
Trois approches complémentaires pour l'analyse des risques de projet

A. Herlin¹ – D. Breysse² – Y. Ledoux² – A. Cohen³

¹SETEC-ferroviaire, précédemment ENSAM ParisTech, Bordeaux, France

²Université Bordeaux 1, Laboratoire I2M-UMR5295, 33405 Talence cedex

³Université de Bordeaux, Direction du Patrimoine et des Infrastructures, France

denis.breysse@u-bordeaux1.fr

RÉSUMÉ. Nous présentons ici une démarche innovante de représentation des risques, reposant sur la combinaison de trois approches : temporelle, structurelle et fonctionnelle. Leur point commun est d'être adaptées au caractère évolutif des projets de construction, et au besoin d'analyser les risques à différentes échelles. Les approches structurelle et fonctionnelle permettent de mieux identifier les nombreuses sources de risques existant aux interfaces. C'est sur leur base que l'on peut alors quantifier la distribution statistique de la durée de projet, et évaluer des indices de succès tels que la marge moyenne ou la probabilité de respect des délais.

ABSTRACT. This paper presents an innovative risk model, which combines three specific approaches: temporal, structural and functional. Their common point is that they are easily adaptable during the project life, and that they can be used at various scales, from macro-tasks to elementary tasks. Structural and functional analyses enable a better identification of the many risk sources, which often lay at interfaces. On this basis, it is possible to build the statistical distribution of project duration, and to estimate success index like the mean margin or the probability of fulfilling the expected project duration.

MOTS-CLÉS : analyse des risques, analyse fonctionnelle, événement risqué, risque de projet

KEYWORDS: functional analysis, risk analysis, risk event, project risk management,

1. Introduction

Le domaine du management des risques liés aux projets de construction est l'objet de nombreuses recherches. En effet, les acteurs de ces projets sont animés par la volonté commune d'optimiser la gestion des risques en mettant en place des outils performants afin d'assurer le succès de leurs projets. Le succès repose sur trois points clefs : la maîtrise de la qualité, de la durée et des coûts du projet. Dans le domaine de la construction, comme dans de nombreux autres domaines, les risques liés aux projets peuvent provenir de nombreuses sources telles que le comportement des acteurs, leurs interactions, la non maîtrise des flux internes au projet (Chapman, 2001). De plus, les risques peuvent intervenir à différents stades d'avancement du projet et sont susceptibles d'impacter les tâches en aval.

Afin d'assurer le succès de son projet, le manager se doit de tenir compte de toutes ces sources de risques. Dans le cadre d'une procédure globale de maîtrise des risques, les phases d'identification et d'évaluation sont essentielles. La représentation hiérarchique des risques (arborescences hiérarchiques unidimensionnelles – RBS – (Mehdizadeh et al, 2011) ou bidimensionnelles – RBM (Hillson et al, 20006)) est un support adapté, qui permet en outre l'évaluation des risques. Elle suppose cependant que les difficultés d'identification des risques ont été résolues. Les relations complexes entre les nombreux acteurs (Flyvbjerg et al, 2002) et l'organisation du projet (Klemetti, 2006) participent significativement à la réussite ou à l'échec des projets. La bonne gestion des flux de matière, d'énergie, de documentation et d'information est essentielle. La gestion de projets repose usuellement sur des outils qui décrivent le projet dans sa temporalité (PERT, Gantt...). Une telle représentation est adaptée à la vision dynamique des risques. Elle n'est cependant pas idéale pour l'identification, la représentation et la prise en considération des risques liés aux interfaces (en particuliers entre acteurs).

Notre travail consiste à étudier dans quelle mesure deux approches innovantes, basées sur des décompositions structurelle et fonctionnelle, peuvent être adaptées au processus « projet » et faciliter l'identification puis l'analyse des risques. L'approche structurelle permet de représenter le projet au travers de ses acteurs et leurs interactions. L'approche fonctionnelle, inspirée du domaine du Génie Industriel, permet de décomposer le processus (ici le projet) via les différentes fonctions qu'il doit remplir et de représenter les flux de ressources et d'informations internes au projet. Chacune, permet en outre de représenter le projet au niveau de détail désiré, assurant une gestion des risques au niveau macro comme micro. Les apports de chaque approche et leur complémentarité sont étudiés en les appliquant au cas d'un projet de réhabilitation et d'extension d'une salle de cinéma parisienne (Le Louxor).

