


Conception GEOTECHNIQUE dans LES MASSIFS ROCHEUX


Apport des normalisations

Thierry YOU
(CFMR)

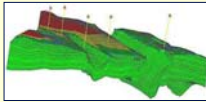
Réunion du 26/01/2005




Comité Français de Mécanique des Roches



Essai triaxial sur une éprouvette de roche (Ecole des Mines de Paris)



Modélisation d'une couche pétrolière et de ses puits (IFP)



Visite de la carrière de craie C.B.R à Lixhe : Journée Commune CFMR, Comité Belge de Mécanique des Roches, Liège le 6 Juin 2002

Objectifs : Promotion de la Géotechnique, la Mécanique et la Physique des Roches

Groupes : Groupe français de la Société Internationale de Mécanique des Roches

Activités : 6 réunions par an dont 1 commune avec CFMS, CFGI

Organisations : Organisations de journées communes avec les comités des pays voisins

Conseil : 16 membres, Bureau 5 Membres Président M.GHOREYCHI et Commission Scientifique et Technique (Président T. YOU)


Adhérents : 210 adhérents individuels, 13 membres collectifs

Publications : Revue Française de Géotechnique (Revue à comité de lecture commune aux CFMR, CFMS, CFGI)

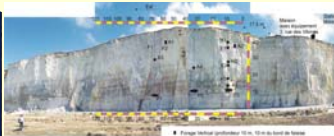
Manuel : Manuel de mécanique des Roches (2 tomes)

Secrétariat général : Sylvie GENTIER BRGM/CDG/MA (Secrétariat : E. Ortega)
Avenue Claude Guillemin, B.P. 6009, 45060 Orléans Cedex 2, France
Tél : (33) 02 38 64 39 61, Fax : (33) 02 38 64 33 34, e-mail: cfmr@brgm.fr

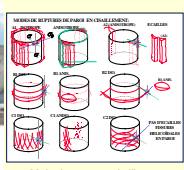
Site web : <http://www.geotechnique.org>




Simulation par éléments distincts (code PFC) d'une expérience de compression illustrant les micro-mécanismes (ITASCA)



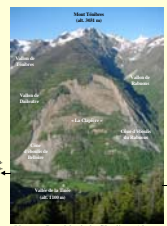
Falaise instrumentée à Messil-Val (Projet Européen Protect INERIS-BRGM)



Modes de ruptures en cisaillement en paroi de puits pétrolier (TFE)



Caverne de propane à Lavéra, France (Geostock)



Versant instable de la Chaprière, Alpes-Maritimes (Photo LAEGD)

EC7 et Mécanique des Roches

- Approche méthodologique possible
- Un exemple vécu(galerie souterraine)
- L 'applicabilité des EC7

