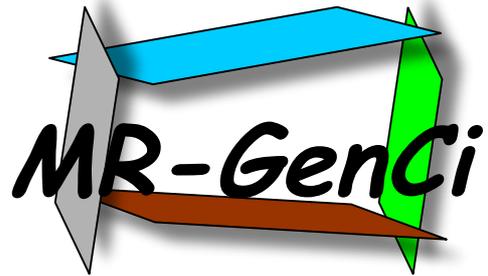


Groupement d'Intérêt Scientifique



Maîtrise des Risques en Génie Civil

RAPPORT SCIENTIFIQUE DU GIS MR-GENCI

SEPTEMBRE 2004

CE RAPPORT, REDIGE SOUS LA RESPONSABILITE DE

DENYS BREYSSE, DIRECTEUR DU G.I.S. ET DE
DANIEL BOISSIER, PRESIDENT DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DU G.I.S.

ET AVEC LA CONTRIBUTION DE L'ENSEMBLE DES ANIMATEURS DES THEMES

FAIT ETAT DES RECHERCHES COLLECTIVES CONDUITES AU SEIN DU G.I.S. EN 2003 ET 2004 ET
DEFINIT LE PROJET SCIENTIFIQUE POUR LES FUTURES ACTIONS DU GROUPEMENT.

TABLE DES MATIERES :

- INTRODUCTION
- SYNTHÈSE DES ACTIONS THÉMATIQUES (2003-2004)
- PROJET SCIENTIFIQUE ET PISTES D'ACTION, PERSPECTIVES
- PUBLICATIONS ET COMMUNICATION DU GIS, BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

- ANNEXE 1. FICHES DE DÉFINITION DES ACTIONS THÉMATIQUES 2004
ET TABLEAUX DE SYNTHÈSE (THÈMES-PARTENAIRES)
- ANNEXES 2 A 6. RAPPORTS SCIENTIFIQUES DÉTAILLÉS PAR THÈME
- ANNEXE 7. COORDONNÉES DES PARTENAIRES
- ANNEXE 8. COMPOSITION DU BUREAU, DU CA, DU CS

- INTRODUCTION – THEMES D’ACTION EN 2004

SYNTHESE DES ACTIONS THEMATIQUES 2003-2004

THEME 1 – PERCEPTION ET REPRESENTATION DES RISQUES

ANIMATION : CLAIRE ARNAL, BERNADETTE DEVANSSAY

THEME 2 – THESAURISATION ET DIFFUSION DE LA CONNAISSANCE BASES DE DONNEES – ENSEIGNEMENT/PEDAGOGIE DU RISQUE

ANIMATION : RENE HAROUIMI, FARIMAH MASROURI

THEME 3 – APPROCHE GLOBALE DES RISQUES DE PROJET

ANIMATION : CHRISTIAN ALTIER, BERTRAND MUNIER

THEME 4 – RETOUR D'EXPERIENCE : DIAGNOSTIC, SURETE, RISQUE ET GESTION DES OUVRAGES ET DES SITES

ANIMATION : DANIEL BOISSIER, LAURENT PEYRAS

THEME 5 – STRATEGIES DE PREVENTION DES RISQUES COMPLEXITE, ORGANISATION ET DECISION

ANIMATION : CHRISTIAN CREMONA, DENYS BREYSSE, VINCENT MELACCA

Thème 1

PERCEPTION ET REPRESENTATION DES RISQUES

Le travail de ce Groupe a été coordonné par Mme Claire Arnal (BRGM) et Bernadette Devanssay (Laboratoire de Psychologie Environnementale, Univ. Paris 5).

Rappel des objectifs

Les problématiques « risques » (naturels, industriels, sanitaires) ont été traitées par de nombreuses disciplines qui se sont forgées leur propre vocabulaire et leurs propres concepts à partir de leurs méthodologies de travail et de leurs objectifs. On constate une véritable difficulté de compréhension des différents acteurs sur ce que recouvrent des termes similaires utilisés dans des contextes différents. Chaque discipline aujourd'hui travaille en utilisant ses propres référents; ces termes ne sont véritablement compris que par les initiés ; et chaque initié se plaint de l'erreur de terminologie créée par son voisin.

D'autre part, on sait que l'évaluation du risque (aléa x vulnérabilité) dépend de la représentation individuelle et collective de la menace ; ces représentations sont aujourd'hui peu ou mal explorées. Les mesures de prise en compte du risque dépendent cependant naturellement de ces représentations.

Les travaux proposés

Deux axes de travail ont été définis par le groupe :

- Exploration des significations attribuées aux principaux concepts selon les différentes professions du Génie Civil.
- Etude des perceptions et de l'acceptation des risques dans les professions du Génie Civil et comparaison avec des échantillons de population.

Le premier objectif n'est pas tellement de clarifier ou de « normaliser » les vocabulaires mais de faire échanger entre les différents partenaires de la gestion des risques leurs interprétations de ces termes.

Un des enjeux de la démarche est de faire prendre conscience de l'importance des pré-requis recouverts par le vocable et de la nécessité, pour pouvoir communiquer, à la fois de comprendre ce que soi-même on implique en utilisant le terme, et ce à quoi nos interlocuteurs se réfèrent.

Les actions réalisées en 2003-2004

a) Elaboration des outils de mesure de la connaissance des vocabulaires

Plusieurs types de questionnaires ont été élaborés à partir de différentes consultations et ont fait l'objet de pré-tests ; ils comportent tous deux parties : *une partie générale* visant à évaluer la connaissance des principaux termes utilisés et *une partie thématique*, selon les risques, en

fonction des interlocuteurs concernés : inondations, mouvements de terrains, risque sismique...

b) Tests des questionnaires

Plusieurs séries de questionnaires ont été utilisées pour réaliser le pré test, auprès de différents publics : étudiants en fin d'études scientifiques dans le domaine du génie civil, professionnels de la géotechnique, étudiants architectes de quatrième année.

Enfin, une dernière série de questionnements est en cours auprès des différents professionnels impliqués dans l'acte de construire, depuis les promoteurs jusqu'aux collectivités locales.

c) Analyse

L'analyse des deux premiers pré-tests a été réalisée au Laboratoire de Psychologie Environnementale. Nous en présentons ici les résultats majeurs. **L'Annexe 2** fournit plus de détails.

Aperçu de l'analyse des réponses aux questionnaires

Pourquoi s'interroger sur les représentations sociales du risque des acteurs du génie civil ?

Le risque est un terme ambigu et évolutif selon les sociétés ; il est différemment interprété selon les activités des différents groupes de professionnels. Pour qualifier ces interprétations de la réalité, on parle en psychologie sociale, depuis Moscovici (1961), de « représentations sociales ». L'exploration et la connaissance de la « vision du monde » que les individus ou les groupes portent en eux et utilisent pour agir ou prendre position est reconnue comme indispensable pour comprendre la dynamique des interactions sociales et éclairer les déterminants des pratiques sociales (C. Abric). Pour la psychologie sociale, il n'existe pas une réalité objective mais la théorie pose que « *toute réalité est reconstruite par l'individu ou le groupe, intégrée dans son système de valeur, dépendant de son histoire et du contexte social et idéologique qui l'environne* ». On définit la représentation comme une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social (Jodelet).

Explorer la définition du risque des différents acteurs du génie civil apparaît donc comme une première étape pour la compréhension des attitudes face aux prises de risque de ces acteurs. Il s'agit d'étudier une référence implicite, spontanée et souvent élaborée de façon peu consciente, de ce que les différents acteurs du génie civil mettent sous la terminologie actuelle concernant les risques ; les vocables principaux sont peu nombreux au demeurant et devraient permettre une mise en commun rapide des concepts utilisés.

Les méthodologies des sciences sociales, utilisées pour ce type d'exploration, sont nombreuses. On a repris dans la première question la méthode la plus simple qui procède par associations d'idées. On a donc demandé de « donner les quatre premiers mots qui viennent à l'esprit spontanément lorsqu'on évoque le mot risque ».

Dans les questionnaires destinés aux architectes, la question a été reformulée de la manière suivante : « *Selon vous quels sont les termes liés aux risques spécifiques à votre métier ?* ». L'impact de cette formulation est évident : alors que la première formulation induit des termes comme danger, menace, et renvoient à une gamme de situations étendue et diverse, la seconde

formulation fait apparaître des termes comme règlements, pollution, terrorisme, etc. ; on est tout de suite dans du circonstanciel et du professionnel et non plus dans du conceptuel.

Il faudra donc, dans une enquête plus approfondie, choisir une formulation et s'y tenir, en sachant que cette formulation implique des réponses très différenciées.

Selon la méthode utilisée (Michel Louis Rouquette), le classement des termes recueillis se fait en fonction de quatre catégories : *le lexique, la praxie, l'attribution et les conséquences*.

- Le « lexique » permet de classer les vocables utilisés par les interviewés en trois catégories : termes synonymes, termes définitoires et termes antagonistes.
- La « praxie » comporte quatre sous catégories : les acteurs, les actions, les objets et les outils.
- On parle d' « attribution » pour désigner les qualifications qui accompagnent la représentation. L'attribution comporte deux catégories : la caractérisation et le jugement.
- Les « conséquences » du risque s'analysent le plus souvent en termes de coûts et dommages.

Les représentations du risque des groupes étudiants et professionnels paraissent assez contrastées. Le pré test met en évidence l'impact de la formulation des questions, d'une part, mais aussi la sensibilité au terme « risque » et ses nombreuses liaisons dans les milieux professionnels.

Les enjeux soumis aux risques

Les critères économiques et techniques sont au centre des préoccupations des personnes interrogées. La notion d'enjeux telle que l'ont développée les géographes (d'Ercolle et Pigeon, Université de Chambéry) paraît très mal acquise. Pour ces auteurs, la notion d'enjeux se fait en référence à la définition du risque donnée par Fristch dans les années 1980, à savoir les éléments qui permettent à une société de faire face à une situation de crise : bâtiments administratifs où se prennent les décisions opérationnelles, casernes, hôpitaux, réseaux, etc. A cela on peut ajouter les bâtiments constituant le patrimoine local (cathédrale, musées, etc). La théorie actuelle insiste sur la nécessité de *la dispersion des enjeux* sur un territoire pour éviter qu'un seul événement ne réduise à l'impuissance la totalité des centres décisionnels, ce que l'on a vu lors du séisme de Kobé, au Japon, par exemple.

Les aléas

Chez les étudiants le terme « aléa » est pris dans son sens littéral et ne renvoie pas ou rarement à la notion anglo-saxonne de « hazard », souvent traduite par « événement naturel », qui est maintenant admise de façon générale dans les milieux traitant du risque (voir les définitions proposées en Annexe 2-B)¹.