2. Identification et représentation des risques de projet

Le risque est défini (Norme ISO 31000) comme « l'effet de l'incertitude sur les objectifs ». Dans le domaine des risques de projets, on parlera d' « événement

risqué» pour toute source à laquelle sont attachées des incertitudes (nature, probabilité d'occurrence, ampleur), susceptibles de modifier les objectifs du projet, en termes de coût, de délais ou de performances. Ce sont ces effets qui sont dénommés « risques de projet ». La maîtrise des risques, dans le projet comme dans d'autres domaines, passe par une suite d'étapes dont les premières sont l'identification et l'évaluation des risques (Breysse, 2009).

L'identification des risques est un premier problème : comment être certains que l'on aura bien envisagé tous les dangers potentiels ? Tous les scénarios ? On peut recourir à des outils et méthodes divers : checklists, retour d'expérience et séances de brainstorming. Une fois les sources de risque recensées, il convient de les évaluer. La complexité des systèmes traités est un problème, dans la mesure où les efforts doivent être concentrés sur les points les plus importants, soit du fait de leur fréquence, soit du fait de leur impact potentiel.

Lors de ces deux phases, la représentation des risques est un enjeu important. Elle doit faciliter les échanges d'information et d'opinion, clarifier les points obscurs, éviter les oublis... Elle doit être adaptée au contexte particulier du projet, processus évolutif complexe, impliquant de nombreux acteurs et pour lequel l'échelle de détail de l'analyse n'est pas figée a priori. La représentation des risques recourant à une représentation hiérarchique (RBS – Risk Breakdown Structure), qui est combinée à une représentation hiérarchique des tâches (WBS – Work Breakdown Structure) est un support pratique courant, même s'il n'existe pas aujourd'hui de méthode validée justifiant telle ou telle représentation. Nous travaillons actuellement sur cette question, pour proposer des RBS adaptés aux besoins exprimés par les acteurs du projet (Mehdizadeh et al, 2011). D'autres types de représentations peuvent être utilisés, dont nous allons analyser les complémentarités.

Il est naturel de recourir à une représentation temporelle des risques, accompagnant la vision dynamique du projet, pour lequel les processus de gestion des tâches emploient ce type de représentation (outils PERT – Project Evaluation and Review Technique – ou Gantt). Le fait que le projet soit, à l'échelle macroscopique, naturellement découpé en étapes (p. ex. faisabilité, définition, contractualisation, conception, réalisation, utilisation...) rend cette vision performante. Les risques peuvent être aisément attachés à des tâches, pour lesquelles les aléas se traduisent en délais supplémentaires ou en surcoûts. Les opportunités peuvent aussi être aisément visualisées. On peut ainsi augmenter les ressources affectées à une tâche pour réduire sa durée si les conséquences se répercutent à une échelle plus large. C'est à l'utilisation de tels supports de représentation que se limite le plus souvent, dans la pratique, la modélisation des risques de projet. On peut, par exemple, considérer que les durées des tâches sont des variables aléatoires, et estimer la distribution statistique des durées globales, comme le fait la procédure CVEP® mise en place par le WSDoT (Parker et Reilly, 2009), et comme nous l'illustrerons au §4. (Williams, 1995) dans une large analyse bibliographique, confirme que c'est la voie la plus employée. La cible est la quantification du délai total, mais aussi des tâches critiques. On peut aussi distinguer les aléas d'origine interne (qui justifient la

modélisation de la durée de chaque tâche sous une forme probabiliste) et les facteurs d'origine externe qui influencent les coûts et les délais, et q

ui sont identifiés au terme d'une réflexion collective et peuvent être pris de manière plus globale [Austeng, 2006]. Des difficultés viennent aussi de la prise en compte de ressources limitées, des incertitudes sur leur disponibilité, d'incertitudes dans la structure du réseau, d'incertitudes dans les conséquences, de distributions statistiques complexes... Mais le handicap majeur de cette représentation temporelle est qu'elle attache les risques aux activités, quand la pratique montre que les risques sont fréquemment liés aux interfaces (entre systèmes, entre tâches, entre acteurs).