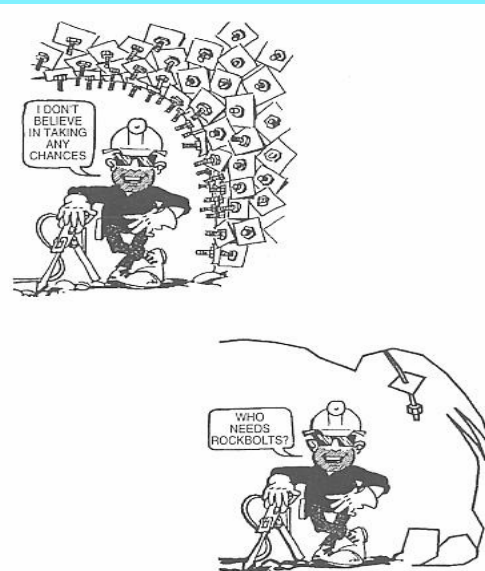
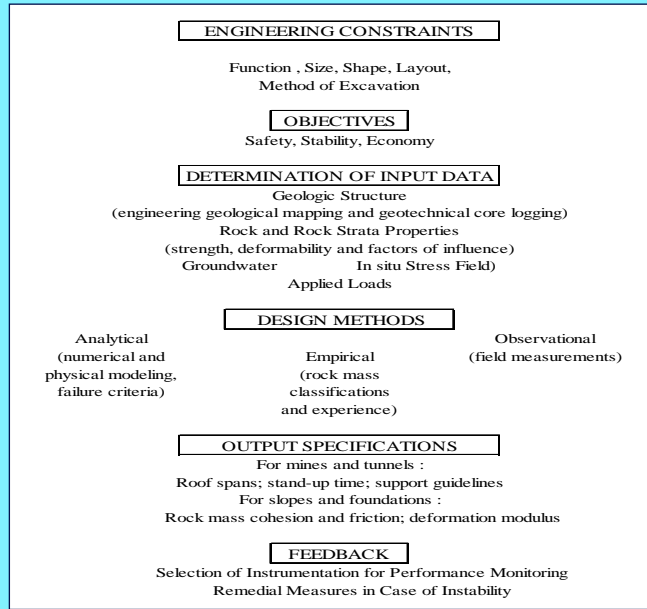
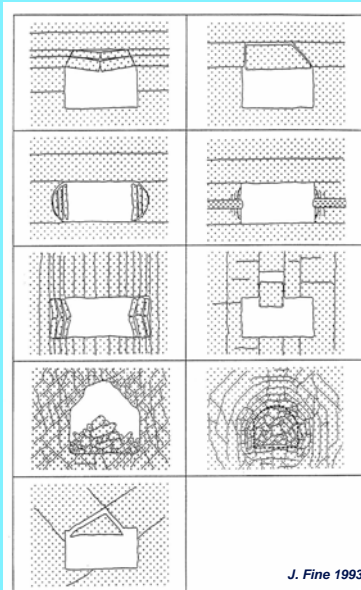


Figure 2.1: Rockbolting alternatives based on individual judgement. (Drawings from a cartoon in a brochure on rockfalls published by the Department of Mines of Western Australia.)

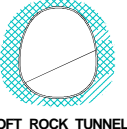
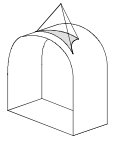
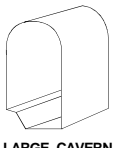
SIMPLIFIED DESIGN CHART FOR ROCK ENGINEERING (BIENIAWSKY - 1987)