Chez les professionnels on trouve deux définitions particulièrement précises : « l'événement potentiel naturel ou d'origine anthropique » ; une définition plus élaborée : « configuration naturelle exceptionnelle non maîtrisée par les moyens de reconnaissance mis en œuvre ».

¹ Le vocable d'aléa est absent du vocabulaire anglo-saxon. Il est défini au plan international (terminologie de l'ONU sur les risques, publiée en 2002 dans « Living at Risk », Genève) comme « un événement physique potentiellement dommageable, un phénomène et/ou une activité humaine, qui peut être la cause de pertes de vies ou de blessés, de dommages aux biens, de dysfonctionnement social et économique ou de dégradation environnementale [...les aléas...] peuvent inclure des conditions latentes susceptibles de représenter de futures menaces. ». L'aléa est donc relatif à la menace, au danger, avéré ou potentiel. Il constitue donc la source du risque.

C'est à partir de l'aléa que chez les professionnels on définit « une zone à risque », ce qui resitue la question dans le domaine assurantiel.

Les probabilités

Pour les étudiants, la notion de probabilité a donné lieu à de nombreux développements : elle est l'instrument de mesure du risque, et permet de classer les risques, de les qualifier de définir des niveaux, de décider des mesures à prendre et des moyens à mettre en œuvre.

Définie comme *la fréquence* de réalisation d'un risque, c'est en même temps une notion « traître et relative », disent les interviewés, parce que souvent *subjective* ; elle doit compenser les lacunes des connaissances qui ne permettent pas une prévision certaine ; c'est une incertitude.

On retrouve la même dualité chez les professionnels :

- d'une part, la probabilité est une mesure du risque, c'est une donnée statistique fondée sur l'observation de fréquences ; elle est l'outil essentiel de la prise de mesures ou de la définition de moyens ; en ce sens elle permet une analyse rationnelle là où souvent le risque déclenche des inquiétudes infondées relevant de rumeurs.

- d'autre part, c'est pour les professionnels également une notion *traître, insuffisante et suspecte* : « cela n'arrive qu'une fois sur un million et pourtant cela s'est produit ».

Les termes plus techniques (vulnérabilité, période de retour) semblent assez éloignés des préoccupations des professionnels qui n'en donnent souvent que des définitions approximatives.

Parle-t-on trop des risques aujourd'hui ?

L'objectif de cette question est de mesurer la visibilité perçue du thème risques dans l'information générale du public. On constate une différence importante entre les réponses données par les étudiants et celles des professionnels :

La majorité des étudiants estime *qu'on n'en parle pas trop*. L'argumentaire développé fait état d'un état d'ignorance du public face aux risques auxquels il peut être exposé ; il y a un manque d'information lié à la crainte de créer de la panique, mais aussi à des enjeux politiques ou économiques. L'information sur les risques a tendance à se faire postérieurement à sa réalisation et non pas à titre préventif.

Les professionnels sont plus partagés, l'argumentaire reprend l'idée d'une ignorance des risques liée à la complexité de la société actuelle. Mais cette ignorance est aussi *une ignorance construite* et volontaire pour éviter de freiner des initiatives et *mettre à couvert la responsabilité* de certains acteurs. L'idée force est que la connaissance des risques peut seule en permettre la *maîtrise*. Il s'agit là d'une position rationaliste dont on sait depuis les travaux de Slovic et Sjöberg, combien elle est loin de la réalité. Connaître les risques n'est jamais suffisant pour adopter les conduites les plus appropriées.

Peut-on dire toute la vérité sur les différents risques que nous connaissons ?

Les réponses sont partagées :

- l'effet déstabilisant de la vérité qui est mis en avant le plus fréquemment, liée à l'effet pervers que pourrait avoir la vérité. Le second argument est lié à la relativité des connaissances ; il permet de mettre en avant le rôle des sachants (experts) vis-à-vis de la population à laquelle une information « modérée » devrait être donnée.

- à l'inverse, dire la vérité est une *question de démocratie* qui exige de la transparence. Une décision doit être motivée de préférence par les sachants. La prise de risque doit se faire en connaissance de cause. Si la préparation du public et sa compréhension des problèmes n'est pas suffisante, le premier devoir des sachants serait de former le public.

Ainsi, l'information la meilleure déterminerait les comportements les mieux adaptés. On sait combien cette position est illusoire. Depuis des années toutes les enquêtes montrent que ce n'est pas la connaissance du risque qui entraîne des comportements adaptés mais que c'est l'évaluation subjective des conséquences pour soi-même qui est à l'origine de la prise de mesures de prévention à condition que les moyens de se protéger soient considérés comme disponibles et accessibles.

Conclusions et perspectives

Une discussion sur les objectifs de l'enquête devrait impliquer l'ensemble des partenaires du GIS : souhaite-t-on s'accorder sur *une* terminologie ou s'interroge-t-on sur ce qu'évoque cette terminologie pour les différents acteurs du Génie Civil ?

Les différents questionnaires utilisés ont montré à la fois leurs limites, l'impact de la formulation des questions sur les résultats recueillis, et néanmoins leurs possibilités d'utilisation dans un double objectif : explorer les représentations du risque des acteurs du génie civil, et mettre en évidence des acceptions communes d'une certaine terminologie.

Par ailleurs un listing des cibles potentielles pour mener à bien l'enquête a été partiellement réalisé². Une série d'entretiens menés sur un panel représentatif serait susceptible d'affiner nos connaissances et, dans un second temps, de mieux appréhender la manière dont les acteurs perçoivent les risques conditionne leurs attitudes, dont on sait qu'elles conditionnent les risques. Des retombées immédiates pour les préoccupations affichées par le Thème 3 (risques de projets) et par le Thème 5 (relation entre acteurs et sinistralité).

² Les cibles peuvent être définies à partir d'une analyse du champ que constitue le génie civil et des professions qu'il concerne :

(a) Quels sont les métiers du génie civil et comment les classer ?

(b) Type d'organisation et type d'activité exercée dans l'organisation

(c) Type de risques auxquels ils sont amenés à s'intéresser : naturels, industriels, technologiques, biologiques, sanitaires, terrorisme...

(d) Thèmes d'études : études de sols, études de structures, études des systèmes (réseaux), concepteurs, aménageurs, designers.

Thème 2

THESAURISATION ET DIFFUSION DE LA CONNAISSANCE

BASES DE DONNEES – ENSEIGNEMENT/PEDAGOGIE DU RISQUE

*Le travail de ce Groupe a été coordonné par
Mme Farimah Masrouri (LAEGO, Nancy) et M. René Harouimi (CNISF).*

Problématique – contexte - enjeux

Une composante fondamentale de la maîtrise des risques est certainement l'enseignement et la pédagogie des risques. Des formations (initiale et continue) doivent être organisées en ayant en vue l'acquisition méthodique d'une culture du risque autour de ce que l'on peut appeler un « saut technologique » ou « saut culturel ».

Enseignement, pédagogie et diffusion des connaissances supposent que ces connaissances soient disponibles, reconnues et *enseignables*. Ce qui caractérise la difficulté d'ordonner ces connaissances, c'est la complexité, l'interaction des sous-systèmes entre eux. Ces interactions soulignent la nécessité d'études transdisciplinaires, auxquelles les acteurs du génie civil ne sont pas habitués, car il ne s'agit plus de technique pure, mais de systèmes socio-techniques, c'est-à-dire concernant des systèmes techniques opérés par des organisations humaines. Il faut alors aborder ces thèmes avec humilité et avec la volonté de définir les relations hiérarchiques entre les divers acteurs matériels ou humains. C'est donc avec un esprit d'ouverture et en pratiquant le questionnement, que peut être construit, à partir d'un présent imparfait, le savoir *enseignable*.

Il faut attacher également une grande importance à la mémoire (événements inscrits au patrimoine des risques) et au retour d'expérience. Les événements ne doivent pas rester diffus, mais s'inscrire dans une histoire. Organiser le retour d'expérience, comprendre les accidents et en tirer des lois est cependant la clé d'un progrès nécessaire. Comprendre cette histoire permettra de l'enseigner.

Préoccupations et besoins scientifiques

« Former et se former : qui ? à quoi ? où ? quand ? quelles portées et quelles limites ? et pas seulement former comment ? », voilà des enjeux forts, qui procèdent nécessairement d'une remise en cause, pour bâtir quelque chose d'innovant.

Cependant, nous ne partons pas de rien, mais d'un "présent imparfait". Nous savons qu'il n'est pas possible d'être exhaustif, même dans des filières spécialisées. Ce qui nous semble important, c'est de disposer d'un tronc commun méthodologique de culture du risque et d'appréhension des problèmes dans le contexte global où ils se situent (étude systémique).

Les actions réalisées en 2003-2004

En matière de thésaurisation de la connaissance, le premier travail a été de faire un état des lieux et d'établir un inventaire des travaux disponibles et de leur localisation, afin de profiter de l'expérience existante dans ce domaine. Les informations recueillies seront autant que possible mises en forme selon un canevas-type, avec un indexage par mots-clés. Dans le domaine de la pédagogie un état des lieux a été effectué. Il exploite une enquête, concernant les cours dans le domaine de Gestion des Risques, auprès des seuls établissements dédiés au Génie Civil en France.

Deux ateliers dédiés aux Risques en juin 2003 à La Rochelle et en juin 2004 à Marne-la-Vallée, ont été organisés parallèlement aux Rencontres de l'AUGC. Ces réunions ont été le lieu de fructueux échanges avec les collègues universitaires.

En 2004, un cours (figure 1) permettant d'acquérir les notions nécessaires dans ce domaine a été mis en place, il peut être utilisé comme support en formation initiale ou continue.



Figure 1 – Cours multimédia sur la Gestion des Risques

Un état des lieux des actions entreprises à l'échelle internationale (principalement dans les pays anglo-saxons) sur l'utilisation du retour d'expérience pour l'enseignement des risques, et plus largement pour l'enseignement en génie civil a été entrepris.

Propositions d'actions

Le squelette du document pédagogique présenté à la figure 1 peut être complété, modifié et exploité comme document de base par l'ensemble des intervenants du GIS MR GenCi. **On pourrait ainsi produire un outil collectif commun, progressivement enrichi, à l'harmonisation et à la cohérence duquel le GIS veillerait, en apportant son label.**

La préparation de documents synthétiques sur différents thèmes liés à la Gestion des Risques ainsi que la mise en place des documents multi-medias pour permettre une pédagogie en ligne, sont d'autres aspects fondamentaux du thème 2.