3. De nouvelles approches pour identifier et évaluer les risques

3.1. La vision structurelle du projet

Dans les projets de construction, le rôle de chaque acteur, ses responsabilités et ses interactions avec les autres acteurs sont nombreux et varient au fil du projet. Cette organisation est a priori définie par l'environnement réglementaire et le cadre contractuel régissant le projet (p.ex. loi MOP). La représentation structurelle (figure 1) s'organise autour des « sphères principales » : maîtrise d'ouvrage (MOA, AMO), maîtrise d'œuvre (architectes, bureaux d'études techniques), réalisation (entrepreneurs, sous-traitants, fournisseurs), autres parties prenantes (bureaux de contrôle, administration, financeurs, riverains, politiques, assureurs...).

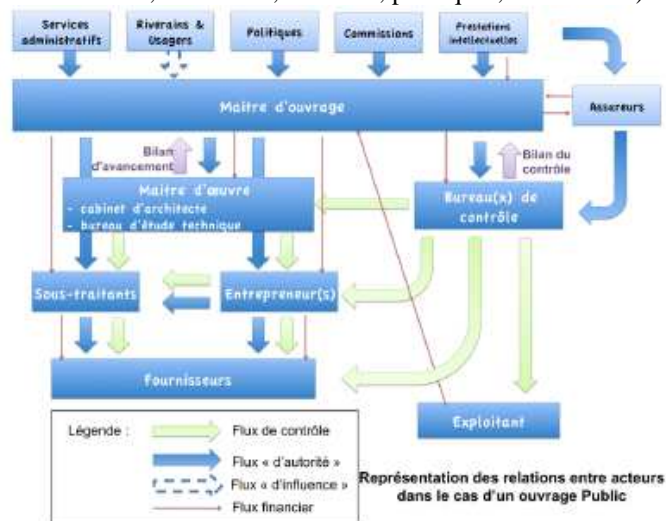


Figure 1. Représentation structurelle du projet : acteurs et flux

On distingue sur la figure 1 les interactions selon leur nature : flux financiers, flux « d'autorité », flux « d'influence », flux de contrôle. Ainsi, l'organisation des acteurs au sein du projet apparaît plus clairement. Les risques peuvent être de deux types :

attachés à un acteur (qui n'effectue pas correctement les tâches qui lui sont propres) ou à des interfaces entre acteurs, par ex. management inapproprié, retard de paiement, manque de réactivité, défaut de communication... De tels événements risqués peuvent être plus aisément identifiés, même si le recours à un registre des risques demeure utile. L'inventaire des risques peut déboucher sur une matrice des risques, où chaque événement risqué est défini par l'acteur qui en est à l'origine et par l'acteur qui en est le destinataire.

Une telle représentation est adaptée à la vision du projet sous le point de vue d'un acteur particulier. Elle peut aussi parfaitement être adaptée à l'échelle souhaitée, par exemple en focalisant sur un acteur particulier, p. ex. l'entreprise de construction, où les interactions entre les services pourront être mises en lumière. Enfin, elle permet de prendre en compte tout type de conséquence, et pas seulement les délais.

