

# GESTION DES RISQUES DANS LES MÉGA-PROJETS

D. DAVI

Division Ouvrages d'Art, CETE Méditerranée, Ministère de l'Équipement, France  
[denis.davi@equipement.gouv.fr](mailto:denis.davi@equipement.gouv.fr)

## RÉSUMÉ

Exceptionnels par leurs caractéristiques intrinsèques, les méga-projets le sont également par le nombre de parties ou enjeux qui leurs sont associés (enjeux économiques, sociaux, technologiques, politiques ou médiatiques). A chacun de ces enjeux correspond un certain nombre de risques qu'il convient d'évaluer, de quantifier, de hiérarchiser et finalement tenter de minimiser. Ces exigences concernent tant la fiabilité de l'ouvrage lui-même que ses conséquences pour les usagers, les riverains, l'environnement, les partenaires techniques, économiques et financiers.

Pour être efficace et pertinente, la prise en compte et la gestion des risques doivent être entreprises dès les premières phases de planification et de conception et se poursuivre aux stades de la construction et de l'exploitation de l'ouvrage. L'anticipation des risques et la continuité de leur gestion entre les différents responsables et intervenants au cours des différentes phases du méga-projet ont prouvé être des éléments clé de réussite. De plus en plus, la gestion intégrée des risques fait partie intégrante des choix de conception et constitue un paramètre majeur dans la définition même de l'architecture, des matériaux, des méthodes de construction et donc des coûts.

## 1. DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES DES MÉGA-PROJETS

La définition de méga-projet s'applique de façon courante aux projets reconnus internationalement comme étant exceptionnels de par leurs dimensions, leur coût, leur architecture ou leur technicité. Hier les ponts d'Oakland et du Golden Gate à San Francisco, aujourd'hui le viaduc de Millau en France, le pont de Rion-Antirion en Grèce, le pont Akashi Kaikyo au Japon ou encore le tunnel de Storebaelt au Danemark sont des exemples évidents de méga-projets.

Du point de vue de l'ingénieur, la notion de méga-projet paraît assez subjective et s'applique de façon générale aux projets cumulant volume (dimensions, coûts...) et difficultés techniques. Les défis architecturaux, l'utilisation de structures ou matériaux innovants ou encore les difficultés relatives au site d'implantation peuvent en effet, indépendamment des dimensions de l'ouvrage, conduire à cette qualification. Afin de fixer quelques ordres de grandeur, on pourra traditionnellement considérer comme des méga-projets des ponts d'une longueur supérieure à 1000 mètres ou d'un coût supérieur à 100 millions d'Euros (120 M USD) et des tunnels de longueur supérieure à 10 km ou d'un coût de 500 millions d'Euros (600 M USD) ou plus. Concernant les ponts, la définition peut être affinée en considérant non pas la longueur totale de l'ouvrage mais la longueur des travées, plus représentative de la performance technique réalisée. La notion de méga-projet peut par ailleurs être étendue à une portion entière d'itinéraire (boulevard périphérique d'une agglomération, autoroute, etc.) et comprendra dans ce cas l'ensemble de la structure routière, son intégration dans son environnement, les ouvrages d'art qui la constituent, etc. Elle peut enfin différer en fonction de l'étendue et du domaine d'influence de l'autorité responsable : Etat, région ou ville et dépendra en général du niveau de technicité du pays considéré : la définition ou les caractéristiques d'un méga-projet seront

par exemple différentes selon que l'on se trouve dans un pays développé ou dans un pays en développement.

Du point de vue du manager ou du maître d'ouvrage, le méga-projet se définit essentiellement en termes de coûts, de chiffre d'affaires, d'organisation, de planification et de responsabilités que ce soit vis-à-vis du public concerné ou de l'environnement du projet. Pour mémoire, l'Administration des Autoroutes Fédérales américaine (FHWA) définit les méga-projets comme ceux dont le coût total dépasse 500 M USD et qui reçoivent une assistance financière fédérale du fait de leur importance tant du point de vue de leur perception dans la conscience collective du public et des autorités politiques que de celui de leur rôle hors norme au sein du réseau national de transports [1].

Ainsi la notion de méga-projet pourra être étendue à tous les projets exceptionnels en raison de leurs caractéristiques (coût, dimensions, architecture, technicité) ou parce qu'ils sont particulièrement exposés à certains risques naturels ou anthropiques ; le caractère exceptionnel étant à définir en référence à l'autorité ou à l'organisme responsable. Exceptionnels par leurs caractéristiques intrinsèques, ils peuvent malheureusement l'être également par l'ampleur des désastres qu'ils sont susceptibles d'engendrer lorsque les risques qui les menacent sont mal gérés. L'objectif du paragraphe suivant est de fournir un cadre et des conseils pour la gestion des risques dans les méga-projets.