En 2004-05, nous allons mettre l'accent sur l'organisation des journées de formation continue (1 à 3 jours) aussi bien pour les formateurs que pour les ingénieurs du monde professionnel. Ces journées mobiliseraient l'ensemble des forces actives du GIS.

Un autre projet important serait de proposer un Master de Gestion des Risques en Génie Civil. Ce Master pourrait être organisé de manière à fonctionner en deuxième année de Master (c'est-à-dire en cinquième année d'études supérieures). Ce projet pourrait se mettre en place à moyen terme, après discussion avec tous les membres du GIS et concertation du monde professionnel et des collègues universitaire.

Thème 3

APPROCHE GLOBALE DES RISQUES DE PROJETS

Ce texte a été élaboré avec la participation des personnes suivantes

- ☞ *M. Carrère (Coyne et Bellier)*
- ☞ *M. Delmotte (CSTB)*
- ☞ *M. Deneufbourg (AFPCN)*
- ☞ *M. Denis (Université de Bordeaux)*
- ☞ *M. Barbet (SECTOR)*
- ☞ *M. Munier (ENSAM/ESTP)*
- ☞ *M. Altier (SNCF)*

INTRODUCTION

Les financeurs, donneurs d'ordre et maître d'ouvrage sont de plus en plus confrontés à des contraintes de réalisation d'équipements aux performances optimisées et aux meilleurs coûts et délais. Pour ce faire ils mettent en place des organisations par projet où les méthodes de management de projet se superposent aux méthodes courantes de gestion.

Ces organisations ont des effets immédiats sur la gestion des risques de l'entreprise et méritent que l'on en développe les concepts et les techniques qui semblent les plus appropriés.

Dans le domaine du risque la préoccupation essentielle est la prévention plutôt que l'action curative une fois le risque avéré. Il s'agit donc d'anticiper au maximum, de mesurer en permanence l'efficacité de cette anticipation et donc de limiter au maximum les conséquences du risque avéré. Cette efficacité passe en particulier par une **estimation** (processus d'affectation de valeurs de probabilité et de gravité) et une **évaluation** (processus de hiérarchisation et de comparaison) des différents risques en cause, et ceci après avoir procédé à leur **classification et identification**.

CLASSIFICATION ET IDENTIFICATION DES RISQUES

- La classification des risques peut se faire par **nature** (environnement naturel, limites des connaissances techniques, facteurs organisationnels et humains), par **chronologie** ou par **acteurs** (Pouvoirs publics, Financeurs, Maîtres d'ouvrage, Concepteurs, Entreprises et Fournisseurs, Assureurs, Exploitants et utilisateurs)
- Pour des projets identiques (même projet réalisé dans le même environnement) ou similaires (par exemple un programme de construction de centrales nucléaires)

représentant un même projet réalisé dans des environnements différents), on peut considérer sans faire appel aux lois des grands nombres et après analyse qu'un événement qui se répète plusieurs fois mérite d'être identifié comme risque potentiel et traité en tant que tel. C'est **l'identification par l'expérience**

- On peut également faire appel à l'identification systémique basée sur :
 - Une approche **inductive** fondée sur des questions du type : **qu'est ce qui se passe si ?** avec 2 étapes distinctes :
 - Première étape : caractériser ce que l'on fait ou ce que l'on veut faire, et comment on le fait ou comment on va le faire, avec quels moyens et à quels niveaux de performance
Pour aider à atteindre cette première étape ont été développées des méthodes dites **d'analyse fonctionnelle** avec différentes variantes de mise en œuvre .
 - Deuxième étape : identifier de la façon la plus exhaustive possible, et sans a priori, l'ensemble des événements redoutés susceptibles d'affecter les projets
Là encore des méthodes ont été développées pour supporter et aider la démarche : principalement **l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) et l'AMDEC système**
 - Une approche **déductive** fondée sur la question : **qu'est ce qui peut être à l'origine de ?** : la méthode part d'un événement redouté identifié par ailleurs (par ex. APR, retour d'expérience) : événement de tête de l'arbre (en anglais top event). Elle consiste ensuite à identifier les différentes combinaisons possibles d'événements qui peuvent entraîner la réalisation de l'événement de tête.

LES METHODES D'ESTIMATION

- les méthodes traditionnelles

En règle générale, l'estimation d'un risque se fait à partir de sa **probabilité d'apparition** (occurrence) et de **sa gravité** (impact). On peut « rajouter » à cette estimation, un coefficient lié à la probabilité de **détection** du risque.

Occurrence et impact, sont mesurés sur une échelle de valeurs dont le détail est fonction du degré de complexité que l'on veut apporter à l'évaluation et la gestion du risque (de 1 à 4 dans les cas simples, de 1 à 10 dans les cas complexes)

- les méthodes probabilistes objectives

les bases de données

Méthodes scientifiques ou objectives dans lesquelles on peut retrouver :

- Les **méthodes statistiques**, basées sur l'expérience passée et permettant de donner une probabilité précise sur la base de la loi des grands nombres
- Les **méthodes probabilistes**, basées sur des calculs techniques de fiabilité et de taux de défaillance (calculs ou expérimentations)
- Les **analyses combinatoires** permettant à partir de probabilités élémentaires, de raisonner sur des ensembles plus importants ou sur la totalité du projet (méthode de Monte Carlo)

l'estimation fiabiliste

L'estimation du niveau de fiabilité d'un système peut s'effectuer par l'une des approches décrites ci-dessous.

- **METHODES DE NIVEAU 1**

Les méthodes de niveau 1 permettent de justifier que les niveaux de fiabilité requis pour un système donné sont atteints dès qu'un certain nombre de conditions, écrites dans un format de calcul prédéfini sont vérifiées. Aucun calcul de probabilité de défaillance n'est effectué.

- **METHODES PROBABILISTES DE NIVEAUX 2 et 3**

Les méthodes probabilistes de niveaux 2 et 3 reprennent le principe du calcul aux états limites : on se fixe un certain nombre d'états limites (modèles mathématiques décrivant de manière appropriée le phénomène conduisant à la défaillance dont on veut se prémunir) au delà desquels on considère que le système est défaillant, et on estime la probabilité de dépassement de cet état limite.

Ce sont des méthodes intégralement probabilistes, qui permettent de déterminer des probabilités de défaillance réelles. Elles présentent l'avantage majeur de ne dépendre d'aucune hypothèse limitative.

- **METHODES POSSIBILISTES**

Les méthodes précédentes supposent que les modèles mathématiques traduisant le phénomène de défaillance sont explicitement connus, ce qui est loin d'être toujours le cas . Il est possible de pallier à ce manque de connaissance par utilisation d'avis d'experts dans une approche possibiliste basée sur des concepts de logique floue.

- les méthodes probabilistes subjectives

ELICITATION A DIRE D'EXPERT

De nombreux statisticiens ont longtemps été réticents pour introduire dans leurs estimations les connaissances des experts. Pour ces derniers, l'analyse statistique basée sur la fréquence de répétition d'un événement est la seule procédure objective permettant d'évaluer correctement la probabilité de cet événement.

Dans le cas d'évènements rares, le concept classique de fréquence est encore moins justifié. L'estimation des probabilités d'évènements rares se trouve fortement limitée par les incertitudes sur les données, leur faible nombre et par l'incertitude sur les modèles. Les connaissances a priori des experts, dans ce cadre particulier, peuvent améliorer de façon significative la capacité d'un modèle statistique dans l'extrapolation des queues de distribution.

Les informations disponibles sur un paramètre seront donc les avis d'expert sur le comportement de ce paramètre (information initiale ou information a priori) et les données observées ou observations sur ce même paramètre (utilisation du théorème de Bayes).

ELICITATION EXPERIMENTALE : ENCODAGE DES PROBABILITES SUBJECTIVES

Face à l'absence ou la non fiabilité des fréquences liées aux risques, les questionnaires de risques recourent le plus souvent à des subterfuges qui sont aussi illusoire les uns que les autres :

- recourir au dire d'expert « directement » en demandant aux personnes familières des phénomènes de « donner une probabilité » à tel ou tel phénomène.

- utiliser directement un « logiciel » d'estimation des lois de probabilité

La conclusion de tout cela est que si l'on utilise les méthodes courantes de « cartographie » des risques, *même si chacun des membres du groupe a confirmé son accord sur une représentation proposée*, il y aura représentations individuelles non superposées de ladite grille.

Tenir compte effectivement et honnêtement de l'opinion des parties prenantes requiert une mesure de ces opinions.

- **LES CONTRIBUTIONS DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE ECONOMIQUE**

Or, on peut souvent faire mieux et on sait comment procéder si l'on tient compte des contributions scientifiques de la psychologie cognitive. Ces contributions constituent non seulement des modélisations du risque nouvelles mais aussi une véritable « ingénierie » des théories existantes. On se limitera donc ici à la modélisation la plus courante du risque : **espérance de gain ou de perte** ou **espérance d'utilité**.

- **METHODES DE REVELATION INDIRECTE : PROBABILITES SUBJECTIVES**

Il s'agit de méthodes non paramétriques, qu'il n'est pas interdit de combiner ensuite avec des méthodes paramétriques, voire avec d'autres méthodes non paramétriques comme la méthode d'estimation par fractiles ou la méthode de Moore et Thomas, ou encore d'encadrer par l'utilisation de progiciels dont on a fait état plus haut. On se borne à l'évocation de trois méthodes de base.

- La méthode des paris opposés équivalents.
- La méthode des équivalents certains
- La méthode des loteries équivalentes

LES METHODES D'EVALUATION

- les enjeux

On se positionne dans le domaine de l'anticipation et de la prévention, plutôt que dans celui de la gestion de la conséquence une fois le risque avéré

Les enjeux sont liés aux méthodes d'estimation et d'évaluation du risque, celles ci devant être globales à la fois techniques et économiques

- les méthodes

La méthode d'évaluation se fait en 2 étapes :

- la détermination des règles de hiérarchisation :
- la détermination du degré d'acceptabilité, qui peut être faite de plusieurs manières : évaluation « scientifique », évaluation individuelle « à dire d'expert », évaluation participative et collective.

Thème 4

Retour d'expérience : diagnostic, sûreté, risque et gestion des ouvrages et des sites

L'animation générale du thème 4 et la rédaction du rapport de synthèse ont été assurées par Daniel BOISSIER et Laurent PEYRAS, sachant que par ailleurs, chacun des membres du thème 4 a contribué activement aux travaux, aux relectures et à la mise au format de ce document³

Les animateurs du thème 4 tiennent ici à remercier les membres de ce groupe pour leur participation active et constructive et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Rappel des objectifs

Les différents acteurs du génie civil s'accordent sur la nécessité de capitaliser les données du retour d'expérience afin de pouvoir les valoriser pour le diagnostic et l'analyse de risques de défaillance des ouvrages et des sites.