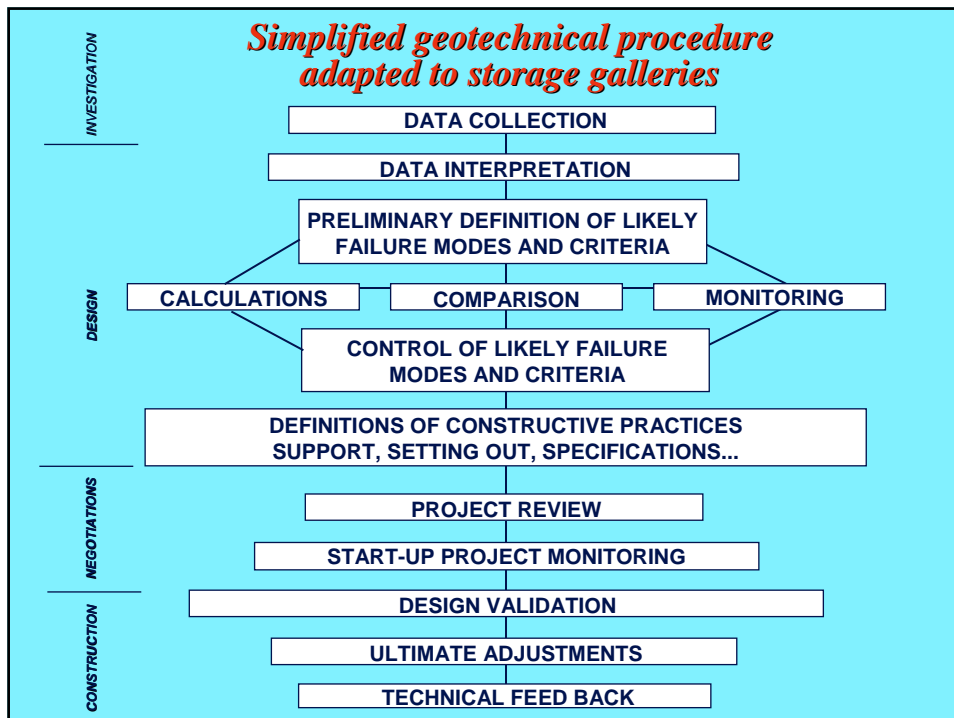


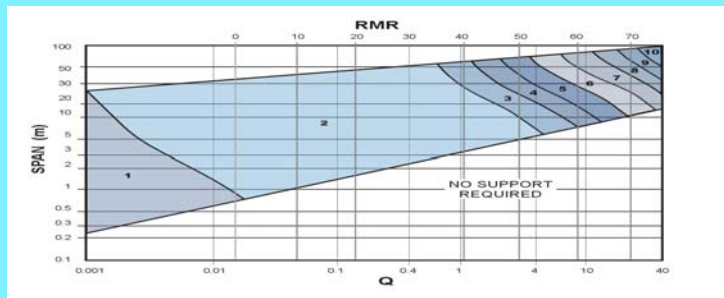
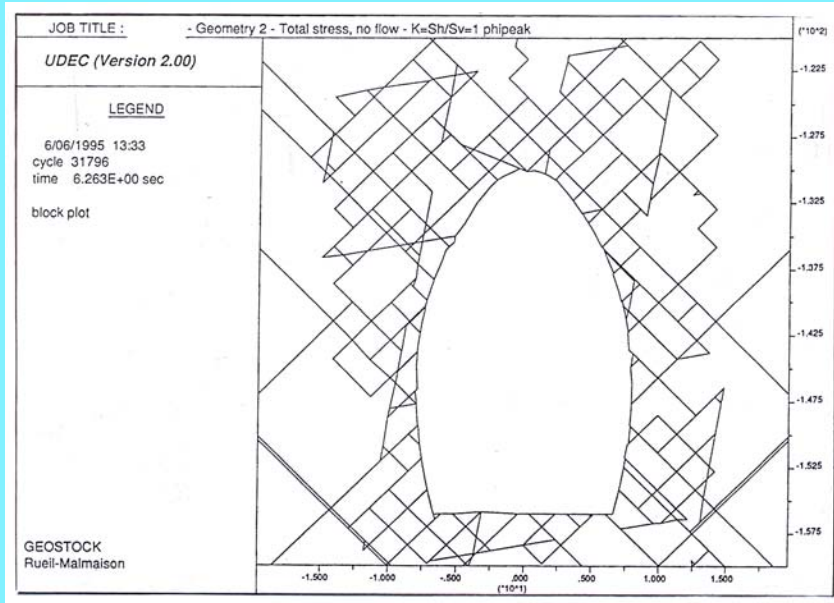
CLASSIFICATION DES TERRAINS D'APRES LES TYPES D'ÉBOULEMENTS POTENTIELS



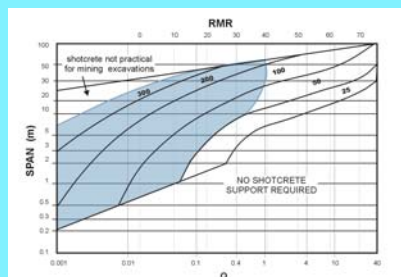
Typical problems, critical parameters, methods of analysis and acceptability criteria for underground civil engineering excavations