## **2. CADRE POUR LA GESTION DES RISQUES DANS LES MÉGA-PROJETS**

### **2.1. Facteurs et partenaires associés à la gestion des risques dans les méga-projets**

Les méga-projets présentent la particularité d'associer dans un contexte commun plusieurs partenaires, organismes ou éléments environnementaux dont les enjeux, la culture ou les intérêts peuvent être très différents et parfois incompatibles. Les chantiers de grands projets impliquent donc inévitablement des risques pour toutes ces parties qui participent directement ou indirectement au projet. Par nature, ils impliquent des risques importants pour le maître d'ouvrage. Souvent l'ampleur ou les ambitions du projet seront amenées à changer pendant son développement ou sa mise en œuvre. Aux premières étapes du projet, les changements peuvent être dus par exemple aux incertitudes sur le tracé exact, les normes techniques, les interfaces du projet ou les conditions géotechniques et environnementales. Ces incertitudes peuvent entraîner des dépassements de coûts importants et des difficultés liées au retard. En outre, dans le cas des méga-projets, il y a potentiellement un risque d'accident de grande ampleur pendant la phase de travaux, et pour les zones habitées, il convient également de considérer le risque de dégâts causés à des tiers ou à des biens. Enfin, il existe le risque que le déroulement du projet soit perturbé par l'opposition du public et les mesures politiques découlant des problèmes que le projet peut causer aux riverains.

Figure 1 ci-dessous présente le contexte général et les partenaires associés directement ou indirectement à un méga-projet. Pour chacune de ces entités, les risques sont à envisager dans les deux sens : risques induits par l'ouvrage sur son environnement (naturel ou anthropique) et risques induits par l'environnement sur l'ouvrage.

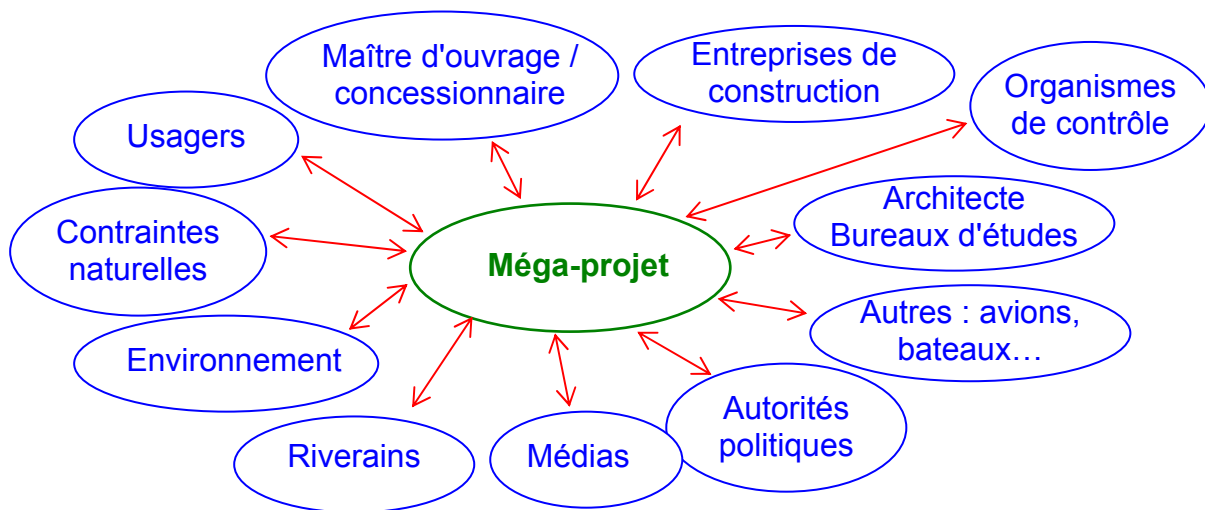


Figure 1 : Contexte et partenaires associés à un méga-projet

L'utilisateur est le principal bénéficiaire de l'infrastructure. Sa relation au méga-projet est associée à plusieurs types de risques : risque financier tout d'abord puisque la rentabilité de l'infrastructure est directement liée à son attractivité (études d'opportunité, gain de temps, confort) ; risques liés à la sécurité ensuite car un ouvrage routier mal conçu ou mal équipé met en danger la vie ou la santé de l'utilisateur (profil routier accidentogène, barrières de sécurité sous-dimensionnées, défaut de fonctionnement des extracteurs de fumée à l'intérieur d'un tunnel, etc.). Inversement, un accident causé par un automobiliste imprudent risque d'endommager la structure ou d'altérer sa fonctionnalité (incendie de tunnel, chocs sur dispositifs latéraux, renversement de matières dangereuses...).

Le maître d'ouvrage (ou le concessionnaire) sont les propriétaires et les financeurs de l'infrastructure nouvelle. Leurs principaux soucis concernent donc généralement les risques financiers, les risques de dépassement des délais de construction, ceux liés à l'exploitation et à la pérennité de l'ouvrage, mais également, et de plus en plus, une responsabilité morale et juridique vis-à-vis des utilisateurs et de l'environnement, tout au long de la vie de l'ouvrage (ou de la durée de concession). La réglementation européenne définit notamment depuis 1976 six exigences essentielles obligeant les maîtres d'ouvrage publics à se préoccuper des risques et de l'environnement et à mesurer les conséquences socio-économiques et juridiques des termes de la commande publique [2]. Pour les infrastructures et leurs composants, nous retiendrons les exigences vis-à-vis des résistances, de la sécurité (construction, service, incendie), de la protection (hygiène, santé, bruit, environnement), de l'économie (énergie, isolation)... La nouvelle approche de la normalisation européenne passe d'une logique descriptive à une logique performantielle. Les maîtres d'ouvrage doivent traduire des choix en termes de résultats plutôt que de moyens. De façon corollaire, les eurocodes n'anticipent pas sur les décisions de maîtrise d'ouvrage ; par exemple, ils ne fixent pas d'hypothèses de risque et s'en tiennent aux méthodes. Autrement dit, les eurocodes engagent pleinement la responsabilité des maîtres d'ouvrages et ne leur permettent pas de se reposer entièrement sur les ingénieurs [3].

