

# CFMR

Norme sur les missions d'ingénierie géotechnique  
NF P94-500

L'enchaînement des missions d'ingénierie  
géotechnique pour la maîtrise des risques



ARCADIS

Jacques ROBERT, Directeur du Management des Risques

---

# Un projet est toujours un prototype

- Par sa fonctionnalité
- Par sa définition géométrique
- Par le contexte géotechnique du site d'implantation
- Par son voisinage
- Par le choix structurel et la méthode de construction retenue

Il n'y a pas de projet sans risque.  
Les risques peuvent être managés, minimisés,  
partagés, transférés ou acceptés.  
Ils ne peuvent pas être ignorés.

*Sir Michael Latham, 1994*



# Objectifs du management des risques

- Assurer la sécurité  
du personnel du chantier, du voisinage, des  
futurs utilisateurs
- Garantir  
la qualité de l'ouvrage, le respect du coût de  
construction et du délai de livraison

# Objectifs du management des risques

- Prévenir plutôt que subir
- Gérer en partenariat le projet et ses risques associés
- Optimiser le coût final du projet par 4 actions : l'anticipation, l'alerte, la réactivité, le contrôle
- Passer d'un comportement individuel de gestion des réclamations à un comportement de partenaires pour la maîtrise des risques et donc du coût du projet

# Processus général du management des risques

- Identification des risques
- Evaluation des risques
- Traitement des risques (actions préventives, détection au plus tôt, actions curatives)
- Suivi et contrôle (réalité des actions, vigilance)
- Mémorisation et capitalisation des expériences



# Rôle de l'ingénierie géotechnique

- La mieux qualifiée pour aider le maître d'ouvrage à maîtriser les risques géotechniques tributaires :
  - du contexte géotechnique du site (connaissance partielle, modélisation simplificatrice et réductrice)
  - des spécificités de l'ouvrage (sensibilité aux incertitudes et variabilités géotechniques)
  - de la ZIG (contexte géotechnique du site et sensibilité des avoisinants)
- L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique permet d'optimiser l'adaptation du projet au contexte géotechnique du site appréhendé progressivement

# Conditions pour un bon management des risques géotechniques

- détection au plus tôt du problème
- contrôle de l'efficacité des parades prévus
- au stade de la conception :
  - bonne connaissance du voisinage et du contexte géotechnique du site
  - évaluation des variabilités et des incertitudes
  - dispositions constructives complémentaires, adaptations possibles
  - identification et évaluation des risques (provision pour risques)
  - conception du dispositif de suivi et contrôle
- pendant les travaux
  - suivi et contrôle en continu (valeurs seuils), dispositions constructives prévues à l'avance, gestion de la provision pour risques
- après les travaux
  - maintenance adaptée au contexte géotechnique, à l'ouvrage et à son voisinage

# 2003 Paris : métro ligne 14



# Progressivité du traitement des risques géotechniques

- aléa majeur traité au stade AVP (remise en cause)
- aléa important traité au stade PRO (adaptations ou mesures prédéfinies) et EXE (suivi pour déclenchement), dans le cadre de l'application de la conception interactive
- aléa résiduel traité au stade EXE (faible impact sur sécurité, qualité, coût, délai)

Etape	Phase d'avancement du projet (MOP)	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en terme de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques
<b>1</b>  Etudes préalables	<b>Étude préliminaire</b> <b>Étude d'esquisse</b>	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	<b>Avant projet</b>	Étude géotechnique d'avant projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
<b>2</b> <b>Projet</b>	<b>Projet</b> <b>Assistance</b> <b>Contrat Travaux</b>	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et des dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
<b>3</b> <b>Exécution</b>	<b>Exécution</b>	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
<b>Cas particulier</b>	<b>Etude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques</b>	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

# **ETAPE 1 : Etudes géotechniques préalables**

## **Etude géotechnique préliminaire de site (G11)**

- enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site
- existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours
- investigations fonction des données existantes
- modèle géologique préliminaire et certains principes généraux d'adaptation d'un projet non encore défini au site, avec première identification des risques géotechniques