STRUCTURE	ANALYSIS METHODS	ACCEPTABILITY CRITERIA
 <p>SOFT ROCK TUNNEL</p>	<p>Stress analyses using numerical methods to determine extent of failure zones and probable displacements in the rock mass. Rock-support interaction analyses using closed-form or numerical methods to determine capacity and installation sequence for support and to estimate displacements in the rock mass.</p>	<p>Capacity of installed support should be sufficient to stabilize the rock mass and to limit closure to an acceptable level. Tunneling machines and internal structures must be designed for closure of the tunnel as a result of swelling or time-dependent deformation. Monitoring of deformations is an important aspect of construction control.</p>
 <p>SHALLOW TUNNELS IN JOINTED ROCK</p>	<p>Spherical projection techniques or analytical methods are used for the determination and visualization of all potential wedges in the rock mass surrounding the tunnel. Limit equilibrium analyses of critical wedges are used for parametric studies on the mode of failure, factor of safety and support requirements.</p>	<p>Factor of safety, including the effects of reinforcement, should exceed 1.5 for sliding and 2.0 for falling wedges and blocks. Support installation sequence is critical and wedges or blocks should be identified and supported before they are fully exposed by excavation. Displacement monitoring is of little value.</p>
 <p>LARGE CAVERN IN JOINTED ROCK</p>	<p>Spherical projection techniques or analytical methods are used for the determination and visualization of all potential wedges in the rock mass. Stresses and displacements induced by each stage of cavern excavation are determined by numerical analyses and are used to estimate support requirements for the cavern roof and walls.</p>	<p>An acceptable design is achieved when numerical models indicate that the extent of failure has been controlled by installed support, that the support is not overstressed and that the displacements in the rock mass stabilize. Monitoring of displacements is essential to confirm design predictions.</p> <p style="text-align: right;"><i>(E. Hoek 2000)</i></p>





Rock bolt density ($\phi 20\text{mm}$)



Shotcrete thickness (in mm)

Stacey: rock engineering handbook

Monitoring « concepteur »

EN PHASE DE RECONNAISSANCE :

Présence permanente (Supervision) « géosciences » lors de la foration et des essais d'eau

- ==> RQD levé à la sortie du carottier
- ==> échantillons sélectionnés pour le laboratoire
- ==> essais d'eau adaptés au terrain rencontré

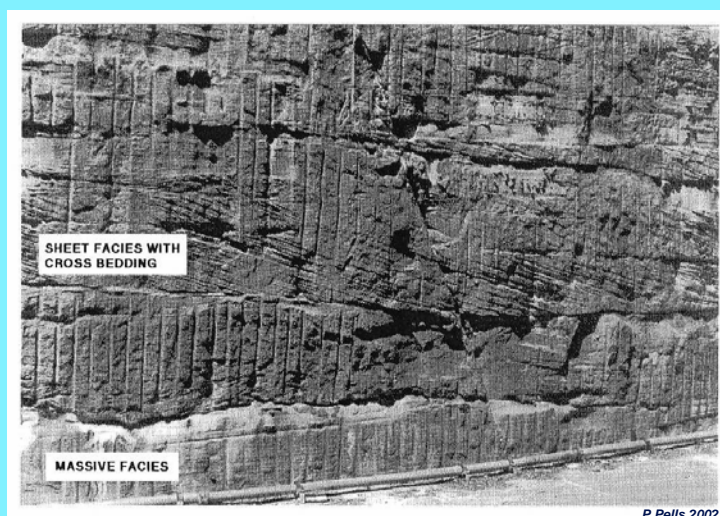
EN PHASE DE CONSTRUCTION :

Levés géologiques/géotechniques systématiques (après chaque tir?)

- ==> cartographie géo-géo+géomètre
- ==> établissement par exemple d'un « Q factor »
- ==> boulonnage a adapter