L'architecte, les bureaux d'études et les entreprises de construction sont en charge respectivement de la conception et de la réalisation de l'infrastructure et se trouvent donc concernées par tous les risques qui y sont rattachés : risques financiers, tenue des délais de construction, accidents de chantier, qualité de la réalisation, respect et protection du milieu environnant... Une mauvaise gestion de ces risques est susceptible de remettre en

cause l'achèvement dans les temps du projet mais également la réputation et la santé financière de l'entreprise. De même, l'adjonction d'organismes de contrôle qualifiés et indépendants constituent une condition indispensable du succès de l'opération.

En fonction de son site d'implantation, le méga-projet peut se trouver exposé à un certain nombre de contraintes naturelles d'ordre climatologique (tempêtes, cyclones, pluies, neige, froid, verglas, milieu atmosphérique agressif...), géotechnique (glissement de terrain, chutes de blocs...), hydraulique (crues, inondations...) ou sismique (tremblement de terre, liquéfaction, tsunami...). Inversement, et plus rarement, un méga-projet peut lui-même par ses dimensions modifier ces niveaux de contrainte en modifiant la géomorphologie du site. C'est le cas notamment des grands barrages ou tunnels, parfois à l'origine de petits séismes, effondrements, instabilités de pentes, crues, inondations...

De part leurs dimensions, les méga-projets impactent directement et inévitablement l'environnement. Les aspects environnementaux, qui se trouvent de plus en plus au cœur des préoccupations politiques et sociales de nombreux pays, recouvrent tout ce qui concerne l'écologie du site (la faune, la flore, la présence éventuelle d'espèces protégées, la pollution, l'eau, le bruit...), l'insertion paysagère, l'architecture, la proximité éventuelle de monuments historique ou la présence de vestiges archéologiques. Les études de projet doivent donc prendre en considération un certain nombre de mesures de protection de l'environnement (ou éventuellement des mesures compensatoires) et prévoir une campagne de communication pertinente. Dans le cas contraire, le maître d'ouvrage risque d'exposer le projet à l'opposition du public, des autorités politiques et des associations écologiques, situation pouvant engendrer un retard ou une remise en cause de l'acquisition des terrains et des droits d'accès au site ou menacer le bon déroulement du chantier.

Dans le même ordre d'idée, les riverains et leurs représentants politiques sont directement concernés et exposés à des risques liés à la construction d'un méga-projet (nuisances sonores, risques de pollution, perturbation du trafic, modification du contexte socio-économique, coût de l'habitat, pression médiatique...). Une bonne communication est là aussi essentielle car ces aspects peuvent perturber ou remettre en cause le bon déroulement du projet. Le domaine ferroviaire est par exemple très vigilant sur le sujet. Il préconise tout un ensemble de dispositions à mettre en œuvre pour éviter les déraillements de trains à proximité des ouvrages (bâtiments, quais de gare, ponts), qui, lorsqu'ils se produisent, peuvent avoir des effets très négatifs en termes d'image. Dans le domaine routier, des effets négatifs peuvent également être consécutifs à des fermetures de tronçons d'autoroute, des évacuations de population, lors des incendies de tunnel ou en cas d'accidents graves. Les conséquences des accidents ne doivent donc pas être évaluées uniquement sous l'angle technique (tenue d'un ouvrage), mais aussi sous l'angle socio-économique, voire politique (gêne aux usagers, dangers pour les populations riveraines) [3].

Enfin, l'ouvrage peut se trouver menacé par tout autre type de risques, plus ou moins prévisibles ou anticipés tels que les collisions de bateaux, les crashes d'avions ou encore les actes terroristes, dont les conséquences sont souvent dramatiques à la fois pour l'infrastructures et les tiers impliqués.

Notons, en ce qui concerne notamment les usagers et l'environnement, que les risques doivent être établis, analysés et évalués non seulement vis-à-vis de la période de construction et de la mise en service de l'ouvrage mais pour toute sa durée de vie. La gestion des risques dans les méga-projets doit donc répondre aux attentes et

préoccupations des populations d'aujourd'hui tout en s'interrogeant sur celles des générations futures, conformément à la notion désormais mondialement reconnue et partagée de "développement durable".

Les grands projets routiers exigent donc un équilibre entre des facteurs aussi divers et variés que la gestion financière, la planification et la conception, les acquisitions de terrain, la gestion des chantiers de construction, les impacts sur l'environnement, la sécurité et l'exploitation du trafic, les installations futures et l'entretien, ainsi que les relations publiques. La sensibilité des populations vis-à-vis de ces différents aspects sont néanmoins variables d'une société à l'autre (notion de risque perçu).

Dans l'évaluation de ces éléments, les chefs de projets doivent à la fois prendre en compte les risques qui peuvent être définis par l'équipe de projet (risques connus) et ceux qui ne peuvent pas être anticipés tels que les catastrophes naturelles ou les réductions budgétaires. Alors que certains risques peuvent être évités en changeant les plans du projet ou la manière de l'exécuter, la plupart nécessitent un plan d'atténuation ou d'intervention (acceptation ou transfert d'une partie des risques).