3.2. L'approche fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle, issue de l'ingénierie de la production, permet de définir les fonctions à remplir, par exemple en phase de conception ou d'amélioration d'un produit. La démarche consiste à recenser, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions. Une fonction se compose d'un verbe ou d'un groupe verbal caractérisant l'action et de compléments représentant les éléments du milieu extérieur concernés par la fonction (AFNOR, 2007). On distingue les fonctions de service, les fonctions de contraintes (imposées en partie par l'environnement) et les fonctions complémentaires. Après analyse, il semble que les outils très structurés de l'analyse fonctionnelle pourraient être appliqués à un projet, vu comme un système organisationnel et technique devant remplir certaines fonctions, et être apte à mettre en évidence de potentielles sources de risque.

De nombreux outils graphiques permettent de développer l'analyse fonctionnelle en décomposant le système. Nous avons privilégié la méthode SADT (Structure Analysis and Design Technique) qui décompose le système en blocs fonctionnels de manière hiérarchique (Baguet, 2005). Elle permet de faire apparaître les flux de matière, d'énergie et d'information entre les blocs, et d'identifier les sources de risques comme les interruptions ou les altérations de ces flux. La maîtrise des risques attachés à ces différents flux demandera des réponses adaptées à leur nature : les actions seront différentes s'il s'agit de maîtriser un flux d'énergie assurant le fonctionnement d'un équipement crucial (par exemple un tunnelier) ou un flux d'information. Une des caractéristiques de la méthode est d'être hiérarchique, et donc tout à fait adaptée à une vision à différentes échelles du processus projet.

Pour une application génie civil, on distinguera les flux d'information des flux de ressources (matériels et matériaux, financiers, énergie). On peut, en partant d'une représentation de type PERT où le projet est décomposé (à une certaine échelle) en tâches, identifier l'ensemble des flux attachés à chaque tâche, en entrée et en sortie. Par exemple à une tâche comme « étudier la conception » correspondront des flux d'entrée, attachés au cahier des charges ou au financement, et des flux de sortie, par exemple sous forme de documents et résultats d'études, qui permettront de passer aux tâches suivantes. Des sources de risque seront attachées au fonctionnement du

bloc (p. ex. une erreur de calcul), au flux d'entrée (p. ex. l'utilisation d'un standard inadapté) ou de sorties (p. ex. des documents ambigus).

3.3. Les complémentarités entre les trois représentations

Si la représentation temporelle est classique en génie civil, ce n'est pas le cas des deux autres approches. Les trois approches ont l'avantage de se prêter à une vision multi-échelle, et sont adaptées au contexte évolutif du projet. Cependant, leurs atouts sont complémentaires. Les visions structurelles et fonctionnelles permettent de mettre en relief le rôle des interfaces et des flux, dont on sait combien ils sont essentiels à la réussite du projet. Le Tableau 1 synthétise, à titre illustratif les points forts et les points faibles de ces trois modes d'analyse et de représentation. Nous avons ensuite choisi de tester plus précisément cette complémentarité en mettant en œuvre les trois approches sur un cas concret de projet de construction.

Critères d'appréciation		Approche		
		Temporelle	Structurelle	Fonctionnelle
Aptitude à la prise en compte des objectifs	Coûts			
	Délais			
	Qualité			
Facilité de l'analyse				
Exhaustivité de l'analyse				
Caractère dynamique				
Souplesse multi-échelle				
Aptitude à décrire les risques attachés aux tâches				
Aptitude à décrire les risques attachés aux interfaces				
Aptitude à faciliter la vision par acteur				

Evaluation : ■ Bien adaptée ■ Moyennement adaptée ■ Pas adaptée

Tableau 1. Forces et faiblesses des trois types d'approche.

4. Etude de cas : réhabilitation de la salle du Louxor

Le cinéma Louxor, inauguré en 1921 et à l'architecture antique, était composé d'une grande salle d'une capacité de 1195 places. Sa façade néo-égyptienne, dont il tire son nom et les toitures du bâtiment ont été inscrites à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques (figure 2). Transformé en discothèque, puis laissé à l'abandon après 1990, il a été acquis par la Ville de Paris en juillet 2003. Le projet de réhabilitation est entrepris en novembre 2004, le marché d'assistance à la maîtrise d'ouvrage est passé en 2007 puis l'appel d'offre pour le marché public de maîtrise d'œuvre est lancé. L'appel d'offres d'entreprise est lancé en septembre 2009 et le permis de construire délivré au printemps 2010. L'ouverture du cinéma rénové est prévue pour le printemps 2013.