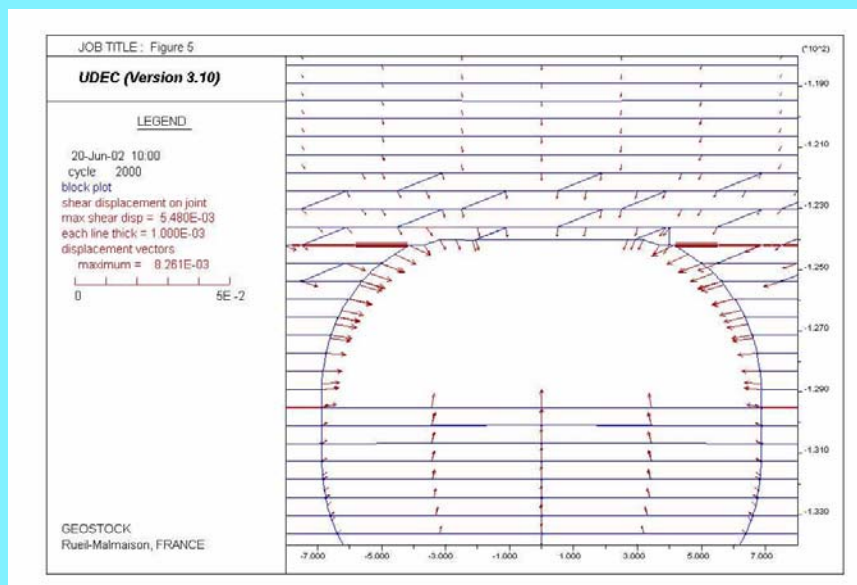
TYPICAL EXPOSURE OF HAWKESBURY SANDSTONE



CARACTERISTIQUES

- Grès (Hawkesbury Sandstone)
 - bancs massifs et à stratification oblique
 - Rc 30 à 90 Mpa
 - Joints horizontaux argileux
 - Pas de joints verticaux
 - anisotropie de contrainte $\sigma_H / \sigma_V = 2.5$ (mesuré recon.)
et jusqu'à 4 localement (mesuré creusement)
- ==> très forte anisotropie du massif rocheux