## 2.2. La gestion des risques au cours des différents stades des méga-projets

Les méga-projets s'étalent souvent sur des décennies. Il est donc essentiel que la prise en compte de ces facteurs et la gestion des risques associés soient entreprises aux différents stades du projet :

- Planification (étude d'opportunité)
- Conception
- Construction
- Exploitation et entretien (y compris gestion des situations post-crisis)

Il est par ailleurs primordial d'assurer une cohérence entre ces différents stades afin de garantir le suivi et la continuité dans la gestion des risques, plutôt qu'un schéma (rendant impossible l'attribution des risques communs), dans lequel les risques seraient traités et assumés de façon indépendante et non coordonnée par les différents partenaires.

Il convient de noter que compte tenu des enjeux colossaux que revêtent les méga-projet, les processus de gestion des risques au cours des phases amont sont particulièrement importants puisqu'ils permettent d'anticiper au maximum les éventuels problèmes plutôt que de se contenter de les traiter.

Parmi les risques à gérer, on notera notamment les risques liés à la sécurité en phase de travaux, aux délais et à l'organisation, les risques juridiques, ceux liés à la qualité technique et à la tenue des objectifs performantiels et fonctionnels relatifs à la perception et aux attentes du public et des autorités politiques, les risques environnementaux et architecturaux et enfin les risques financiers.

Des conseils et des outils pratiques pour la prise en compte des risques, leur évaluation et leur traitement à chacun des stades du projet sont décrits et détaillés ci-après.

### 1.1.1 *En phase de planification*

1- Définir les caractéristiques principales de l'ouvrage (dimensions, nombre de voies, coût...) et son contexte (aspects socio-économiques, environnementaux, responsabilités du maître d'ouvrage, équipements proches, rôle en situation de crise). C'est également lors de cette première phase que se pose la question de la

durabilité de l'ouvrage, étroitement liée à sa rentabilité à long terme, au coût des travaux d'entretien ainsi qu'à la probabilité d'occurrence des différents aléas par rapport à sa durée de vie et de service.

2- Identifier et estimer (quantifier) les aléas locaux selon les règlements existants (cartes d'aléas) et/ou des campagnes d'investigations sur site et expertises (sismicité, inondations, conditions de sol...);

3- Définir des objectifs de performance (tenue vis-à-vis des événements extrêmes, durabilité, fiabilité) pour l'ouvrage en accord avec la normalisation et les choix du maître d'ouvrage ;

*Nota :* Les objectifs de performance sont généralement définis dans le cadre d'une matrice de risque dont la forme la plus classique est représentée ci-dessous :

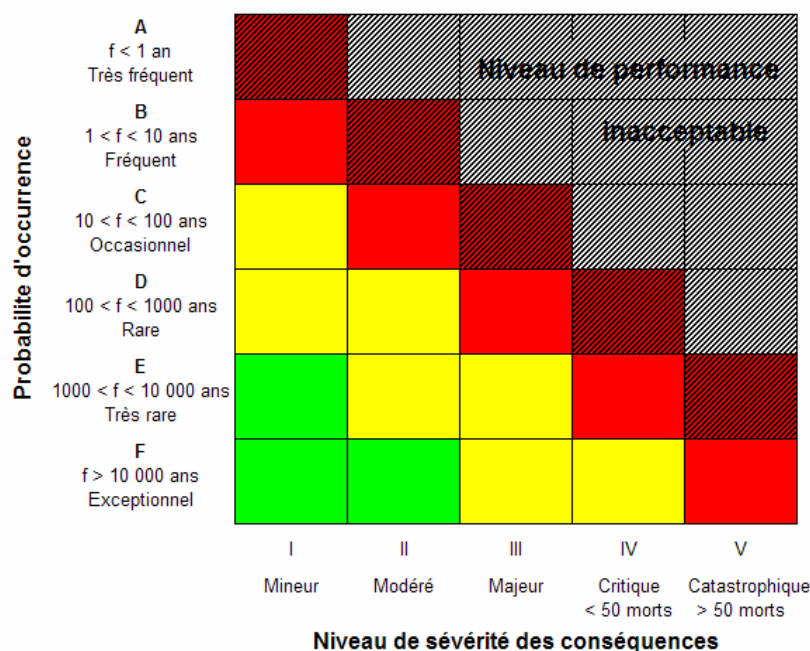


Figure 2 : Exemple de matrice de risque

Dans cette matrice, les diagonales verte, jaune et rouge correspondent typiquement aux différentes classes d'importances des ouvrages, définies en fonction de leur coût, du trafic qu'ils supportent et de leur importance stratégique dans le cadre de la gestion des crises et de leur durée d'utilisation prévue. Par nature, les méga-projets ont vocation à être rangés dans la classe d'importance la plus élevée (diagonale verte), c'est-à-dire celle correspondant aux objectifs de performance les plus exigeants.

Notons par ailleurs que l'évaluation des niveaux de sévérité (mineurs, modérés, majeurs, critiques) associés aux conséquences de tel ou tel événement peuvent varier en fonction des pays, des sociétés ou organismes associés au méga-projet, et peuvent être affinés selon divers critères d'évaluation tels que la couverture médiatique (locale, nationale, internationale), les dégâts subis par la structure et le coût des réparations, le nombre de morts ou de blessés et la gravité des blessures (pour les usagers, les employés et les tiers), l'impact sur l'environnement et l'étendue géographique et dans le temps de cet impact, la durée de rétablissement du fonctionnement normal, le niveau de responsabilité engagé pour le maître d'ouvrage (responsabilité financière, civile ou pénale), etc...

