune d'entre elles prenant en compte les différents aspects du projet. La vue « Fonction » décrit les processus et leur structure. Elle représente un ensemble de processus divisés en activités et entrepris pour obtenir un résultat visant l'objectif désiré. La responsabilité d'exécution d'une activité par un acteur correspond à un rôle opérationnel. Le déroulement du processus est soutenu par un ensemble de ressources et conditionné par l'occurrence d'événements déclencheurs, d'origine interne ou externe. La vue « Ressources » (cf. Figure 2) représente les ressources humaines et techniques utilisées au cours des différentes activités du projet. Elle concerne l'ensemble des moyens nécessaires pour effectuer la transformation de matières premières et des composants en produits finis.

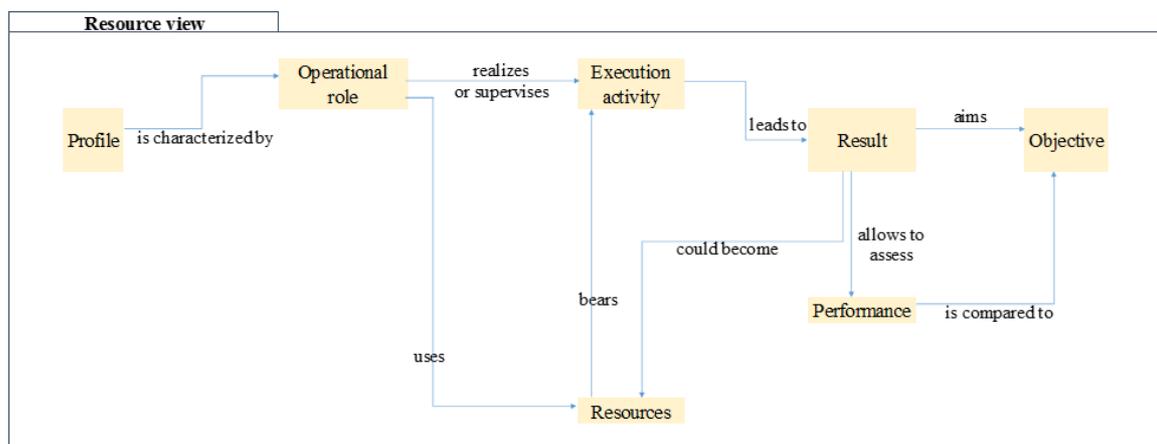


Fig. 2. La vue « Ressources »

La vue « Organisation » représente les différents acteurs, ainsi que leurs responsabilités et compétences individuelles ou collectives. Les unités organisationnelles sont composées de profils, ayant chacun un rôle organisationnel traduisant leurs responsabilités et leur autorité, et un rôle opérationnel correspondant à leur expérience ainsi qu'à leurs compétences. Il est à noter que la vue « Organisation » met en évidence le concept de décision, par un rôle organisationnel, ayant un ensemble d'informations, des critères de sélection et un

certain pouvoir de décision. Finalement, la vue « *Information* » représente toutes les données et informations nécessaires à l'achèvement d'une activité donnée.

### 3.3. Description du modèle : les entités du projet

Le modèle est composé de seize entités : *Processus*, *Déclencheur (processus)*, *Déclencheur (Activité)*, *Activité d'exécution*, *Activité de décision*, *Résultat (processus)*, *Résultat (activité)*, *Objectif (processus)*, *Objectif (activité)*, *Performance (processus)*, *Performance (activité)*, *Rôle Opérationnel*, *Rôle Organisationnel*, *Profil*, *Unité Organisationnelle* et *Ressources*. Ces entités ont été choisies pour leur capacité à prendre en compte tous les aspects du projet et à permettre une simulation du projet de façon réaliste. Dans chaque vue (*Fonction*, *Organisation*, *Information* et *Ressources*), seulement quelques entités sont visibles. Tous les liens entre les entités sont visibles dans au moins une vue. Toutes les entités sont caractérisées par un ensemble d'attributs prenant des valeurs différentes aux différents stades du déroulement du projet. Par exemple, l'entité *Ressources* est représentée dans les vues *information* et *ressources*. La différence est qu'une ressource appartenant à la vue *ressources* est une ressource réutilisable, comme les ressources humaines ou les équipements de production, ou une ressource consommable telle que la matière première. En revanche, dans la vue « *Information* », une ressource est immatérielle. Une autre différence majeure est que la vue « *Ressources* » est relative aux activités d'exécution contrairement à la vue « *Information* » qui considère également les activités de décision.