Après avoir fait ce constat de consensus, une problématique de recherche apparaît rapidement : Quelles données faut-il capitaliser ? Sous quel format ? Comment s'assurer de la qualité et de la complétude des informations à sauvegarder ? Quel traitement doit-on donner à ces données ? Quelle valorisation peut-on envisager ? En particulier, un point sensible est celui de l'analyse des retours d'expérience pour en déduire les scénarios et les mécanismes en jeu.

Les travaux proposés – champ thématique couvert

Il est important de connaître l'éventail des approches disponibles, leurs contextes d'application et de validité, les résultats qui peuvent être attendus et leurs limites. Les acteurs impliqués dans ce thème représentent donc différents secteurs du génie civil où le retour d'expérience revêt une importance particulière, et couvre l'essentiel des utilisations : aide à la gestion d'un patrimoine, aide à l'expertise, détermination des niveaux de sécurité...

Les pratiques de ces acteurs sont également représentatives des différents modes de gestion des informations liées au retour d'expérience : expertise, fiabilité, mécanique, statistique. Les acteurs universitaires présents dans ce groupe apportent une vision plus transversale de ces préoccupations et recherchent dans un premier temps la présence d'invariants dans ces démarches.

³ Ont contribué aux travaux du Thème 4 les experts suivants : Corinne CURT (Cemagref), Etienne BOUCART (CERIB), Aurélie TALON et Julien HANS (CSTB), Nicole HENRIET et Pascal PERROTIN (ESIGEC - LOCIE), Philippe LEPERT et Tristan LORINO (LCPC), Gilles REBOUL et Jean François KERSALE (SNCF), Marc SOLARINO (Univ. Blaise PASCAL – CUST), Katia LAFFRECHINE et Youssef DIAB (Univ. Marne la Vallée).

Les actions réalisées en 2003-2004

Le groupe de travail s'est réuni à trois reprises. Les exposés et échanges ont permis d'illustrer la diversité des pratiques et d'élaborer une classification des pratiques.

Le groupe a souhaité rédiger un rapport de synthèse relatif au retour d'expérience en génie civil, en se plaçant principalement dans le contexte de gestion d'ouvrages en service. Les trois étapes de l'utilisation du retour d'expérience ont été examinées :

- le recueil des données ;
- le traitement des données ;
- la valorisation du retour d'expérience.

En ce qui concerne le recueil des données du retour d'expérience, on a mis en évidence une classification selon la nature de l'information. On distingue :

- les données du retour d'expérience basées sur l'expérimentation (essais en laboratoire ou in situ, sur ouvrages réels ou modèles réduits, modélisation numériques et simulations). Elles sont obtenues dans les contextes d'ouvrages produits en série (produits préfabriqués) ou, a contrario, d'ouvrages à caractère unique soumis à des sollicitations extrêmes (ouvrages en montagne) ;
- les données du retour d'expérience basées sur l'auscultation (visuelle ou instrumentée). Elles sont obtenues par analyse systématique (cas des réseaux à grands linéaires tels que les chaussées et les réseaux enterrés) ou par analyse experte et consistent en des inspections visuelles réalisées par des agents spécialisés (cas par exemple des ouvrages d'art relevant du parc de la SNCF ou encore des barrages).

Le traitement des données du retour d'expérience peut s'opérer selon deux approches : les approches analytiques (incluant les traitements physique et fiabiliste) et les approches systémiques (incluant les traitements par les statistiques ou par l'expertise).

L'approche physique consiste à intégrer les données du retour d'expérience (données issues de l'expérimentation ou de l'auscultation instrumentée) dans des modèles physiques de comportement ou d'états-limites. Il s'agit de l'approche traditionnelle en génie civil, qui est mise en pratique dans le domaine des ouvrages de montagne (expérimentation puis traitement dans un modèle d'endommagement).

L'approche fiabiliste du retour d'expérience est un traitement particulier de l'approche physique. Elle nécessite des données abondantes, complètes et précises, et des modèles physiques des ouvrages relativement simples. Elle est illustrée par la pratique dans le domaine des structures préfabriquées en béton ou encore des ouvrages Offshore et du génie civil nucléaire. Dans cette rubrique, indiquons que le génie civil bénéficie de quelques 30 années de retour d'expérience appliquées à la justification des ouvrages d'art et des bâtiments par les méthodes semi-probabilistes.

L'approche par les statistiques est utilisée dans les secteurs où les données sont abondantes, mais où il est difficile d'obtenir un modèle physique de comportement du système. On recherche alors les corrélations entre les données du retour d'expérience et un certain nombre de facteurs explicatifs. Cette approche est adoptée dans les ouvrages à grands linéaires, tels les chaussées ou les réseaux enterrés.

L'approche experte est mise en œuvre dans des contextes d'ouvrages hétérogènes, mal connus présentant peu d'informations. Par référence aux données du retour d'expérience, l'expert est à même alors d'obtenir une aide pour réaliser ses missions. Le domaine des barrages et des ouvrages de la SNCF illustrent bien cette approche.

Enfin, *la fusion des données* est une approche d'homogénéisation des informations du retour d'expérience, qui permet de prendre en compte tous les types d'informations (expertise, industrielle, expérimentale...), d'évaluer leur qualité et de les fusionner. Elle est mise en œuvre dans le domaine de la gestion de projets de génie civil et de l'analyse de cycle de vie de produits du bâtiment pour l'évaluation de leur durée de vie. Cette approche permet d'intégrer dans les processus de décision des données qualitatives, quantitatives entachées d'incertitudes, incomplètes et imprécises.

Nous avons classé la valorisation du retour d'expérience selon un axe temporel correspondant à la vie d'ouvrages de génie civil en trois domaines d'application : le diagnostic, l'évaluation de la sûreté et la prévision des évolutions. Un autre choix de classification aurait consisté à distinguer les approches performantielles et patrimoniales.

En diagnostic, les données du retour d'expérience vont permettre de déterminer l'origine des défaillances d'un système. Cette démarche est mise en œuvre dans le domaine des barrages et dans le cadre d'une approche experte.

En évaluation de la sûreté, les données du retour d'expérience visent à évaluer la fiabilité, le niveau de protection ou encore d'apprécier l'état d'un ouvrage. On rencontre différents domaines du génie civil où les données du retour d'expérience sont utilisées à ces fins. Ainsi, dans le secteur des produits préfabriqués en béton, les données du retour d'expérience permettent d'obtenir directement la fiabilité des structures, compte tenu de la complétude et de la précision des informations disponibles. Dans le domaine des ouvrages en montagne, on recherche à évaluer quantitativement, par approche physique, les endommagements suite aux chocs, et donc par cela même, la sécurité intrinsèque des ouvrages. Dans le cas des réseaux d'eau potable enterrés, les traitements statistiques des données permettent une prévision de l'état des canalisations.

Enfin *en prévision des évolutions*, on trouve deux domaines d'application : la gestion patrimoniale et l'analyse de risques. Là aussi, le traitement des informations (statistique ou expertise) est directement lié aux données disponibles : abondantes ou pas, complètes ou incomplètes, précises ou imprécises. Toutefois, on constate que les approches statistiques sont utilisées généralement dans la gestion patrimoniale des ouvrages, à l'instar des domaines des ouvrages de la SNCF, du parc de chaussées ou des réseaux enterrés. En revanche, les approches expertes sont plutôt réservées à l'analyse de risques, à l'instar des barrages.

Cette synthèse met en évidence une tendance générale à la formalisation des informations du retour d'expérience dans le but de capitaliser les données. Pour certains organismes tels la SNCF, le CSTB et le Cemagref, les pratiques constatées visent en outre à pérenniser le savoir et le savoir-faire des experts seniors, ceux qui ont conçu les ouvrages qu'il s'agit maintenant de gérer dans les meilleures conditions de sécurité et au meilleur coût.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

rajouter quelques lignes de propositions

Thème 5

STRATEGIES DE PREVENTION DES RISQUES

Complexité, organisation et décision

Ce texte a été élaboré sous la responsabilité de

- ☞ M. Crémona (LCPC) pour la partie 5A,
- ☞ M. Breysse (CDGA, Univ. Bordeaux1) et M. Melacca (SMABTP) pour la partie 5B.
- ☞ F. SCHOEFS (LGCNSN)

Il résulte de l'analyse et de la synthèse de la littérature scientifique et technique disponible dans le domaine traité et de réflexions suscitées lors de réunions collectives, ou à l'occasion de colloque abordant le thème traité.

Rappel des objectifs

Les intervenants à l'acte de construire et de gérer des ouvrages (maîtrise d'ouvrage - maîtrise d'œuvre - entreprises – exploitants - usagers) sont de plus en plus « exposés » dans l'exercice de leurs contrats, et leur stratégie de prévention / gestion des risques s'avère d'autant plus complexe.

La maîtrise des risques passe par l'identification et l'évaluation des facteurs de risques (complexité technique et organisationnelle des opérations, maîtrise des dimensions temporelles, à court terme et long terme) et des conséquences des dysfonctionnements, aussi bien pour le système que pour son environnement.

Elle s'inscrit aussi dans une perspective globale, accompagnant la prise de conscience de la société (et du monde politique !) de nouvelles exigences : développement durable assurant la protection de l'environnement, principe de précaution, allocation optimale des ressources naturelles et financières et obligent a contrario à définir clairement les risques acceptables par les tous les intervenants.

Le développement des nouvelles technologies, l'instantanéité de l'information qu'elles rendent possible et l'aptitude à gérer en temps réel de grandes masses d'information, modifient le rapport que chaque acteur entretient avec le risque et fournit des outils qui peuvent contribuer à une prévention plus efficaces des risques.

Nous souhaitons identifier et qualifier les pratiques, processus et règles qui favorisent les situations dégradées (au sens de la gestion de risques), c'est-à-dire telles que le risque «dérive» sans être maîtrisé; les réponses de ces différents acteurs et la façon dont le développement de nouveaux outils et modes d'organisation (NTIC, ingénierie concurrente, pratiques optimales) peuvent modifier les équilibres entre les acteurs et permettre une maîtrise plus efficace des risques.

Les travaux proposés – champ thématique couvert

Deux sous-thèmes ont été abordés, répondant à un même questionnement général, mais correspondant à des contextes différents du génie civil :

- Thème 5A : Stratégie de maintenance des ouvrages
- Thème 5B : Du maître d'ouvrage à l'assureur : pour des réponses optimales face aux risques.