SYDNEY - Modèles UDEC



SYDNEY



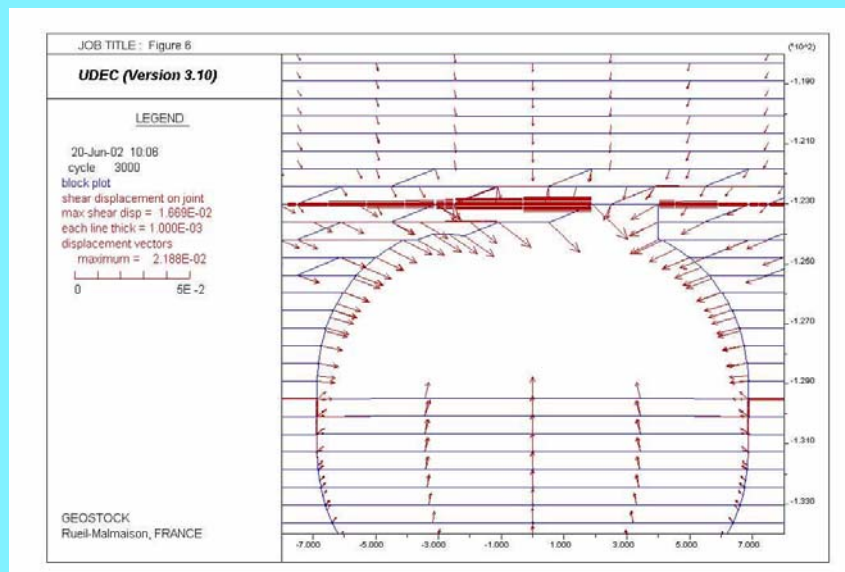
SYDNEY

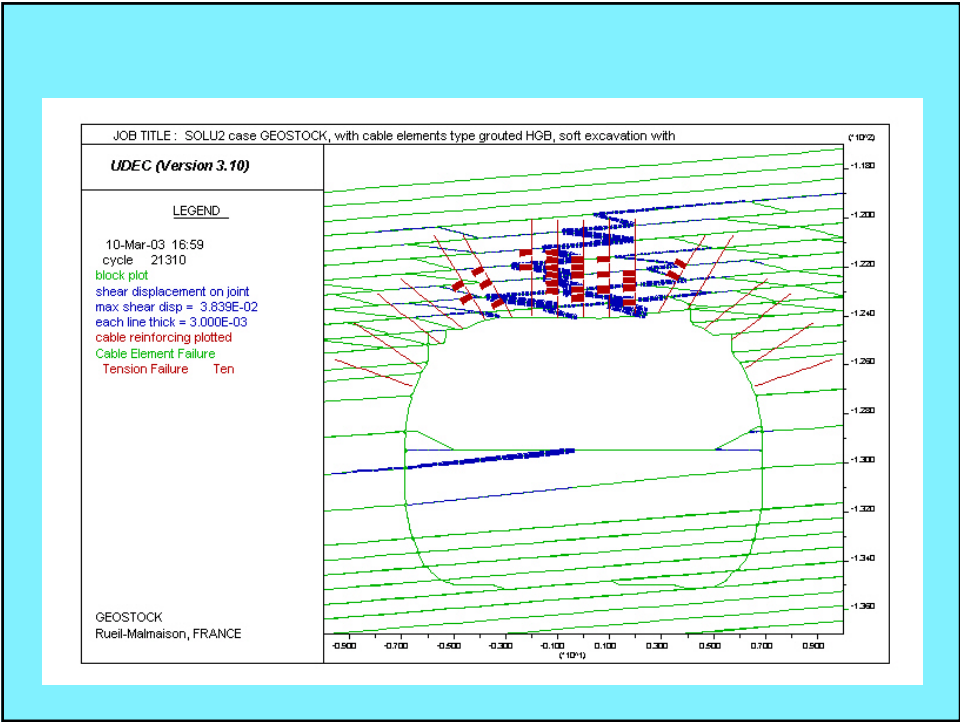


ROCK FALL EXPLANATIONS (20+)

- A large number of explanations were put forward by the parties involved, many of them with ulterior motives: unsuitable section, inappropriate and damaging explosive, poor workmanship (drilling, bolting, etc.), untested rock bolts, too differed bolt grouting, poor site organisation, unsuitable numerical and structural models, underdesigned rockbolts, inappropriate bolting patterns, unsuitable excavation sequence, poor and inefficient quality control, lack of design methodology (EC7), lack of monitoring and inspection, unforeseen stress release, random vertical joints, lack of spot bolt decision on visible instabilities, inclined defects in sheet facies, too high water pressure imposed in the fissures, etc.
- At that stage, none of the specified monitoring measures that had been prepared for design validation (geological joint mapping, convergence measurement, profile mapping, pull-out test, etc.), that certainly would have helped as new design basic data, had been implemented.
- Maintaining roof integrity was crucial for stability, as was established latter (You et al. Johannesburg ISRM2003)

SYDNEY - Modèles UDEC





SYDNEY



RETOUR D'EXPERIENCE

CONTRAINTES EN PLACE

- *nécessité en milieu difficile*
- *méthodologie adaptée au terrain*

QUALITE DES TIRS

- *risque de demeurer encore longtemps un sujet de discorde*
- *tir adouci (smooth blasting): les critères universels et qualifiables d'un bon tir adouci n'existent pas,*

RETOUR D'EXPERIENCE

TOUS LES PARAMETRES DE CALCUL NE SONT PAS ACCESSIBLES PAR FORAGE ET/OU LABORATOIRE

Variabilités mécaniques locales comme:

- *dilatance des ondulations stratigraphiques*
- *modules déformation à grande d'échelle*
- *variations brusques de contrainte par alternance de rigidité*

NOTION DE « MODELE GEOTECHNIQUE »

La notion même de modèle peut s'avérer délicate

- *un modèle complexe n'est pas forcément + représentatif*
- *plusieurs modèles sont parfois nécessaires*
-*restons humble et vigilants*

RETOUR D'EXPERIENCE

CONFIRMATION ET VIGILANCE

Confirmation & validation des hypothèses de base en début de chantier sont impératives...

... sans amener à une perte de vigilance !

EVOLUTION RAPIDE DE NOS METIERS

- les données et méthodes sont en constante évolution***
- une conception aboutie peu devenir obsolète en 5 ans***

.....attention au projet qui ressort d'un placard !

RETOUR D'EXPERIENCE

CONCEPTION ET ORGANISATION DU PROJET SONT LIEES

- organisation des contrôles = élément fondamental pour la réussite d'un projet***
- faire clarifier au plus vite par le Maître d'Ouvrage Qui fait Quoi en la matière***
- la conception géotechnique, comme toute pièce contractuelle devra(it) tenir compte de la future organisation***

...