### 3.4. Description du modèle : la vue risque

Tous les attributs d'une entité dite « *Entité source* » sont autant de « *Facteurs de risque* » qui, dans certaines conditions (changement de valeur d'un ou plusieurs attributs), peuvent induire des « *Evénements risqués* ». Ces événements risqués aboutiront au(x) changement(s) d'une ou plusieurs valeurs de plusieurs attributs des entités impactées dites « *Entités cibles* » (cf. Figure 3).

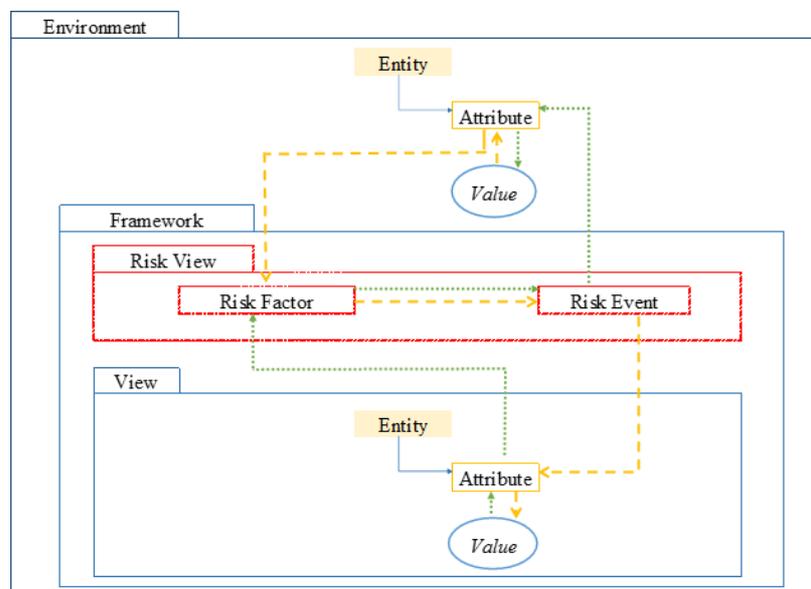


Fig. 3. La vue « *Risque* »

La même règle s'applique aux relations entre les entités du système projet et les entités de l'environnement, chacune d'entre elles étant possiblement une entité source ou une entité cible. « L'interaction des risques » n'est pas explicite dans le modèle, mais est un résultat direct de ces dépendances une fois que l'on considère les différents pas de temps auxquels se produisent des changements de valeur des attributs. Ainsi, n'importe quelle entité est susceptible de créer des facteurs de risque différents ayant des effets aux pas de temps suivants. Selon la définition retenue du risque, ce dernier ayant une connotation neutre, les effets considérés peuvent être positifs ou négatifs. La nature dynamique de ces risques projet est due au fait que certains risques disparaissent tandis que d'autres mènent à un événement non désiré durant le déroulement du projet [MEH 12] [HAM 14].

## 4. Application de la méthode proposée à un projet de construction de centrale solaire thermodynamique

Nous présenterons une illustration basée sur un projet réel, ayant lieu dans le cadre de la thèse. Les résultats seront présentés selon la vue ressource. Il doit être noté que bien que le formalisme soit défini, le modèle est toujours en cours de développement.

Notre application est un projet réel dans le domaine du *Concentrated Solar Power* (CSP), mené par un industriel français que nous ne nommerons pas pour des raisons de confidentialité. Pour la même raison, quelques détails seront intentionnellement omis, comme le type de technologie et la localisation exacte. L'intérêt porté au marché du CSP est dû à l'augmentation du coût des énergies fossiles ainsi qu'aux différentes incitations financières, qui ont permis au CSP de devenir attractif commercialement, aboutissant à un investissement accru dans ces projets d'innovation. La performance de la construction d'une usine CSP dépend de nombreux facteurs, d'où l'intérêt d'appliquer notre méthode à ce cas. L'utilisation d'un tel outil est utile pour aider les ingénieurs à considérer simultanément la gestion de projet, les risques associés et leur évolution.