Le projet de réhabilitation et d'extension porte sur la restauration de la façade, la restauration partielle de la grande salle (324 fauteuils), la création de 2 nouvelles

Trois approches complémentaires pour l'analyse des risques de projet

salles (140 & 74 fauteuils), d'un espace d'exposition et d'un café. Les travaux sont réalisés dans le cadre d'un marché public, avec 19 lots séparés, permettant un choix plus adaptés des sous-traitants. Le coût total des travaux est estimé à 29 M€. La difficulté de ce type de fonctionnement impose de nommer un mandataire, ici l'entreprise de gros œuvre, et le besoin d'une OPC (Ordonnancement Pilotage Coordination) pour coordonner tous les acteurs. La figure 3, vision structurelle, illustre la multiplicité des interactions entre les acteurs au niveau global du projet, facteur reconnu de complexité. Une complexité de même nature existe à d'autres échelles, par exemple pour la sphère de la maîtrise d'œuvre.



Figure 2. La façade du Louxor

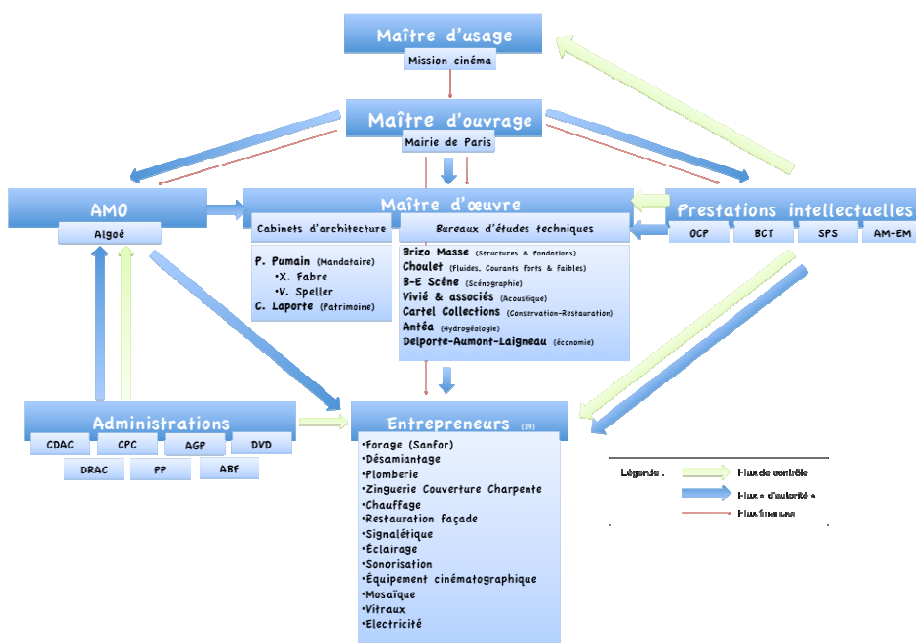


Figure 3. Vision structurelle du projet et flux entre acteurs.

La démarche d'analyse des risques a été conduite à deux échelles, celle du projet dans sa globalité, qui s'étend 53 mois, et celle d'une série plus limitée de tâches, relatives aux études de conception en phase d'avant-projet détaillé, pour un ensemble de tâches couvrant 110 jours. Dans les deux cas nous nous sommes appuyés sur : (a) la représentation Gantt des tâches, (b) un registre des événements risqués établi dans un travail plus général (Medhizadeh et al, 2011).

La figure 4 illustre le diagramme PERT du projet en 17 tâches, qui sert de base à une première analyse. La vision déterministe conduit à un délai total de 1510 jours, ménageant ainsi une marge de 80 jours par rapport à la durée prévue de 53 semaines. Cette marge permet principalement de couvrir le risque d'appel d'offres marchés infructueux (Tâche E), avant travaux (Tâche F).