Dans les deux cas, on a analysé la complexité des questions posées, qu'il s'agisse de questions relatives à la physique, à la maîtrise de la dimension temporelle (en particulier sur le long, voire très long terme), et aux interactions entre acteurs.

Le Thème 5A a élaboré un état de l'art des méthodes de gestion et de maintenance, pour analyser dans quelle mesure une prise en compte de la dimensions risques, dans toutes ses composantes, depuis l'ouvrage individuel jusqu'au parc dans son ensemble, pourrait permettre d'élaborer des stratégies optimales.

Le Thème 5B a mené une analyse pluridisciplinaire des risques attachés aux acteurs et à leurs modes d'organisation dans quelques situations représentatives par leur complexité et leurs enjeux, impliquant des problèmes de risques relevant de la géotechnique, induits par les pratiques et les modes d'organisation au cours d'une opération de construction. Il s'est agi en particulier d'identifier la façon dont chacun des acteurs se positionne par rapport aux risques (*perception, acceptation, responsabilité*), quels sont les degrés de liberté (*techniques, réglementaires, économiques...*) dont il dispose, et comment le risque global en résulte pour l'opération ou l'ouvrage.

Thème 5

STRATEGIES DE PREVENTION DES RISQUES

Complexité, organisation et décision

5.A. Stratégies de maintenance des ouvrages. Principes et méthodes

Les fonctions que doivent assurer les ouvrages de génie civil peuvent être altérées ou compromises par de nombreux aléas d'origine naturelle ou humaine. Les stratégies de gestion et de maintenance de ces ouvrages ne peuvent être pertinentes et efficaces d'un point de vue technique, économique et social que si elles tiennent compte des menaces qui affectent le plus ces fonctions. Les demandes actuelles et accrues de la société dans un développement durable assurant la protection de l'environnement, des biens et des individus avec une allocation

optimale des ressources naturelles et financières concourent également à la définition de nouvelles politiques de gestion des ouvrages de génie civil.

C'est en construisant et en évaluant les relations entre coûts et bénéfices (appelées analyses coûts-bénéfices) associées à chaque alternative de gestion, que des stratégies « optimales » pourront être élaborées et mises en œuvre.

1. Analyse de la complexité

1.1. Complexité physique : maîtriser les effets du temps

Une modification de la performance d'un ouvrage (perte de production, perte d'accessibilité, baisse du niveau de sécurité) va entraîner des actions de maintenance. Les décisions relatives à la gestion d'un ouvrage ou structure particulière portent sur : la stratégie de maintenance, la méthode de gestion, la durée d'application de la maintenance, l'âge d'application de la maintenance. La maintenance peut encore être *palliative* ou *curative, systématique* ou *conditionnelle*.

La perte de performance a comme conséquences une perte matérielle et une perte immatérielle, par définition difficilement quantifiable. Il est parfois difficile de déterminer la valeur économique d'une perte de performance, quand les conséquences diffuses et les pertes graduelles).

Le manque de connaissances rend très difficile l'établissement de pronostics sur le comportement futur d'un ouvrage et sur sa durée de vie résiduelle. Si l'on peut parfois se contenter d'extrapoler les informations issues du retour d'expérience, la difficulté essentielle réside dans le passage des lois de dégradation locales du matériau aux lois d'évolution des désordres de la structure, et aux lois d'évolution qui en découlent pour la satisfaction des fonctions de l'ouvrage.

1.2. Complexité organisationnelle : de l'ouvrage au patrimoine

Depuis maintenant une vingtaine d'années, de très nombreux développements dans le domaine de l'optimisation de la maintenance de structures complexes ont été menés. Dans le cadre d'ouvrages de génie, en dehors d'ouvrages exceptionnels, il faut faire face à une multitude d'ouvrages divers, gérés par des autorités de structures administratives ou privées différentes, ce qui conduit à ne plus nécessairement (sauf dans le cas d'ouvrages particuliers exceptionnels ou fortement dégradés) procéder à une analyse ouvrage par ouvrage, mais à aborder le patrimoine d'un point de vue plus globale.

Un système de gestion d'ouvrages de génie civil agit généralement au niveau de l'ouvrage individuel où la gestion a un caractère essentiellement technique, et au niveau du parc où la gestion a un caractère économique et politique, avec de fortes interactions entre ces deux niveaux de gestion. On note en particulier que

- un parc d'ouvrages est en général une collection d'objets uniques dont la diversité pose des problèmes liés à la difficulté de déduire des lois globales à partir de l'observation de cas particuliers, et dont l'hétérogénéité explique en partie la difficulté de formuler des lois générales d'évolution des ouvrages en fonction du temps,

- la gestion s’inscrit forcément dans la durée (plusieurs générations humaines), ce qui pose le problème de la continuité des approches socio-économiques avec le temps.

La notion de *coût du cycle de vie* apparaît comme fondamentale en matière de gestion. Le coût de la maintenance doit en effet prendre en compte non seulement les coûts initiaux, mais aussi les coûts futurs qui sont fonction de la stratégie de maintenance adoptée. Ainsi, si l’on effectue aujourd’hui une réparation provisoire à la place d’une réparation définitive, il sera nécessaire de procéder à des travaux conséquents plus tard. Pour pouvoir appliquer cette notion de cycle de vie, les coûts et les bénéfices obtenus au cours du temps doivent pouvoir être évalués. La prise en compte du temps se fait par l’intermédiaire du taux d’actualisation qui mesure la préférence qu’a la collectivité pour le présent plutôt que pour le futur. La politique la plus rentable est celle qui maximise la différence entre les bénéfices et les coûts actualisés (les coûts intégrant les dépenses de maintenance effectuées par le gestionnaire et les coûts sociaux supportés par la collectivité).

2. La maintenance basée sur le risque

Le risque est souvent défini par une série de conséquences (sociales, environnementales, économiques) associées à des probabilités d’occurrence de menaces ou de dangers. L’analyse de risques est un ensemble de démarches ayant pour objectifs de quantifier les risques et donc les pertes espérées. Un tel processus repose sur :

- l’identification des événements indésirables (menaces) $A = (A_1, A_2, L)$,
- l’analyse des causes menant à chaque A_i et de leur vraisemblance (l’analyse des arbres de défaillance constitue un outil souvent utilisé),
- l’analyse des conséquences de chaque A_i
- la quantification des risques.

L’analyse de risque établit une base pour la prise de décision en termes de mesures ou de moyens, incluant les stratégies et les actions de maintenance. Ces processus sont particulièrement bien adaptés pour identifier les phénomènes qui influencent de manière notable le risque, et pour analyser les mesures de réduction du risque (ces aspects ont aussi été abordés au sein des Thèmes 3 et 4).

La *théorie des probabilités* est un outil mathématique des plus appropriés pour appréhender cet environnement incertain, sans constituer la panacée ; que dire des situations (notamment la construction d’infrastructures nouvelles) qui ne permettent pas de déterminer avec une précision suffisante la distribution de probabilité des événements possibles ? C’est d’ailleurs dans ces mêmes cas que vient se rajouter aujourd’hui le *concept de précaution* en tant que principe de comportement et de gestion face à un environnement incertain. Comment appliquer une analyse coût-bénéfice dans de telles conditions d’ambiguïté ? D’autres modèles, basés sur les *concepts d’espérance d’utilité*, offrent une interprétation étendue du principe de précaution en termes de maximisation du bien-être de la population.

De nombreuses difficultés pour l’implémentation d’une approche basée sur le risque subsistent :

- on peut distinguer risque exprimé et risque interprété, risque objectif et risque à venir (cf principe de précaution),
- il faut aussi tenir compte de l'attitude de la société et des preneurs de décision face au risque : aversion au risque, risque subjectif...

On retrouve ici les questionnements posés (Thème 1 et Thème 5B) sur la perception et l'appréhension des risques.

La plupart des approches d'optimisation de la maintenance introduisent des valeurs espérées exprimées en bénéfices ou pertes moyennes. On sait à la suite des travaux de Bernoulli que les notions de coût (gain ou perte) espéré présentent de nombreux désavantages théoriques (paradoxe de Saint-Pétersbourg). A la maximisation de l'espérance mathématique, Bernoulli substitue la maximisation de l'espérance morale en introduisant le concept d'utilité : la valeur d'un objet n'est pas analysée au travers de ses bénéfices, mais de l'utilité qu'il procure. Dans ce cas, ce n'est pas la perte espérée qu'il convient de calculer, mais la perte d'utilité espérée :

$$E [U(C_i)] = \int_{D_{C_i}} U(c) f_{C_i}(c) dc$$

où $U(.)$ est appelée fonction d'utilité. De façon assez surprenante, ces concepts d'utilité ont été peu considérés dans les procédures d'optimisation de la maintenance des structures de génie civil. Ils sont par contre utilisés dans la maintenance industrielle. L'une des difficultés du concept d'utilité est la définition et la construction de la fonction U (qui devrait aussi, en pratique tenir compte des différents points de vue que peuvent porter les intervenants concernés par le risque).

L'approche coût/bénéfice constitue une démarche d'optimisation alternative. L'idée est d'assigner des valeurs monétaires à une liste de menaces et de dangers, et de résumer la qualité d'une alternative par une valeur nette actualisée espérée. L'un des majeurs problèmes rencontrés est la transformation des conséquences non économiques (comme les pertes en vies humaines, les dommages à l'environnement) en valeurs monétaires. Quelle est la valeur (statistique) d'une vie ? Quelle est la valeur d'un bien pour des générations futures ? Ces questions sont loin d'être triviales et toutes les méthodes de quantification de la valeur d'un risque peuvent être critiquées sur de nombreux aspects. Les analyses coût-bénéfice reposent sur des hypothèses simplificatrices qui tendent à privilégier certaines conséquences ou menaces, et en négliger d'autres.

D'autres problèmes proviennent de la prise en compte de l'actualisation économique, puisque, à l'échelle de quelques dizaines d'années, les coûts futurs deviennent assez rapidement négligeables par rapport aux coûts actuels, et la tentation est alors grande en terme économique de différer les interventions lourdes. Mais, l'accumulation d'interventions différées peut entraîner à la longue une réhabilitation complète particulièrement onéreuse. Il est par conséquent indispensable de conserver une vision et une stratégie de maintenance sur le long terme en parallèle.

3. L'apport d'un retour d'expérience : l'inspection

Les inspections forment une part importante du processus de gestion de l'intégrité des ouvrages comme moyen de surveillance de leur performance (durabilité, aptitude au service, sécurité structurale). Cependant, les inspections, suivant leur niveau de sophistication, peuvent représenter un coût non négligeable pour un gestionnaire ou un maître d'ouvrage.