### 1.1.2 En phase de conception

4- Evaluer et hiérarchiser les risques sur l'ouvrage, si besoin en complétant et en affinant les premières investigations réalisées (études d'impact, probabilités d'occurrence, perception du risque et niveau d'acceptation par la société) ;

5- Définir la meilleure conception pour l'ouvrage (implantation des appuis, choix des matériaux et de la géométrie, méthode de construction) afin de réduire la probabilité d'occurrence du risque sur l'ouvrage en diminuant son exposition ou sa vulnérabilité ;

*Nota : Les étapes 4 et 5 ci-dessus peuvent être synthétisées en un même tableau de recensement des risques permettant, après avoir attribué un coefficient de pondération (hiérarchisation) à chacun des risques envisagés, de comparer les sensibilités (indice ou note de vulnérabilité) de différentes solutions conceptuelles pour le méga-projet en question :*

Risques considérés		Coef. de pondération	Conception 1	Conception 2	Conception 3
Naturels	Glissement de terrain	0	++	++	++
	Inondations	1	++	+	++
	Séismes	2	+	++	--
	Chutes de blocs	0	++	++	++
	Tempêtes de vent / cyclones	5	++	-	++
	Incendie de forêt	0	--	--	++
Anthropiques	Accidents de circulation	4	+	+	+
	Surcharges (poids, hauteur)	1	+	++	++
	Collision de bateau	0	-	++	++
	Crash d'avion	2	--	-	--
	Transport de matières dangereuses	3	+	+	+
	Vandalisme	3	++	-	++
	Terrorisme	3	-	--	-
	Feu	3	-	-	++
Techniques	Dimensions de l'ouvrage	3	-	-	-
	Complexité de l'architecture	3	--	+	--
	Degré d'innovation	3	+	--	--
	Choix des matériaux	1	+	+	+
	Aspects géotechniques	4	-	+	+
	Choix de la méthode de construction	4	-	+	--
Socio-politiques et économiques	Coûts (estimés + niveau d'incertitude)	5	+	-	--
	Attractivité	5	+	++	+
	Impact sur l'environnement	4	--	++	+
	Impact sur le paysage	4	--	++	-
	Gêne aux riverains	3	--	+	--
	Grèves	2	--	-	--
	Dépassement des délais de construction	5	--	+	-
	Contexte socio-politique	5	+	++	+
Enjeux juridiques	5	--	--	--	
NOTE GLOBALE :			-26	25	-26

Figure 3 : Exemple de tableau d'analyse des risques

*Dans le tableau ci-dessus, les risques considérés et les coefficients de pondération sont donnés à titre indicatif. Ils sont propres à chaque projet et doivent être explicitement justifiés et discutés entre les différents partenaires associés au projet car la méthode revêt inévitablement une part de subjectivité. Il en va de même des notes attribuées à chaque solution (notées ici de -- à ++). En particulier, les coefficients de pondération doivent tenir compte des niveaux d'aléa correspondant au site d'implantation de l'ouvrage, en terme d'impact et de probabilité d'occurrence, mais également de la façon dont ces aléas sont perçus et acceptés par les usagers et la société. On sait par exemple que le risque de subir un accident, même mortel, est globalement mieux accepté par les usagers de la route que par ceux du rail... Par conséquent, le risque majeur lié à toute collision de train tourne généralement autour des dommages aux personnes circulant à bord du train. Les conséquences peuvent être très graves et dans ce domaine, les recommandations européennes et mondiales proposent des méthodologies d'évaluation de risques visant notamment à réduire le nombre de victimes. Cette stratégie peut conduire par exemple à concevoir des piles pouvant s'effacer (sans effondrement du pont) devant un train déraillé.*

6- Dimensionner la structure selon la normalisation en vigueur et des considérations d'ingénieur (règles de l'art) afin de réduire les conséquences du risque sur l'ouvrage. En fonction des durées de vie et de service garanti visées pour la structure, des

mesures visant à augmenter sa durabilité devront être prise au moment du choix des matériaux, des équipements et en anticipant les désordres éventuels afin de faciliter la surveillance de l'ouvrage et les futurs travaux d'entretien (protection des aciers dans le béton par exemple).

7- Lister la série de mesures de prévention contre les risques et les perturbations majeures en service et comparer les risques avec les critères d'acceptation stipulés et/ou exigés pour prendre des mesures d'atténuation (mesure des écarts par rapport aux objectifs de performance initiaux) ;

8- Communiquer sur les procédures de gestion du risque et sur les objectifs de performance requis pour l'ouvrage ; Cet échange avec les riverains, leurs représentants et les futurs usagers sur la finalité du projet, les choix stratégiques et les options retenues permet l'appropriation du projet par les différentes parties et permet de limiter les risques de manifestations et perturbations diverses. Le cas du viaduc de Millau développé plus loin fournit un excellent exemple de communication réussie.