Nous considérons ici une activité du processus de construction de l'usine CSP. Cette activité consiste en la mise en place in-situ de l'usine de montage de composants (les réflecteurs) formant le champ solaire de l'usine CSP. Cette activité a lieu en parallèle avec la réalisation de travaux de génie civil et peut être divisée en deux activités : le montage de la structure et l'assemblage des différents composants à l'intérieur de la structure.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la vue « *Ressources* » représente tous les moyens nécessaires pour effectuer une activité d'exécution. Un profil (acteur) est, dans cette vue, caractérisé par un rôle opérationnel qui représente ses compétences en termes de savoir, de savoir-faire et de savoir-être. Ce rôle opérationnel est en charge d'une activité d'exécution aboutissant à un résultat visant un objectif mesurable en termes de coût, de délai et de qualité et atteignant une certaine performance également mesurable en termes de coût, de délai et de qualité. Cette activité d'exécution nécessite un certain nombre de ressources consommables, de ressources humaines (différent du profil par le fait qu'elles n'ont aucun pouvoir de décision) et des équipements de production.

Il a été choisi une activité particulière avec un budget de 61,600.00€ et un temps alloué total de 14 jours de travail. On considère deux profils et vingt opérateurs (des ressources humaines). La progression de l'activité dépend de plusieurs paramètres dont : la quantité de ressources mobilisées (ressources humaines, équipements de production et ressources consommables) par pas de temps (ici la journée), le taux d'efficacité et le niveau de qualification des ressources humaines, le taux d'efficacité des équipements de production et le niveau de compétences du rôle opérationnel. Ainsi, selon les valeurs de ces attributs, la durée effective de l'activité différera de la durée initialement prévue (avec les valeurs optimales des différents attributs). De plus, le coût de l'activité est directement lié à sa durée, mais aussi à sa localisation, à l'utilisation et la consommation de ressources et finalement à la mobilisation d'un rôle opérationnel qui en assure la supervision ou la réalisation. Quant aux ressources, les consommables sont caractérisées par le coût d'achat, le coût de transport et le coût de stockage; les systèmes de production par le coût d'achat, le coût d'opération, le coût de maintenance et le coût de stockage; et les ressources humaines par un salaire. En ce qui concerne la qualité de l'activité, elle dépend des ressources mobilisées, de sa localisation et enfin des compétences et du taux de charge du rôle opérationnel.

Une fois que le projet est modélisé, il est possible d'identifier des facteurs de risque divers induits par les attributs des entités. S'en suit l'identification des événements risqués. Les valeurs des attributs peuvent être modifiées pendant la progression de l'activité en raison de l'occurrence des événements risqués. Le Tableau 1 présente quelques facteurs de risque probables, pouvant être induits par les entités de la vue ressource.

**Tableau 1.** Risques associés au projet – Liste partielle de Facteurs de risques

Source entity	Risk factors
Consumable resources	Purchase cost per unit
	Transportation cost per unit
	Storage cost per unit
	Amount stored
	Quality of the storage area
	Quality of the supplier
Human resources	Number of operators mobilized per day
	Level of qualification
	Efficiency

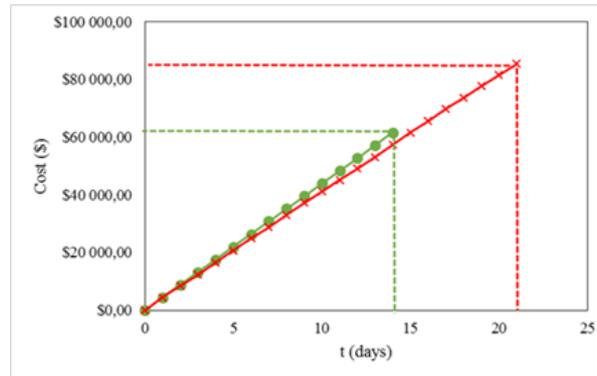
Un événement risqué pourrait être par exemple que l'activité ne puisse pas être réalisée à cause d'un nombre d'opérateurs inférieur à celui requis.