La pratique traditionnelle, qui ne prend pas en compte de manière optimale les données de performance passées, peut conduire à une quantité substantielle d'inspections inefficaces, soit par oubli d'inspecter des parties critiques importantes, soit en mettant en œuvre des techniques d'inspection inadéquates.

Les approches en fiabilité ont été développées pour fournir aux maîtres d'ouvrages des outils plus rationnels pour déterminer des calendriers d'inspection afin de maximiser leur efficacité et contrôler les niveaux de sécurité. La valorisation de ce retour d'expérience (traitée plus en détail dans le cadre du Thème 4) sous la forme par exemple d'essais non destructifs, étant donné leur coût, demande que l'on soit capable de les utiliser de façon optimale. Il faut aussi être capable de tenir compte de la qualité des données recueillies (qualité des inspections), quantifiée par un couple (probabilité de détection/probabilité de fausse alarme). Ces données conditionnent la confiance à apporter aux inspections pour la prise de décision.

Propositions d'action

Dans les systèmes d'aide à la décision pour la gestion des ouvrages (SGO) disponibles en France, aucun modèle de prédiction n'est réellement implanté. De plus les SGO reposent essentiellement sur une globalisation des états de service individuels des ouvrages. Or, dans ce contexte, des stratégies de gestion optimale d'un réseau ne peuvent pas être trouvées si un niveau de service adéquat individuel n'est pas fourni, si des ouvrages sont affectés simultanément ou si l'état du pont ne peut pas être déterminé par inspection visuelle. Une approche basée sur la notion de réseau doit éviter ces limitations en prenant en considération la capacité du réseau comme un ensemble (système) qui fournit un niveau de service adéquat, le rôle et la performance du parc d'ouvrages, et les conséquences si un niveau de service adéquat au niveau réseau n'est pas fourni. Elle doit également autoriser le traitement simultané d'ouvrages déficients.

L'objectif est de développer un concept de gestion d'un réseau d'ouvrages permettant de procurer un niveau de service acceptable, et d'évaluer les conséquences en cas de dysfonctionnement. Il s'agit donc de faire reposer la démarche d'analyse sur des principes d'offre et de demande. L'offre se caractérise par le niveau de service adéquat qui se mesure en fiabilité des éléments (ponts), de la connectivité du réseau, et de sa fonctionnalité. La demande s'évalue par des coûts directs ou indirects, ou des fonctions d'utilité.

Les conséquences si un niveau de service adéquat n'est pas procuré, sont évaluées en supposant que le réseau a différents états et en estimant les coûts pour l'utilisateur dans ces différents états. En appliquant une approche coût-bénéfice, on pourra élaborer les stratégies optimales d'intervention de telle sorte qu'elles minimisent le dysfonctionnement d'aptitude au service du réseau et les coûts actualisés induits d'intervention sur une période de maintenance prédéfinie. Diverses méthodes économiques peuvent être testées.

Thème 5

STRATEGIES DE PREVENTION DES RISQUES

Complexité, organisation et décision

5.B. Du maître d'ouvrage à l'assureur : pour une meilleure maîtrise des risques liés à la géotechnique

Les actions réalisées en 2003-2004

Le rapport constitue un état des connaissances et des pratiques, que nous nous sommes efforcés de formaliser dans l'esprit d'une identification des facteurs de risques, qui pourra conduire à leur estimation puis à leur évaluation.

L'existence de sinistres géotechniques répétés nuit à l'image de l'ensemble des professionnels et produit des effets pervers (problèmes liés à l'assurabilité des acteurs, multiplication des déclarations CATNAT et conséquences sur les procédures d'indemnisation).

1. Analyse de la complexité

1.1. Complexité physique

La première source de risques, invoquée comme la raison majeure des sinistres est la complexité et la variété des sites sur lesquels les ouvrages sont bâtis.

La restriction des espaces disponibles conduit aujourd'hui à aménager, à urbaniser des espaces autrefois délaissés (sols de médiocre qualité) ou à produire des espaces densément bâtis, en multipliant les sources potentielles de désordres. La notion de « vice caché du sol » est souvent invoquée après sinistre.

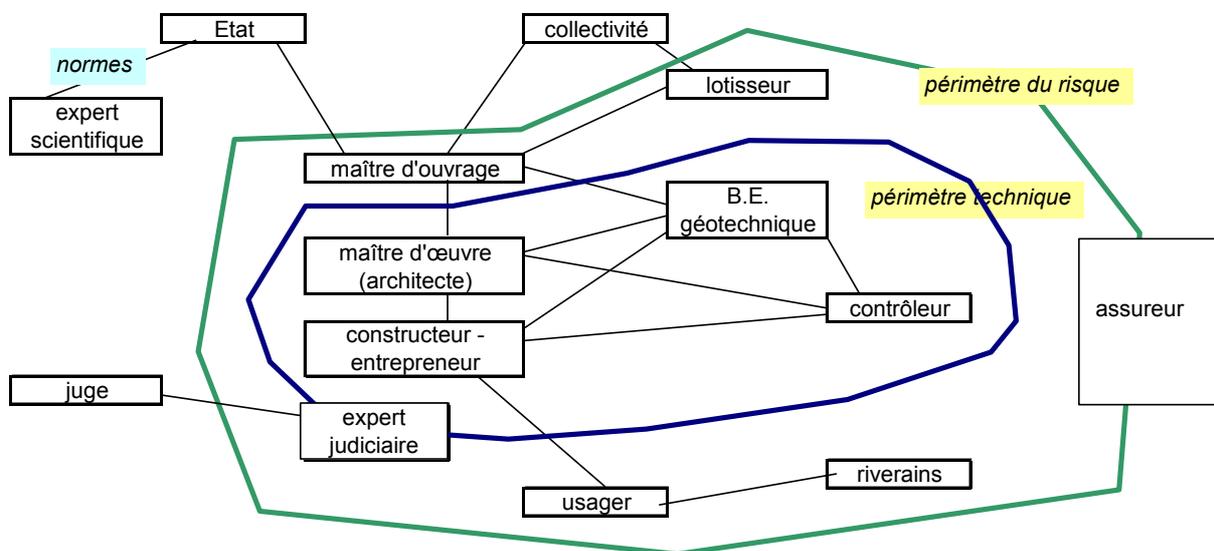
Les méthodes mathématiques de la fiabilité s'avèrent plus utiles pour comparer des solutions ou des valeurs de risques, que pour estimer précisément ces risques. Les défaillances résultent d'ailleurs souvent de risques non envisagés. Elles auraient pu être prévenues par une approche adaptée. L'essentiel n'a souvent pas été fait, en phase d'étude ou en phase de construction, pour tenir compte des problèmes potentiels d'origine géotechnique.

Il en va de même pour les très nombreux sinistres qui résultent des mouvements superficiels de sols sensibles au retrait et au gonflement. Ces sinistres ont de grandes conséquences pour les propriétaires qui en sont les victimes (moins-value de la propriété, inconfort psychologique) et, à terme, pour les élus des communes concernées. Devant la répétition de ces sinistres, se pose désormais le problème de leur indemnisation : est-elle du ressort de la collectivité (via le fonds CATNAT) ou de l'individu (via son assurance personnelle lorsqu'elle est contractuellement possible) ?

Sur le plan purement physique (et géotechnique), les causes des désordres affectant les fondations d'ouvrages sont bien connues. Les choses sont plus complexes quand on modifie l'échelle d'analyse, en passant de la parcelle au quartier ou à la commune, sur laquelle la nature des formations superficielles peut être fort variable. Comment savoir, à l'échelle de la commune, si les zones sont ou non à risques, et adapter en conséquence les constructions ? Qui doit recueillir et diffuser ces informations ? Est-on prêt à payer pour un surcoût de construction alors que la présence locale du risque n'est pas avérée ?

1.2. Complexité organisationnelle

Le graphe suivant situe les uns par rapport aux autres, l'ensemble des acteurs principaux de la construction, depuis les maîtres d'ouvrages et les architectes jusqu'aux experts près les assurances ou les tribunaux.



Le graphique révèle que le périmètre du risque est plus large que le seul périmètre technique, puisqu'il inclut des acteurs « non techniques » : maîtres d'ouvrages, usagers, assureurs... Les juristes eux-mêmes, ici placés à l'extérieur de ce périmètre, en modifient les contours par l'évolution de la jurisprudence, qui peut conduire à des modifications des pratiques. Nous nous sommes efforcés de préciser les rôles (missions, relations avec les autres acteurs, influence sur les risques, moyens d'action) que jouent ces divers acteurs.

1.3. Le risque géotechnique : une appellation abusive

Le qualificatif de « risque géotechnique » s'est imposé pour traiter de l'ensemble des problèmes, désordres et sinistres relatifs aux terrains. Cette appellation raccourcie est abusive car si la géotechnique constitue bien l'aléa, le risque résulte de l'interaction de l'homme (géotechnicien ou non !) avec cet aléa.

L'organisation des marchés, les conflits d'intérêt entre acteurs, la question de la prise en charge d'études préalables... sont autant de sources potentielles de risques. D'une façon générale, les acteurs susceptibles de participer à la qualité devraient être associées à toutes les

étapes de la construction. Si la solution est simple sur le papier, l'existence de nombreux sinistres est la preuve que la non qualité est répandue.

2. Deux familles d'acteurs plus particulièrement concernés : géotechniciens et assureurs

L'assurance a pour fonction sociale de rationaliser le rapport à la fatalité et introduit de la solidarité (en particulier par le biais de la mutualisation). Elle fait reculer la fatalité aveugle : le risque est calculable, prévisible, gérable... il devient assurable. Elle contribue ainsi en partie à la demande de sécurité (le préjudice est réparé, on parle de « parade financière » en gestion des risques, comme on parle de « parade réglementaire » ou de « parade technique »). A l'inverse, on ne peut assurer que l'incertain.

La question de l'assurance peut être posée comme celle d'un partage de risque, incluant le risque financier pour l'assureur, qui peut dès lors, soit refuser d'intervenir, soit agir pour modifier les équilibres entre les acteurs, leurs attitudes et les risques qui en résultent. Le partage équitable du risque suppose aussi un égal accès à l'information pour tous les partenaires. Le porter à connaissance du risque est un lieu de contradiction (coût – responsabilité) entre les différents intérêts.

Les possibilités, liées aux NTIC, de gérer les informations utiles en temps réel, sont susceptibles de modifier les comportements des acteurs (et leurs responsabilités).

Là encore, la notion du périmètre du risque est essentielle.

Le sinistre génère des coûts, mais aussi de l'activité économique (y compris pour les géotechniciens en phase d'expertise ou de travaux de réparation). Ce qui importe est d'allouer les coûts à ceux qui sont censés les supporter. L'éclatement de la maîtrise d'ouvrage (en particulier dans les collectivités territoriales), la multiplication des normes et des enjeux (par exemple environnementaux) compliquent les analyses.