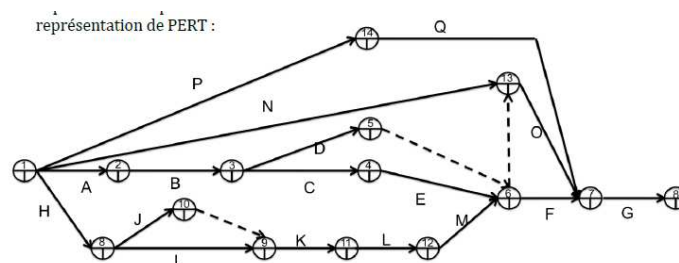


Figure 4. Diagramme PERT du projet

Les probabilités de non respect des délais peuvent être estimées à condition de fournir des données adéquates pour les durées de chaque tâche. Nous avons conduit deux séries de simulations en considérant ces durées comme des variables aléatoires. Dans une première simulation (S1), on considère que les durées ont des distributions gaussiennes, avec une moyenne égale à la durée déterministe et un coefficient de variation cv variable. Ce cv est supposé identique quelle que soit la nature des tâches : études, passation de marchés, délais administratifs, travaux. Cette hypothèse pourrait être affinée sans difficulté. Dans une deuxième simulation (S2), on considère que se superpose à une variation aléatoire de la durée des tâches (avec cv = 10%) une probabilité d'appel d'offres travaux infructueux avec une probabilité p, qui induit un délai supplémentaire de 30 % de la durée initiale de 180 jours. Le Tableau 2 fournit les résultats obtenus en termes de (a) marge moyenne, (b) probabilité de dépassement du délai global de 190 jours.

	Simulation S1				Simulation S2	
	0, 0	5, 0	10, 0	15, 0	10, 0.1	10, 0.2
cv (%), p	0, 0	5, 0	10, 0	15, 0	10, 0.1	10, 0.2
m_{moy} (j)	80	75	71	65	67	64
p_{dep} (%)	0	5	21	32	23	25

Tableau 2. Marges m_{moy} sur les délais (en jours) et probabilité p_{dep} de non respect des délais.

La figure 5 illustre les résultats en termes de loi de répartition des durées de projet, pour les 3 simulations S1 avec cv variant de 5 à 15 %. Ces résultats ne sont qu'illustratifs, dans la mesure où nous ne disposons pas d'informations fiables sur les distributions statistiques réalistes des durées de tâches. C'est le défaut de telles données qui empêche aujourd'hui de mettre en œuvre de telles méthodes, même si de premières expériences en vraie grandeur semblent concluantes (WSDOT, 2008).

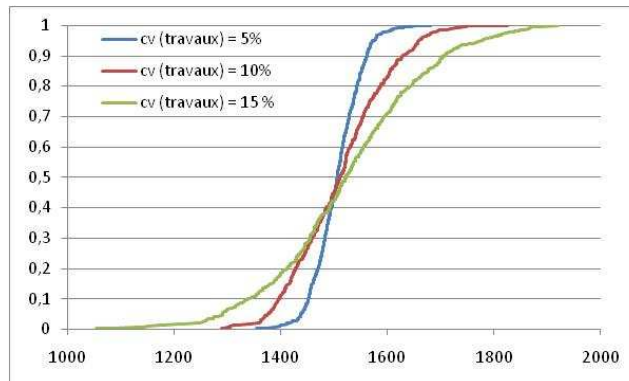


Figure 5. Distribution cumulée des délais prévus, pour trois intensités de l'aléa sur les durées élémentaires de tâches.

Une autre manière de traiter la question est d'identifier les événements risqués, et d'en quantifier l'intensité (probabilité d'occurrence, effet sur les durées de tâches, mais aussi sur les coûts ou la qualité). Dans cette optique, on peut recourir aux deux autres approches, structurelle et fonctionnelle. Ainsi, la figure 6 illustre la manière dont nous avons identifié, pour des sous-tâches relatives aux études de conception, les événements susceptibles d'affecter les délais.