EC7 - Apports possible

- 2.4 Dimensionnement par le calcul
 - EC1 (États limites, action, valeurs caractéristiques, statistiques à 95%, facteurs partiels etc....)
 - non ou peu expérimentés en mécanique des roches
 - valeur de calcul des données géométriques non applicables aux grand ouvrages
 - attention à la non exhaustivité des hypothèses possibles

EC7 - Apports possible

- 2.5 . Dimensionnement par mesures prescriptives
- -règles classiques et généralement conservatives (Q system, RMR, GSI etc....?)
- 2.7 . Méthode observationnelle (du comportement géotechnique)
 - - les limites du comportement acceptable doivent être établies
 - -les domaines des comportement possible doivent être étudiés
 - -le plan d'instrumentation (mesures) doit être établi
 - - le plan de sauvegarde doit être établi

EC7 - Apports possible

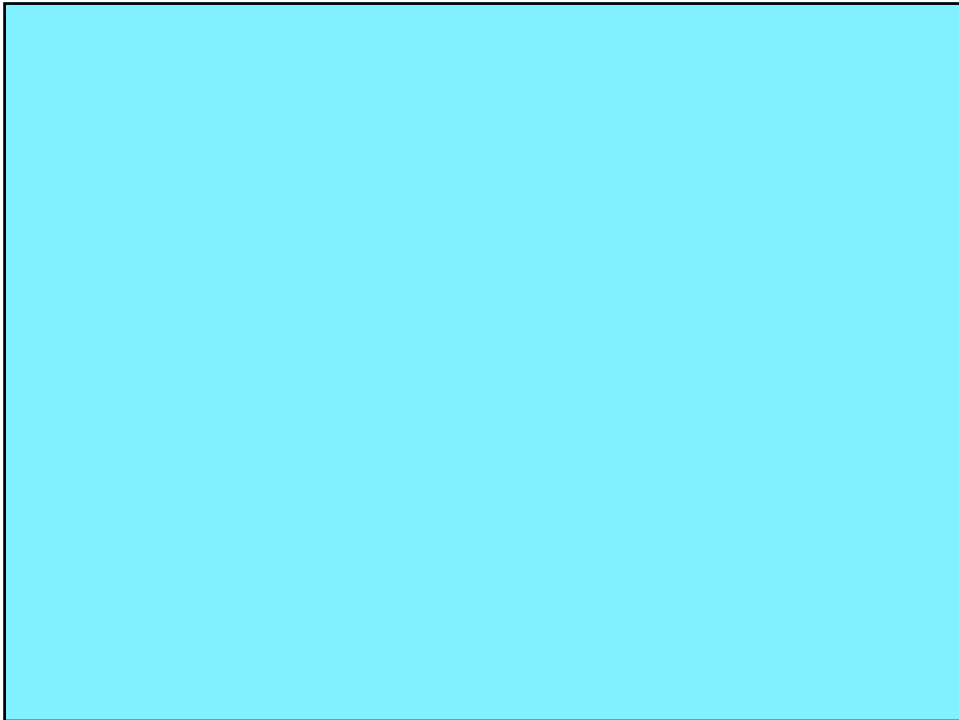
- 2.8 Rapport géotechnique
 - doit comporter un plan de suivi et de mesures
 - indiquer les parties responsables des mesures, **difficile en tunnel les conseillers ne sont pas les payeurs**

EC7 et Mécanique des Roches

- | <i>les + EURO</i> | <i>et les - CODE</i> |
|--------------------------------|--|
| • Apparence d'unité européenne | • Illusion d'exhaustivité |
| • Un pas en avant nécessaire | • La roche est elle un matériau ?(ex SIRT) |
| • Check-List utiles | • Dérive vraisemblable |
| | • Frein possible |



Inchon / South Korea
(LG-Caltex Gas Co. Ltd)



***EC7 - ENV 1997 -1
GEOTECHNICAL DESIGN
(limit states, characteristics values, partial factors...)***

2.5 . Design by prescriptive measures

- conventional and generally conservative rules***

2.7 . Observational method (of geotechnical behaviour)

- acceptable limits shall be established***
- margin of possible behaviour shall be assessed***
- plan of monitoring shall be devised***
- contingency action shall be devised***