Des questions posées :

Dans le domaine des risques liés à la géotechnique, on peut par exemple s'interroger :

- **Qui doit assumer la prévention des risques** (par exemple en prenant en charge les études géotechniques préalables) ?

- **Qui doit supporter les conséquences** des risques mal ou non maîtrisés ?

- **Comment ajuster le risque encouru et le risque acceptable** : qui est prêt à accepter quoi ?

Selon qu'il s'agit de risques « accidentels » (sinistres consécutifs à une opération de construction) ou plus « chroniques » (sinistres liés à la sécheresse par exemple), les réponses et les mécanismes d'indemnisation pourront être différents.

On peut aussi se demander ce qui relève de l'accident (et peut être prévenu par une démarche qualité, ou assuré) et ce qui relève de l'impondérable, de l'imprévisible (donc de la solidarité nationale).

Par exemple, dans le cas des sinistres consécutifs aux retraits et gonflements des argiles, on peut s'interroger :

Dans quelle mesure et comment un événement climatique peut-il être qualifié d'exceptionnel ? Quelle est la limite entre le « normal », auquel doit faire face l'ouvrage, et

l'exceptionnel, trop rare pour qu'il soit économiquement viable de dimensionner l'ouvrage en conséquence ? Les modifications climatiques en cours peuvent d'ailleurs déplacer ces limites.

Une question corollaire est : **dans quelle mesure une disposition constructive peut-elle être considérée comme un « vice de construction » ?**

Des possibilités d'action :

L'analyse des risques, dans le domaine des sinistres liés à la géotechnique, doit être approfondie et les facteurs de risques doivent être identifiés, qualifiés et quantifiés :

- contexte physique et établissement de typologies,
- nature et performances des acteurs,
- nature des interactions entre acteurs,
- méthodes mises en œuvre pour réduire les risques (formation, procédures qualité, prévention, contrôle),
- utilisation de solutions techniques innovantes,
- influence de la sous-traitance...

On rejoint là encore des problématiques voisines de celles traitées au sein de Thème 3. L'assureur est de plus en plus conduit à se préoccuper du comportement des acteurs, de façon à les modifier éventuellement, en vue d'une meilleure maîtrise des risques.

Propositions d'action

Les réponses aux questions formulées ci-dessus ne peuvent découler d'une seule analyse des phénomènes physiques et des dimensions techniques, mais doivent résulter d'une analyse de la complexité des problèmes traités, que nous nous sommes efforcés d'explicitier. Il s'agit bien avant tout d'identifier et de qualifier (au travers de sites pilotes ou de typologies établies en exploitant par exemple le retour d'expérience⁴) les pratiques, les processus, les comportements qui favorisent les situations dégradées (au sens de la gestion de risques, c.a.d. telles que le risque « dérive » sans être maîtrisé).

Pour en rester au plan technique, certaines questions restent totalement ouvertes. La notion de **vulnérabilité d'un ouvrage** (aux actions climatiques diffuses, mais aussi aux modifications ou aux « erreurs » en cours de construction) est ainsi une question centrale, qui mériterait d'être approfondie : dans quelle mesure tel mode de réalisation est-il plus ou moins sensible à des « écarts » en phase de travaux ? Existe-t-il des modes de réalisation/de construction plus « robustes » que d'autres⁵ ?

Dans l'optique d'une optimisation technico-économique, il faudrait aussi affiner l'analyse de la récurrence des événements diffus (de type gonflement-retrait) en essayant de **préciser la nature et l'étendue des périmètres à risque**.

Ce travail pourrait déboucher sur des recommandations techniques, mais aussi dans le domaine de l'urbanisme : comment qualifier l'aléa à l'échelle du quartier ou de la parcelle et

⁴ On peut comprendre cette notion de « retour d'expérience » au sens de l'analyse des défaillances (voir le Thème 2 – ou ingénierie forensique) comme au sens de celle concernant les ouvrages en service (voir le Thème 4).

⁵ On rejoint ici la notion de vulnérabilité qui fait l'objet de recherches face aux actions sismiques et, plus récemment, face aux incendies ou aux inondations, en l'étendant à d'autres préoccupations. Certains auteurs analysent aussi la vulnérabilité face aux mouvements de sols, principalement par le biais d'études de cas sur le patrimoine historique. Leurs réflexions pourront être utilisées avec profit. Aujourd'hui, les seules prescriptions portent sur le respect de déplacements différentiels limites (Frank, 1999), que l'on est d'ailleurs bien en peine de prédire.

adapter les modes de reconnaissance et de construction sans surdimensionner systématiquement ?

Il convient aussi d'étudier les **réponses (*techniques et non techniques*) des différents acteurs et la manière dont elles modifient les risques**. Ce travail doit s'appuyer sur l'analyse de la perception des risques par chacun des intervenants et sur l'analyse des conflits d'intérêts⁶. Il pourra aussi étudier comment une modification des pratiques (meilleure formation et prévention, ingénierie concourante – constitution d'une équipe de maîtrise d'oeuvre, principe de dévolution des marchés – ex. moins disant/mieux disant) pourrait contribuer à la qualité.

La **dimension temporelle** est essentielle, qu'il s'agisse du court terme (le risque résultant de l'urgence, du besoin de respecter des délais trop serrés – le maître d'ouvrage, qui impose les délais, est le seul à avoir la maîtrise du temps dans le projet) ou, au contraire, du long terme (le risque, non perceptible à court terme, est imminent sur le long terme, du fait de l'évolution des sols par exemple). La façon dont les modes modernes de gestion de l'information (NTIC, bases de données...) peut contribuer à une meilleure maîtrise des risques constitue un autre axe de recherche.

De ces questionnements résultent quelques propositions prioritaires d'action scientifique. La méthode consisterait, autour d'un axe

savoir et porter à connaissance → recommander et responsabiliser

à procéder à une analyse pluridisciplinaire du « risque de sol » pour en identifier les différentes composantes, étudier dans quelle mesure les acteurs supportent le risque, imaginer les avantages et les inconvénients qu'il pourrait y avoir à modifier les points d'équilibre actuels.

Le projet déboucherait sur la **rédaction de documents et de recommandations méthodologiques** (ensemble de bonnes pratiques pour réduire les risques liés à la géotechnique), **destiné à servir de référentiel à l'ensemble des acteurs concernés par la construction**.

Il s'appuierait sur l'analyse de situations caractéristiques dans lesquelles les risques sont peu ou mal maîtrisés et dont il résulte des sinistres conséquents, soit par leur ampleur, soit par leur fréquence.

Les thématiques traitées pourront être affinées, mais pourraient s'organiser en deux thèmes d'intérêt majeur⁷ :

- la prévention des **risques liés à la géotechnique lors des opérations de construction** : comment réduire (par la formation, la communication, la recommandation...) la sinistralité due aux sols pendant et à l'issue des chantiers de géotechnique et de construction,
- la prévention **des risques liés au mouvements de sols de type retrait-gonflement** : comment réduire (par l'information, la communication, la recommandation...) la sinistralité qui en résulte.

⁶ Un questionnaire a été rédigé, à partir des questionnaires élaborés par les responsables du Thème 1, dans le cadre d'un stage de DESS. Décliné en trois versions (constructeur, géotechnicien, collectivité locale), il est destiné à appréhender, au travers d'entretiens, la perception des risques liés à la géotechnique par les professionnels. L'un de ces questionnaires est présenté en Annexe 2-A (questionnaire Q3).

⁷ D'autres thèmes, tels par exemple que les pathologies des dallages, pourraient être abordés, mais nous avons choisi de focaliser ici sur les 2 thèmes traités par le groupe.

PROJET SCIENTIFIQUE DU G.I.S., PISTES D'ACTION

TEXTE PROVISOIRE, A AMELIORER AVEC LA CONTRIBUTION SOUHAITEE DE CHACUN

Mis en place officiellement lors de son Conseil d'Administration fondateur, le 16 décembre 2003, le G.I.S. a travaillé au cours des deux premières années (« officieusement » en 2003, puis en 2004) à partir de 5 Thèmes qui avaient été définis à l'issue d'une réflexion collective.

C'est la synthèse de l'activité de ces thèmes qui a été reproduite dans les pages précédentes, les compte-rendus détaillés étant placés en Annexes. Dès le démarrage de ces thèmes, nous avons noté :

- des difficultés liées au fait que les périmètres d'action des thèmes devraient être progressivement définis, et que certaines questions pourraient être abordées au sein de plusieurs thèmes,
- des difficultés relatives au vocabulaire, qui peut différer selon la profession ou la spécialité de l'expert, et qui peut être à la source de problèmes importants.

Nous avons choisi, dans cette première phase de ne pas tenter de résoudre ces questions, laissant chaque thème avancer librement, en ayant simplement connaissance des actions entreprises dans les autres thèmes.

A l'issue de cette première phase, la production intellectuelle des différents groupes de travail nous paraît permettre une définition plus précise du projet scientifique collectif, qui sera décliné sous la forme de Projets. Chaque projet s'inscrira dans un cadre compatible avec la vision collective, mais ne sera pas nécessairement défini dans la continuité d'un Thème.

Avant d'aller plus loin dans les propositions, évoquons deux questions spécifiques, relatives aux notions de vocabulaire et au retour d'expérience.

Le vocabulaire : la définition du risque

Bien entendu, les notions centrales de « risque », mais aussi celles d'« aléa », de « vulnérabilité » ont fait l'objet de nombreuses discussions dans chacun des thèmes.

Il est significatif qu'après plusieurs mois de travail, les définitions sur lesquelles se sont accordées, à l'intérieur des groupes, les experts, puissent différer aussi sensiblement que c'est le cas pour le vocable « risque ». On comparera à cet effet les définitions produites au sein des Thèmes 1 et 3.

Pour simplifier, dans le Thème 1 :

- l'aléa est attaché à l'événement (souvent d'origine naturelle) à la source du danger,
- l'aléa est susceptible d'affecter des enjeux,
- les enjeux sont dotés d'une vulnérabilité.

Le risque résulte du croisement de l'aléa et des enjeux vulnérables. On peut le quantifier, par exemple par le produit d'une probabilité d'occurrence et d'une valeur (perte de valeur des enjeux).

Dans le Thème 3 on appelle risque un événement identifiable et quantifiable. On peut le quantifier par une probabilité (probabilité que ses conséquences surviennent) et une gravité.

La principale difficulté vient de ce que les deux définitions se ressemblent : elles utilisent des termes similaires (événement, probabilité), mais sont en fait totalement différentes.