C'est au cours de cette phase de conception que sont effectués les principaux choix (résistance, dispositions constructives, contrôles...) visant à construire une structure pouvant résister de façon proportionnée à des événements comme les explosions, les catastrophes naturelles, les chocs de toute nature ou les conséquences d'erreurs humaines. Les principes de base guidant ces choix étant, en fonction de l'analyse des risques potentiels réalisée et par ordre croissant, de réduire les dangers, de minimiser les conséquences dommageables suite à un désordre plus ou moins localisé, et d'éviter les effondrement sans signe précurseur.

Le projet doit être examiné en termes de compétence et de vigilance, par référence à un corpus, le plus actuel possible de connaissance et de bonnes pratiques. Les niveaux de fiabilité doivent être définis en considérant :

- les risques pour les biens matériels et immatériels et les personnes ;
- la prévention et ses aspects économiques ;
- le degré d'aversion de la société vis-à-vis d'une défaillance. Ce paramètre sociétal important peut varier d'un pays à l'autre, voire d'une région à l'autre.

Des classes de fiabilité peuvent être proposées, qui tiennent compte des conséquences de désordre ou de mauvais fonctionnement, en termes de conséquence sur la perte en vie humaine, en termes de conséquences économiques, sociales ou environnementales et en termes de types de structures.

Les choix correspondant à la prise en compte des risques peuvent exiger la mise en œuvre de mesures ou équipement locaux (choix d'un type de barrières de sécurité sur un pont, extracteurs de fumées dans les tunnels, peinture spéciale contre la corrosion, protection des piles de ponts contre les chocs, etc.). Ils peuvent également remettre en cause des solutions architecturales et la conception générale de l'ouvrage (réduction du nombre de piles intermédiaires dans le cas d'un pont exposé aux chocs de bateaux ou de camion, choix des matériaux, mode de construction, choix d'une structure robuste ou au contraire d'une structure souple qui « plie mais ne rompt pas », etc...) en accord et sous la responsabilité du maître d'ouvrage. Nous voyons donc que dans le domaine des méga-projets, les choix techniques initiaux et par conséquent le coût des ouvrages, peuvent être guidés par des considérations simplement liées à la sécurité. Ces choix peuvent et doivent être remis en cause si des solutions apportent de meilleures garanties [3].



### 1.1.3 *En phase de construction*

9- Prévoir et respecter des procédures qualité et de sécurité pour garantir la surveillance des travaux et de leurs impacts, particulièrement pendant les phases critiques.

10- Prévoir des procédures de contrôle adaptées et réalisées par des organismes qualifiés et indépendants ;

11- Privilégier toujours les aspects sécurité, environnement de travail et environnement en ne perdant pas de vue les impératifs de rentabilité, fonctionnalité et qualité ;

12- Poursuivre la communication avec les riverains, leurs représentants et les futurs usagers sur la finalité du projet, les choix techniques, méthodes de construction, nuisances éventuelles ;

13- Tester la fiabilité de la structure sous sollicitations normales puis extrêmes ou accidentelles avant la mise en service (validation des simulations informatiques par des épreuves de charges, situations d'incendie en tunnel pour tester les extracteurs de fumée, etc.) ;

14- Anticiper la gestion de la crise (accessibilité, barrières amovibles, postes téléphoniques, stockage d'équipement pour les réparations éventuelles, plans de gestion de crise, PC de surveillance, plan d'intervention des secours...) ;

### 1.1.4 *En phase d'exploitation*

En situation normale...

15- Instrumenter et enregistrer la réponse de la structure pendant la phase de service (charges de trafic, vent, séismes...) et recalibrer éventuellement les modèles de calculs ;

16- Procéder à une inspection régulière de la santé de l'ouvrage, des matériaux et des dispositifs spécifiques ;

En situation post-crise...

17- Inspecter et évaluer la capacité résistante résiduelle (et éventuellement réparer) la structure ;

18- Informer toutes les entités concernées (police, ambulances, sécurité civile, usagers...) ;

19- Prévoir un retour d'expérience sur les cartes d'aléa, les caractérisations locales du risque et sur les règlements et pratiques de conception.

### 1.1.5 *Prescriptions générales et management des projets*

Au-delà des recommandations spécifiques à chaque étape du projet, il est essentiel de prévoir également un certain nombre de mesures transversales globales garantissant une

bonne gestion des risques tout au long du projet et une transition efficace entre les différentes étapes de celui-ci. Parmi les plus essentielles, on pourra citer :

- Décider d'un plan général de gestion des risques à l'échelle du projet ;
- Prévoir une entité (individu ou organisme) dédiée à la gestion des risques ;
- Faire en sorte que le risque considéré soit systématiquement géré par l'entité la plus compétente du domaine associé ;
- Transmettre d'une phase à l'autre une liste de 10 risques prioritaires, et des suggestions pour les plans d'actions associés ;
- Contractualiser l'aspect gestion des risques avec l'entreprise de construction ;
- Actualiser le plan de gestion des risques en fonction des événements.

Différents outils sont disponibles et ont été développés, par exemple aux Etats-Unis, pour aider le gestionnaire dans sa tâche [1] :

- le plan de gestion de projet qui doit établir la feuille de route en termes d'objectifs, de coûts, planning, de qualité et de partage des responsabilités ;
- le plan financier initial et ses mises à jours annuelles dont le rôle est de dresser un bilan comptable périodique de l'opération ;
- le contrôle comptable extérieur qui fournit un regard neutre sur l'estimation et la gestion financière de l'opération et qui doit anticiper les difficultés et les conjonctures à venir;
- les rapports d'étape mensuels ;
- les indicateurs de projets relatifs aux difficultés à prévoir et à l'état d'avancement qui fixent, éventuellement sur la base d'audits, des fourchettes optimistes et pessimiste d'objectifs périodiques à atteindre en termes de productions, délais, coûts, qualité et sécurité [3].