Le Tableau 2 présente les résultats obtenus avec cette approche. Ces résultats ont été obtenus en considérant trois facteurs de risques liés au niveau de qualification (RF1) et à l'efficacité de la main-d'œuvre locale (RF2). Nous avons aussi considéré le nombre d'opérateurs mobilisés par jour (RF3) (la qualité n'est pas considérée dans cet exemple).

**Tableau 2.** Performance de l'activité

Activity performance	Duration	Cost
No risk	14 days	61,600.00€
RF1	18 days	74,550.00€
RF2	16 days	70,400.00€
RF3	17 days	74,800.00€
RF1, RF2, RF3	21 days	85,500.00€

La figure 4 représente la durée d'activité et le coût cumulé sans risques (points verts) et avec intégration des risques (RF1, RF2 et RF3) (croix rouges). Il est à noter que ces résultats ont été obtenus après une simulation.

**Fig. 4.** Coût et durée de l'activité

Le cas le plus défavorable pour le délai et le coût du projet est la combinaison des trois facteurs de risque. Pris individuellement, le RF3 (le nombre d'opérateurs mobilisés par jour) est responsable des pires effets. Il est important de noter que bien que les interactions entre les risques ne soient pas explicitement décrites, celles-ci apparaissent dans les résultats. Ceci est dû à la structure du modèle. Les écarts différents que nous observons entre les coûts et les délais initiaux et ceux finalement obtenus dans les scénarios différents de mise en œuvre de l'activité montrent l'intérêt cette méthode. De plus, les résultats sont présentés ici selon la vue « Ressources », mais prennent en compte tous les aspects du projet définis dans les autres vues de modélisation. La différence observée est due aux changements des valeurs de quelques attributs des entités utilisées pour réaliser les deux activités d'exécution. Deux points de cette approche peuvent être discutés. Pour assurer la robustesse de notre approche, nous devons la tester avec plusieurs projets réels achevés. En effet, ce modèle exige beaucoup de paramètres définis par les utilisateurs, et sont difficiles à évaluer. La mise en œuvre de cette approche pourrait aussi nous permettre de connaître l'influence de tous ces paramètres sur les résultats.

## 5. Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous discutons du besoin d'une gestion intégrée des risques projet. En effet, il y a des outils de gestion des risques, mais ils ne représentent pas le projet ou son environnement et abordent ainsi indépendamment les risques. D'autre part, des outils de gestion de projets conventionnels n'intègrent pas le concept de risque. Quelques outils pour la gestion intégrée des risques projet ont été développés. Cependant, ils ne permettent pas d'intégrer tous les aspects du risque et encore moins toutes les composantes du projet. Choisir la meilleure stratégie dans un projet est souvent délicat, en particulier dans le cas d'un projet innovant [MAR 13]. De plus, les projets sont par essence complexes et la complexité est une source majeure de risques. En conséquence, la complexité des projets mène à une plus grande complexité des risques qui sont liés avec toutes les composantes du projet et de son environnement. Chaque scénario possible du projet peut être soumis à des risques différents. Pour évaluer le risque de chaque scénario de projet, nous proposons une approche de modélisation, de simulation et d'évaluation des risques de projet en termes de coût, de délai et de qualité.

La contribution principale de cette approche est la nature du modèle utilisé. Dans le cadre d'un projet, la nature complexe des risques est due au fait qu'ils affectent plusieurs objectifs liés les uns aux autres, qu'ils sont perçus différemment par les multiples acteurs qui ont des intérêts divergents, qu'ils interagissent avec les composantes diverses du projet aussi bien qu'avec d'autres risques et qu'ils se manifestent différemment selon le niveau d'abstraction du projet. La vue risque permet la représentation de sa structure interne en termes de causes et de

conséquences et de ses relations avec les composantes du projet. La mise en œuvre de la méthode proposée a pour but de reproduire le comportement du projet, d'évaluer sa performance et de prévoir ses dérives éventuelles en respectant le cahier des charges suivant : être applicable au processus entier de gestion des risques, être dynamique, être multi-vues et multi-échelles. Pour cela, cette méthode utilise un processus itératif composé de plusieurs étapes successives. Le point de départ est la modélisation d'un projet à un temps  $t$  avec un ensemble de vues et d'entités (ISO 31000 et ISO 19440) et un cadre de modélisation. L'exemple présenté montre ici que notre approche est adaptée pour prendre en compte la complexité des interactions entre risques et projet. De plus, une telle approche nous permet d'évaluer le coût, la durée, la qualité et le niveau de risque du projet. Le modèle présenté est un prototype qui doit s'améliorer par sa mise en œuvre dans des projets différents