A ajouter deux schémas, pour montrer différences apparentes (sémantiques) et similitudes (réelles). Pour les systèmes industriels, les enjeux ne sont pas nommés : le système existe toujours (donc il n'y a pas de phénomène sans enjeu et le phénomène est ce par quoi le système dysfonctionne). Dans le premier cas, la proba est attaché à l'aléa, dans le deuxième à l'aléa d'une certaine gravité. La notion de vulnérabilité n'est pas explicite.

Il paraît illusoire, au moins à court terme, de tenter d'homogénéiser le discours des experts, même au sein du G.I.S., puisque chaque expert s'exprime avec le vocabulaire en vigueur (et désormais fixé par des normes internationales) dans sa discipline. Il est par contre essentiel d'approfondir ces différences afin de comprendre quels problèmes elles peuvent induire lorsqu'un profane (entrepreneur, collectivité locale), confrontée aux risques et à ses experts, essaie de se saisir d'aborder ces questions.

Il est essentiel que nous puissions mettre à disposition de chaque utilisateur potentiel les moyens de comprendre et d'agir efficacement par rapport aux risques :

- ne pas confondre cartographie d'aléa et cartographie des risques,
- ne pas confondre identification des dangers et prévention des risques,
- se doter des moyens d'une maîtrise et/ou d'une gestion efficace des risques.

La nature et l'exploitation du retour d'expérience

Une autre notion abordée par tous les thèmes est celle du retour d'expérience. Il s'agit, selon les cas :

- du retour de l'expérience des praticiens, profanes ou experts, dont il s'agit de comprendre le comportement, d'extraire le savoir, ou d'appréhender la perception qu'ils ont de leurs objets techniques (Thèmes 1, 3 et 5),
- du retour d'expérience pratiqué après défaillances pour en analyser les tenants et les aboutissants (Thèmes 1, 2 et 5), en vue d'une exploitation immédiate ou différée, par exemple dans un cadre pédagogique,
- du retour d'expérience en phase courante de service des ouvrages, que l'on s'inscrive dans une logique de gestion patrimoniale usuelle ou d'analyse de risques (Thème 4).

De profondes similitudes peuvent être relevées entre ces différents contextes. La thésaurisation du retour d'expériences, sur les hommes et sur les systèmes, apparaît comme un élément-clé pour le développement d'une approche rationnelle et d'une meilleure maîtrise des

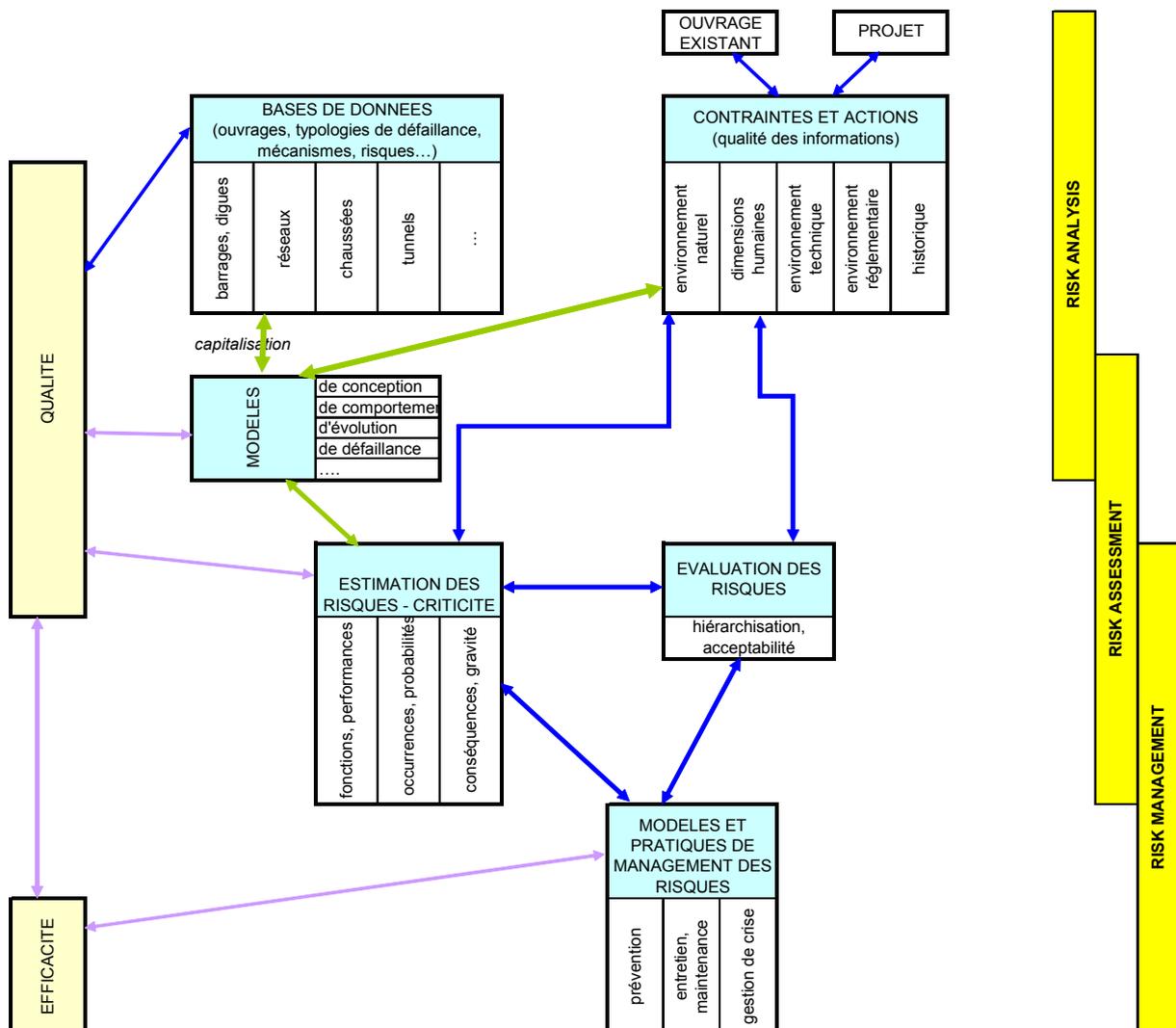
risques en génie civil. La constitution puis l'exploitation et la valorisation de bases de données portant aussi bien sur les ouvrages eux-mêmes que sur les comportements des acteurs humains ou des systèmes socio-techniques constituent donc un enjeu essentiel.

La valorisation des connaissances accumulées, par le biais de formations adaptées, sera l'une des retombées d'une telle action.

Une proposition cadre pour le projet scientifique du G.I.S.

(ORGANIGRAMME CITE EN ANNEXE 3- FAIRE REFERENCE)

L'organigramme ci-dessous s'efforce de représenter, dans toute leur richesse et leur complexité la problématique générale des thèmes abordés par le GIS, depuis le recueil des données jusqu'aux prises de décision.



Au-delà des spécificités relatives au Génie Civil (nature des objets techniques, de leurs fonctions et de leur mode de gestion), ces modules s'organisent suivant les **trois étapes**

classiques des processus de gestion des risques, depuis la collecte des données jusqu'à la prise de décision :

- (a) l'analyse de risques (RISK ANALYSIS⁸), comprenant :
 - l'identification des dangers, en liaison avec les données : environnement naturel, humain, technologique...
 - les scénarios de défaillance, en liaison avec les bases de données et les typologies d'ouvrages,
 - les modèles de représentation des défaillances, et les questions relatives à leur qualité,
 - l'estimation des mesures d'occurrence des scénarios,
 - l'estimation des conséquences des défaillances ;
- (b) l'évaluation des risques (RISK ASSESSMENT⁹), intégrant les dimensions humaines, techniques, socio-économiques, environnementales ;
- (c) la gestion des risques (RISK MANAGEMENT¹⁰), intégrant la gestion de patrimoine, l'optimisation des procédures d'IMR, la gestion des crises...

Les aspects relatifs à l'enseignement des risques concernent l'ensemble des étapes : organisation du retour d'expérience, thésaurisation de la connaissance, formation aux outils et aux modèles...

La mise en relief de ces trois étapes, combinée avec la volonté de développer les aspects transversaux (indépendants de la nature particulière des ouvrages ou projets concernés), mais aussi d'appliquer les démarches et formalismes développés à des ouvrages, familles d'ouvrages ou projets particuliers constitue le fil rouge de l'action scientifique du GIS.

On y relève plus particulièrement :

- que le recours à des modèles (de conception, de comportement, de défaillance...) est nécessaire dans une logique d'estimation des risques,
- que l'élaboration et la validation de ces modèles repose sur la collecte et le traitement des données relatives aux ouvrages et à leurs contraintes,
- qu'une démarche de capitalisation (thésaurisation du retour d'expérience, constitution de bases de données) est essentielle, permettant de passer de l'anecdotique et du particulier au général, et d'élaborer des modèles et des méthodes applicables à des champs d'études plus larges que ceux ayant servi au recueil des données,
- que la qualité (des données, des modèles) est une condition indispensable de l'efficacité des résultats en termes d'estimation, d'évaluation ou de pratiques opérationnelles.

Les dimensions humaines et sociales sont partie intégrante de la plupart de ces modules, qui ne se limitent évidemment pas à une vision techniciste ou mécaniste (par exemple, les modèles de comportement ont aussi bien trait aux comportements des acteurs qu'à ceux des ouvrages).

⁸ Défini (Annexe 2B) comme « l'utilisation des informations disponibles pour estimer les risques que les aléas font courir aux individus, aux objets ou à l'environnement », nous n'y incluons pas ici l'estimation des risques, qui fait partie de la deuxième étape.

⁹ Défini (Annexe 2B) comme le processus qui consiste à élaborer des recommandations pour la décision, relatives à l'acceptabilité des risques existants et aux mesures de contrôle existantes ou à développer.

¹⁰ Défini (Annexe 2B) comme l'application systématique de procédures et de pratiques de gestion pour les tâches d'identification, d'analyse, d'évaluation, de mitigation et de surveillance des risques.

Face à cette problématique, les voies d'action scientifiquement les plus prometteuses pour le GIS sont :

- **l'amélioration de la qualité des informations** (recueil orienté des données : plus de données ou des données plus fiables, sélectionnées en fonction des objectifs) et des modèles,
- le développement d'une « **panoplie** » de **modèles et de méthodes** qui pourront ensuite être déclinés selon les objectifs précis et en fonction des objets d'études spécifiques,
- la mise au point d'**outils de représentation et de formalisation des pratiques et des logiques** des acteurs, dans une perspective « risques ».