Les prescriptions introduites ci-dessus constituent en quelque sorte un schéma idéal, un objectif à atteindre. Notons que la gestion des risques dans la très grande majorité des pays n'a pas encore atteint un stade où elle est spécifiquement et formellement réglementée et standardisée. Néanmoins, l'analyse a posteriori des méga-projets couronnés de succès, y compris dans ces pays, montre clairement que les procédés particuliers mis en œuvre à chacune des phases de planification, conception, réalisation et exploitation s'insèrent parfaitement dans ce cadre pré-établi. L'application rigoureuse des règlements, l'état de l'art, les bonnes pratiques, le sens de l'ingénieur, les retours d'expériences, l'organisation générale des projets et les procédures qualité permettent sans doute, tous réunis, d'expliquer ces succès.

A contrario, les expériences malheureuses (accidents catastrophiques survenus en cours de construction ou pendant l'exploitation, pertes financières financières), correspondent quasi-systématiquement à un maillon manquant de la chaîne c'est-à-dire à une gestion discontinue des risques. Les risques auront dans ce cas été gérés indirectement grâce à des décisions techniques prises pendant le déroulement du projet et réparties de manière non réfléchie entre les parties du méga-projet. Chaque partie se sera ensuite attachée à ses propres risques ; ce qui mène inévitablement à l'impossibilité d'attribuer les risques communs. Pourtant cette complexité ne devrait pas être une surprise pour le planificateur expérimenté, étant donné que pour les méga-projets, l'occurrence d'événements imprévus est la norme plutôt que l'exception.

Nous encourageons donc fortement les responsables concernés (maîtres d'ouvrages, concepteurs, constructeurs, autorités administratives) à adopter, formaliser et systématiser une telle démarche de gestion des risques dans le domaine des méga-projets, que ce soit

dans le but de consolider les bonnes pratiques déjà appliquées de façon intuitive ou pour prévenir d'éventuelles situations, potentiellement à risques, dont les conséquences peuvent s'avérer catastrophiques. Cette action nécessite l'attribution des risques et des responsabilités, la définition et l'évaluation des risques, le développement de stratégies d'intervention et d'actions spécifiques : observation des symptômes, plans de repli et réserves de précaution pour les imprévus de temps ou de coût. Certains pays comme les Etats-Unis [4], le Canada, l'Australie, la Nouvelle-Zélande ou encore le Danemark [5] ont déjà franchi le pas d'une gestion des risques intégrée pour les méga-projets. Les résultats montrent qu'une gestion des risques systématique pour justifier les décisions et améliorer considérablement celles des ingénieurs, permet de définir clairement les problèmes potentiels, de façon à ce que des initiatives de réduction des risques adaptées puissent être mises en œuvre à temps. Cette approche proactive de la définition des risques et de la mise en place de mesures visant à les éviter ou les atténuer s'avère systématiquement bénéfique. Elle permet notamment, en assurant la bonne réalisation du projet et la maîtrise de son budget, de construire des infrastructures nouvelles importantes, innovantes ou controversées, tout en instaurant la confiance du public. Par ailleurs, l'évaluation et l'étude des incertitudes dans les coûts permettent d'obtenir une meilleure qualité, des estimations plus fiables et des calendriers de projets à la fois plus réguliers et plus réalistes.

### 3. L'EXEMPLE DU VIADUC DE MILLAU

Le viaduc de Millau [6] [7] [8] [9], dont la construction s'est achevée en décembre 2004 et aura duré à peine 38 mois au total, a été construit pour offrir une seconde liaison autoroutière continue entre Paris et le Sud de la France, et plus généralement entre le Nord de l'Europe et l'Espagne. Cet ouvrage aux dimensions exceptionnelles se distingue notamment par sa longueur totale de 2460 mètres et surtout par sa hauteur record (245 mètres pour la pile P2).



Photo 1 : Vue générale du viaduc de Millau en fin de construction

Les risques liés aux aspects techniques, en particulier la stabilité au vent et les difficultés liées à l'érection d'une construction routière à une si grande hauteur, ont joué un rôle prépondérant dans les choix de conception de cet ouvrage hors-normes.