## 6. Bibliographie

- [BRE 13] BREYSSE, D., TEPELI, E., KHARTABIL, F., TAILLANDIER, F., MEDHIZADEH, R., MORAND, D., Project risk management in construction projects: Developing modelling tools to favor a multidisciplinary approach. *Safety, Reliability, Risk and Life-Cycle Performance of structures and Infrastructures*, Deodatis, Ellingwood and Frangopol, 2013.
- [FAT 11] FATHALLAH, A., Modélisation d'entreprise : Proposition d'une démarche de construction et de validation de modèles réalisant la cohérence des systèmes de l'entreprise, Ecole Centrale Paris, Thèse de doctorat, 2011.
- [GRI 12] GRIMALDI, S., RAFALE, C., CAGLIANO, A.C., A framework to select techniques supporting project risk management, licensee inTech, <http://dx.doi.org/10.5772/50991>, 2012.
- [HAM 14] HAMZAOU, F., TAILLANDIER, F., MEHDIZADEH, R., BREYSSE, D., ALLAL, A., Evolutive Risk Breakdown Structure for managing construction project risks: application to a railway project in Algeria. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, volume 19:2, 2014, pp. 238-262.
- [IFA 99] IFAC-IFIP Task Force., GERAM, Version 1.6.3, IFAC-IFIP Task Force on Architecture for Enterprise Integration, 1999.
- [ISO 03] ISO/DIS 10006, Systèmes de management de la qualité – Lignes directrices pour le management de la qualité dans les projets, ISO, 2003.
- [ISO 04] ISO/DIS 19440, Enterprise integration — Constructs for enterprise modelling, ISO, 2004.
- [ISO 09] ISO/DIS 31000, Risk management - Principles and guidelines on implementation, ISO, 2009.
- [MAR 02] MARLE, F., Modèles d'informations et méthodes pour aider à la prise de decision en management de projet, Ecole Centrale Paris, Thèse de Doctorat, 2002.
- [MAR 14] MARLE, F., A structured process to managing complex interactions between project risks. *International Journal Project Organisation and Management*, volume 6, Nos. ½, 2014, pp.4-32.
- [MAR 13] MARMIER, F., GOURC, D., LAARZ, F., A risk oriented model to assess decisions in new product development projects. *Decision Support Systems*, volume 56, 2013, pp. 74-82.
- [MEH 12] MEHDIZADEH, R., TAILLANDIER, F., BREYSSE, D., NIANDOU, H., Methodology and tools for risk evaluation in construction projects using Risk Breakdown Structure. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, volume 16:1, s78-s98, 2012.
- [NEI 06] NEIGER, D., CHURILOV, L., ZUR MUEHLEN, M., ROSEMAN, M., Integrating risks in business process models with value focused process engineering. In Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems, 2006, pp. 1606-1615, Sweden.
- [PAR 09] PARKER, H.W., REILLY, J., Life cycle cost considerations using risk management techniques, World tunneling conference, Budapest, 2009.
- [ROD 14] RODNEY, E., LEDOUX, Y., DUCQ, Y., BREYSSE, D., Integrating risks in project management, Dependency and structure modelling conference, Paris, 2014.
- [SPE 05] SPERANDIO, S., Usage de la modélisation multi-vue d'entreprise pour la conduite des systems de production, Université Bordeaux 1, Thèse de Doctorat, 2005.
- [TAI 11] TAILLANDIER, F., MEHDIZADEH, R., BREYSSE, D., Evaluation et aggregation des risques pour les projets de construction par le recours aux Risk Breakdown Structures, 2011.
- [ZUR 05] ZUR MUEHLEN, M., ROSEMAN, M., Integrating risks in business process models. Proceedings of the 2005 Australian Conference on Information Systems (ACIS 2005). Manly, Sydney, Australia.