# ETAPE 1 : Etudes géotechniques préalables

## Etude géotechnique d'avant projet (G12)

- investigations fonction des données existantes et de l'AVP
- hypothèses géotechniques au stade AVP
- certains principes généraux de construction envisageables (terrassements, soutènements, fondations...)
- ébauche dimensionnelle éventuelle
- réduction des conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés par adaptations de l'AVP
- étude obligatoirement complétée par l'étude géotechnique de projet (étape 2) pour finaliser la conception

# ETAPE 2 : Etude géotechnique de projet (G2)

## Phase Projet

- investigations fonction des choix constructifs
- notes techniques sur les méthodes d'exécution proposées et les valeurs seuils associées (conception interactive)
- notes de calculs de dimensionnement niveau PRO
- approche des quantités, délais et coûts
- réduction des conséquences des risques géologiques importants identifiés et identification des conséquences des risques géologiques résiduels

## Phase Assistance aux Contrats de Travaux

- documents techniques de consultation des entreprises
- sélection des entreprises et analyse technique des offres

# Conception interactive pour la réduction des risques

- Définir les limites admissibles du comportement de l'ouvrage et du voisinage
- Estimer les variations possibles du comportement et la probabilité d'un comportement réel dans les limites admissibles
- Etablir un programme de suivi pertinent
- Définir un programme de mesures d'urgence

D'où un investissement plus important en phase conception et une plus grande réactivité en phase travaux





# ETAPE 3 : Exécution des ouvrages géotechniques

## Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3 )

### **Phase Etude (indissociable de la phase Suivi)**

- investigations fonction des méthodes de construction
- validation des hypothèses géotechniques
- définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques
- méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations avec valeurs seuils associées, dispositions constructives éventuelles)
- réduction des risques résiduels par des mesures d'adaptation ou d'optimisation mises en œuvre à temps

# ETAPE 3 : Exécution des ouvrages géotechniques

## Etude et Suivi Géotechniques d'Exécution (G3)

### Phase Suivi (indissociable de la phase Etude)

- suivi de l'exécution des travaux et de l'auscultation
- vérification des données géotechniques par relevés lors des excavations et par investigations complémentaires si nécessaire
- déclenchement si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude
- participation à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance

# ETAPE 3 : Exécution des ouvrages géotechniques

## Supervision géotechnique d'exécution (G4)

### *2 phases indissociables*

#### **Phase Supervision de l'étude d'exécution**

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution
- Avis sur les adaptations ou optimisations potentielles proposées par l'entrepreneur
- Avis sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées

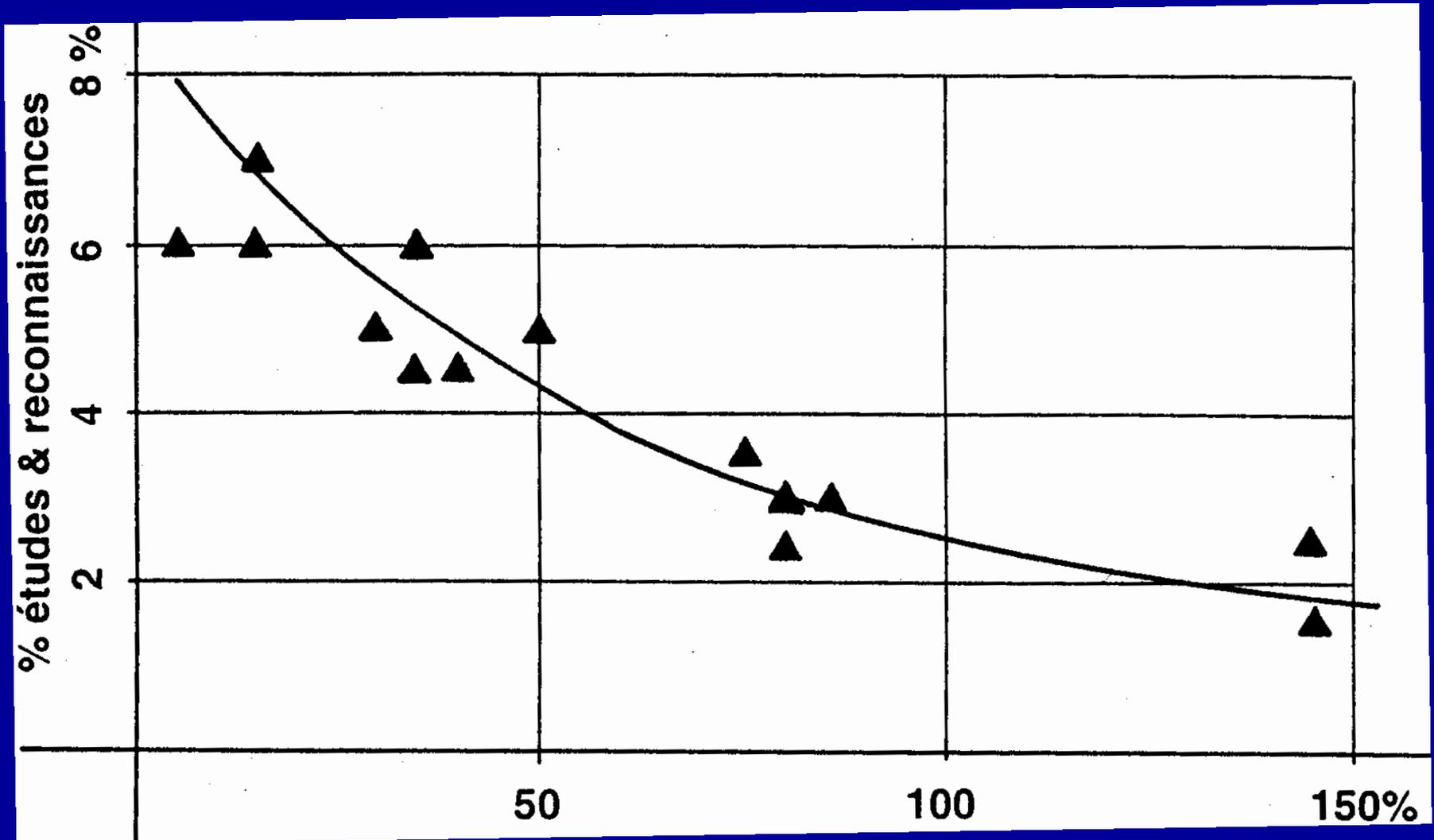
#### **Phase Supervision du suivi d'exécution**

- Avis sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur par interventions ponctuelles sur le chantier
- Avis sur le comportement observé de l'ouvrage géotechnique et des avoisinants concernés
- Avis sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur

# 1996 Toulon : tunnel routier



# Corrélation entre coût des études + investigations et coût avéré des risques pour plusieurs projets de tunnels



Coût avéré des risques en % du coût d'objectif

# Diagnostic Géotechnique (G5)

- pendant le déroulement d'un projet (conception ou exécution) ou au cours de la vie d'un ouvrage
- étude, de façon strictement limitative, d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle
- investigations spécifiques si nécessaire
- validation des données géotechniques nécessaires au diagnostic
- étude géotechnique de projet et/ou d'exécution, suivi et supervision à faire si le diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux

# Les axes d'amélioration (1)

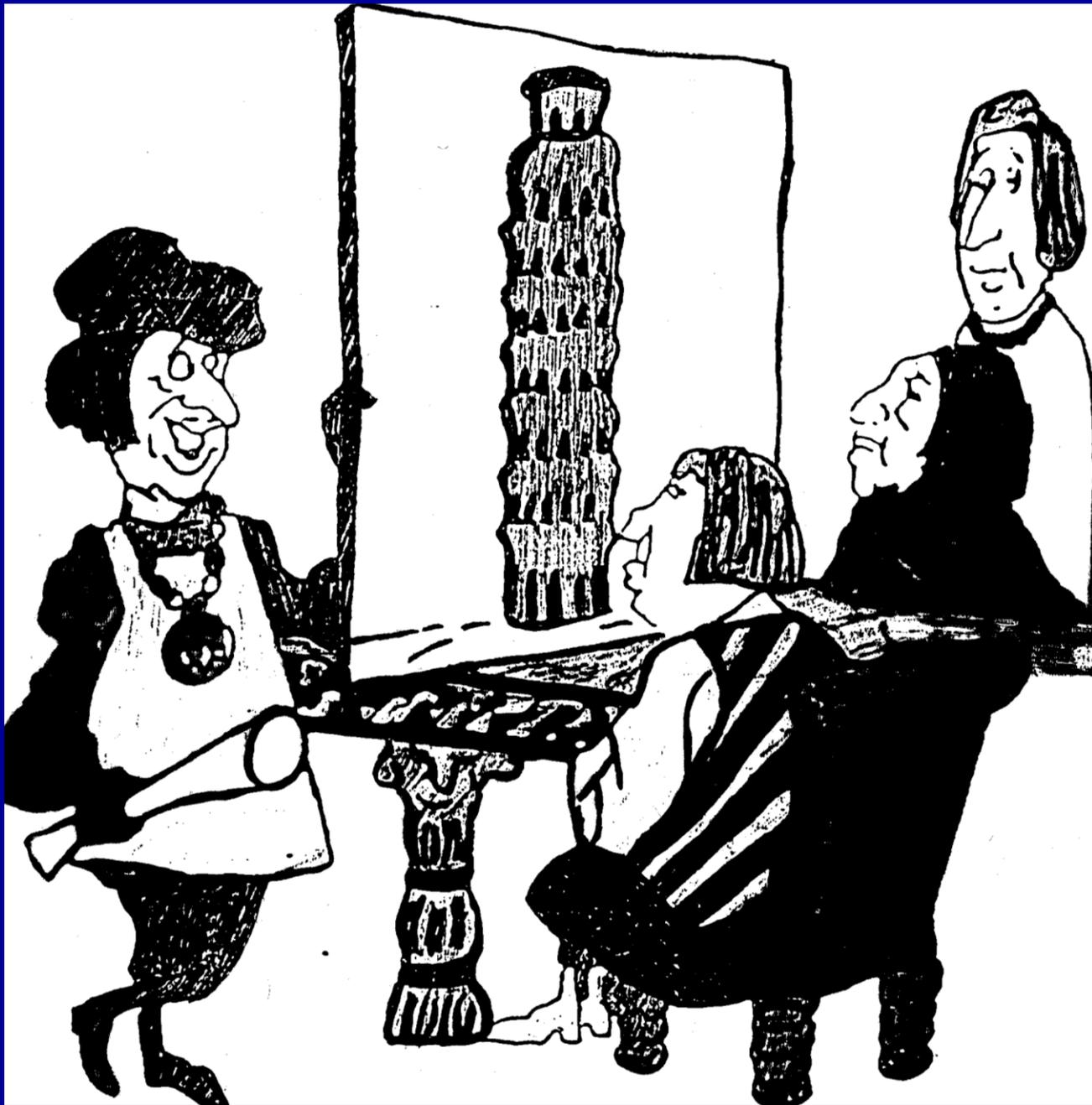
- Management des risques à chaque étape  
*traçabilité des décisions et des évolutions du projet*
- Implication continue du géotechnicien  
*analyse cohérente et globale des risques (opportunités) géologiques*
- Partenariat avec les assureurs  
*programme cohérent de couverture des risques (poids économique, responsabilités)*
- Contrôleur technique rémunéré par l'assureur  
*coût intégré dans la cotisation d'assurance DO ou RC du maître d'ouvrage*

## Les axes d'amélioration (2)

- Contrats sur prix mixtes forfaitaires et unitaires  
*le sous-sol peut modifier la prestation à réaliser*
- Contrats en partenariat gagnant-gagnant  
*gérer les risques, optimiser le projet*
- Laisser la place à l'innovation  
*projets référence en France pour l'exportation*
- Former juriste et ingénieur à la géotechnique  
*prototype, matériau non reconnu, hétérogène, évolutif  
cadre normatif souvent mal adapté à la réalité du terrain*
- Litiges : expert spécialiste  
*intéressement à la résolution au plus vite et au coût moindre*

*« On ne commande à la nature  
qu'en lui obéissant »*

Francis Bacon



« nous avons  
gagné 3 semaines  
en ne faisant pas  
les investigations  
géotechniques »



« on a un peu rogné sur les fondations mais j'crois pas qu'ça s'verra »