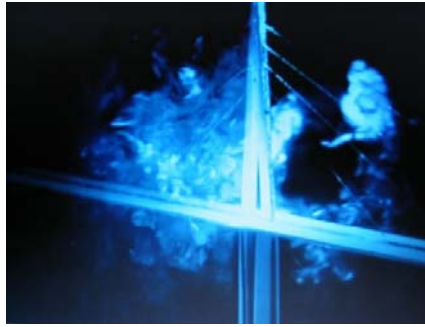


Photo 2 et Photo 3 : Essais en soufflerie et érection de la pile P2

Ainsi, après un certain nombre d'études d'avant-projet réalisées par les services de l'Etat, il a finalement été décidé de procéder à un concours de conception/architecture international et de passer un contrat de concession de 75 ans avec une entreprise privée pour la construction et l'exploitation de l'ouvrage. La solution architecturale retenue correspond au choix d'un jury de 20 personnes constitué du Directeur des routes français, d'experts techniques, de spécialistes des finances publiques ainsi que d'élus et de représentants locaux et régionaux. Durant les phases de planification et de construction, un grand soin a été apporté aux aspects environnementaux et des campagnes de communication permanentes ont permis d'expliquer les enjeux du projet et les choix de conception, de décrire les mesures compensatoires et faire ainsi en sorte que les usagers et les riverains acceptent cet ouvrage et se l'approprient. Le projet du grand viaduc de Millau dans sa globalité, depuis les études préliminaires jusqu'à la construction fut donc largement influencé par des considérations relatives à l'analyse des risques. En phase d'exploitation, une grande partie de ces risques, en particulier les risques techniques liés aux conditions de sol, au comportement et au vieillissement de la structure ou encore à la sécurité des usagers font l'objet d'une surveillance spécifique (mesures de déformations de la structure, mesure de vibration des haubans, capteurs de corrosion, détecteurs de verglas disposés dans la chaussée, anémomètres, caméras de surveillance...). Mais plus encore que les risques techniques, ce sont les aspects liés aux risques socio-politiques et financiers qui se sont avérés prépondérants dans le cadre de ce méga-projet.



Photo 4 : Campagne de communication autour du projet

Au final, 16 années de préparation et de négociations politiques, soit 2 mandats présidentiels et 7 ministères de l'Equipement et des Transports, furent nécessaires à l'aboutissement de ce méga-projet dont le coût total s'élève à 394 Millions d'Euros (y compris construction du viaduc et de la barrière de péage, études, frais financiers et frais généraux).

## 4. CONCLUSION

S'étalant souvent sur des décennies, les grands projets exigent un équilibre entre différents facteurs tels que les budgets, la planification et la conception, les acquisitions de terrain, la gestion des chantiers de construction, les impacts sur l'environnement, les installations futures et l'entretien, ainsi que les relations publiques.

Compte tenu des enjeux économiques et sociaux qu'ils représentent, les méga-projets font déjà souvent l'objet, sans doute plus que les autres infrastructures routières, de considérations spécifiques vis-à-vis des risques auxquels ils sont susceptibles d'être soumis, depuis leur construction jusqu'à leur exploitation.

Néanmoins, ces considérations actuellement appliquées de façon souvent intuitive et pas toujours organisée ni réglementée, devront dans le futur être mieux formalisées et systématisées. Cette évolution permettra à n'en pas douter de consolider les bonnes pratiques existantes, de mieux capitaliser les connaissances et de prévenir les dérapages, aux conséquences malheureuses et parfois désastreuses, en constituant un véritable outil d'aide à la décision. Les exemples de cas où une gestion des risques globale a été adoptée sur des méga-projets montrent que cette démarche s'avère extrêmement efficace et bénéfique pour équilibrer les nombreux paramètres qui entrent en jeu dans la réalisation d'un méga-projet. Elle permet par ailleurs de limiter les incertitudes et de maintenir le projet dans la bonne direction, en anticipant et en réduisant les risques, ainsi qu'en évitant les problèmes liés au dépassement des coûts et des délais tout en contribuant à maintenir la confiance du public.

Ainsi, dans le domaine des méga-projets, plus encore que dans les projets routiers « classiques », les considérations liées à la sécurité doivent guider dès les premières phases de planification et de conception les choix techniques initiaux et par conséquent le coût des ouvrages. Concevoir, construire, voilà des actions qui ne peuvent plus être envisagées sans faire référence à l'analyse des risques. La maîtrise des risques devient une science, au même titre que la science des structures et des matériaux. Il s'agit sans doute d'un « saut technologique ». La considération des conséquences d'un accident, comme nouveau paramètre lors de la conception des ouvrages devrait changer non seulement la nature du projet, mais aussi son coût. Mais ce sera alors le prix, non pas à payer, mais plutôt le prix à ne plus payer, celui des accidents [3]...

## RÉFÉRENCES

1. Daniel C. WOOD, P.E. Gestion des risques pour les projets majeurs – Federal Highway Administrations - USA
2. Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre (UE – 1976, JO n° 2009)
3. Maîtrise d'ouvrage public en Europe – Eléments de repères spécifiques aux pont – Sétra, 2006
4. Rodney BARRY. Pour les grands projets, la gestion des risques est vraiment payante – ROUTES N°329 (AIPCR)
5. Anders PLOVGAARD. Gestion des risques pour les méga-projets, exemple d'analyse de risque opérationnelle – ROUTES N°329 (AIPCR)
6. J. Beideler, P. Donnaes. Viaduc de Millau – L'Exploit – LE MONITEUR des Travaux Publics et du bâtiment, hors-série, avril 2005
7. Tall Story, BRIDGE Design & Engineering n°26, 1st Quarter 2002
8. M. Virlogeux, C. Servant, J.P. Martin, M. Buonomo, J.M. Cremer. Millau Viaduct, France – Structural Engineering international, SEI Volume 15, Number 1
9. C. Servant (Eiffage). The Design of the Millau Viaduct – Fib Symposium, 26-28 April 2004, Avignon (France)

## **Crédit photos**

Eiffage TP, CAMARA, Le Moniteur, Sétra, Midi Libre