Figure 6. Représentation fonctionnelle des phases d'étude de conception et événements risqués.

Ces événements, marqués par un code #xx, sont identifiés à partir du registre des risques. A titre d'exemple, les codes #27, #90 et #105 attachés au premier bloc fonctionnel correspondent respectivement aux événements suivants : communication insuffisante entre les acteurs du projet (ici, vers le maître d'œuvre), erreur de conception, difficulté financière des concepteurs. Dans un premier temps, les représentations structurelle et fonctionnelle du projet facilitent l'identification des risques (les échanges entre experts et la thésaurisation de l'expérience pourront progressivement alimenter les bases de données statistiques permettant de quantifier

ces risques). Ces données peuvent ensuite être utilisées pour simuler, sur la base d'une représentation temporelle, les performances du projet.

5. Conclusions

Nous avons dans ces travaux montré comment trois approches différentes de la représentation des projets de construction permettent de mieux identifier et formaliser les risques, et laissent entrevoir une possibilité de gestion plus intégrée, où les conséquences des événements risqués sont quantifiées. Une telle démarche ne peut s'inclure logiquement que dans le long terme, afin de constituer progressivement des bases documentaires permettant de valider les registres de risques adaptés aux projets et de quantifier les probabilités d'occurrence des événements redoutés. Nous avons montré ici comment les performances en termes de délais pourront alors être estimées sur une base probabiliste. Nous nous attachons par ailleurs à approfondir une série de questions encore ouvertes : comment intégrer efficacement les dépendances entre événements ? comment traiter les objectifs de qualité ? Les outils présentés ici ne constituent sans doute que l'ébauche d'une panoplie plus large, destinée à couvrir les différentes étapes de la maîtrise des risques de projet.

Bibliographie

- AFNOR (2007) Norme NF X50-151: expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel.
- Austeng K. (2006) Project planning uncertainty analysis and critical chain management, 20th IPMA World Congress.
- Baguet A. (2005) Cours d'analyse fonctionnelle, Chaînes énergie/information, CPGE Pissaro.
- Breyse D., 2009, Maîtrise des risques en génie civil : maîtrise et gestion des risques dans l'aménagement et la construction, Vol. 2, Hermès-Lavoisier.
- Breyse D., Niandou H., Chaplain M., 2009, Etat de la connaissance et des recherches en matière de maîtrise des risques de projet dans la construction, Projet ANR-GERMA, Rapport Univ. Bordeaux 1, déc. 2009.
- Chapman R.J., 2001, The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management, *Int. J. of Project Management*, 19, 147-160.
- Flyvbjerg B., Holm M.S., Buhl S., 2002, Underestimating costs in public works projects. Error or lie?, *APA Journal*, vol. 68, n. 3.
- Hillson D., Grimaldi S., Rafele C., 2006, Managing project risks using cross risk breakdown matrix, *Risk Management*, 8, 61-76, Palgrave Macmillan Ltd.
- ISO 31000 (2009) Management du risque – Principes et lignes directrices.
- Klemetti A., 2006, Risk management in construction project networks, Ph. D., Helsinki Univ. of technology, Espoo.
- Lam P.T.I., 1999, A sectorial review of risks associated with major infrastructure projects, *Int. J. Project Management*, 17, 2, 77-87.
- Mehdizadeh R., Breyse D., Chaplain M. (2011) Modeling methodology of the risk breakdown structure for project risk management in construction, *ICASP Int. Symp. Zurich*, 1-4/08/2011.

Trois approches complémentaires pour l'analyse des risques de projet

- Parker H.W., Reilly J. (2009) Life cycle cost considerations using risk management techniques, World tunneling conference, Budapest.
- Williams T. (1995) A classified bibliography of recent research relating to project risk management, Eur. Journal of Operational Research, 85, 18-38.
- WSDOT Guidelines for CRA-CEVP Workshops, 2008, Washington State Department of Transportation.