



COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES ROCHES

www.cfmr-roches.org

Risques en Ingénierie des Roches

CNAM, 292 rue St-Martin, 75003 Paris (métro : Réaumur-Sébastopol)

Amphi V (Jean Prouvé)

18 octobre 2012

13 : 45 **Accueil des participants**

14 : 00 Information CFMR - ISRM

14 : 10 Introduction : **Karim Benslimane et Frédéric Pellet (CFMR)**

14 : 20 **1^{ère} Partie : Ouvrages en profondeur**

Instruments d'aide à la décision pour la construction de tunnels ADCT appliqués aux risques sur les coûts et délais de construction de tunnels

Jean-Paul Dudt, LMR, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

Exemples d'application des instruments d'aide à la décision aux études de tunnels profonds

Daniel Collomb, Bonnard et Gardel, Lausanne, Suisse

Risques de réactivation de faille : la problématique des stockages de CO₂

Jérémy Rohmer, Farid Smai, Vu Minh Ngoc, BRGM, Direction des Risques et Prévention, Orléans - Laboratoire NAVIER, Marne la Vallée

16 : 10 **2^{ème} Partie : Ouvrages en surface**

Démarche de dimensionnement d'ouvrages de protection pour un risque résiduel moyen dans les gorges de la Bourne

Julien Lorentz, Laurent Muquet, IMS-RN, Crolles

La place de l'expertise dans l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux – Exemple d'une expérimentation originale

Adeline Delonca, Thierry Verdel, Yann Gunzburger, Ecole des Mines de Nancy

Méthodologie de zonage de l'aléa rocheux pour l'aménagement du territoire

Vincent Labiouse, Jacopo Abbruzzese, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

18 : 00 **Fin de la séance**



CFMR

COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES ROCHES

www.cfmr-roches.org

Instruments d'aide à la décision pour la construction de tunnels ADCT appliqués aux risques sur les coûts et délais de construction de tunnels

Jean-Paul Dudt, Laboratoire de mécanique des roches (LMR), EPFL, Lausanne, Suisse

L'expérience montre que, dans le domaine de la construction de tunnels, les coûts et délais effectifs correspondent rarement aux valeurs annoncées. Parfois, ils s'en éloignent même de façon spectaculaire. Cette incapacité à prévoir avec précision les performances réelles est due aux grandes incertitudes qui caractérisent la construction des tunnels, et qui sont principalement d'ordre géologique et liées aux méthodes de construction. Ce constat rend d'ailleurs problématique une comparaison de variantes sur la seule base des coûts et délais espérés.

Un outil d'aide à la décision pour la construction de tunnels, ADCT (Decision Aids for Tunnelling, DAT) a été mis au point par H. Einstein au MIT, en collaboration avec le LMR-EPFL. Il permet de prendre en compte les incertitudes, et de les traduire, par la méthode de Monte-Carlo, en distributions probabilistes des coûts et délais de construction.

Toutes les données, et les incertitudes y relatives, sont recueillies auprès des géologues et ingénieurs en charge du projet, au travers d'interviews et de l'étude de dossiers. Les ADCT sont flexibles et permettent de prendre en compte les incertitudes pertinentes en fonction du contexte géologique et de la méthode de construction.

Les ADCT peuvent facilement être intégrées à toutes les phases du projet, de la planification jusqu'au suivi de l'exécution, et ceci aussi bien par le maître d'œuvre que par l'entreprise.

La méthodologie ne permet pas seulement de prévoir la distribution des coûts et délais de construction, mais elle rend aussi possible une comparaison objective et quantifiée des risques inhérents à plusieurs variantes (différents tracés, méthodes de construction, offres d'entreprises, etc.).

Exemples d'application des instruments d'aide à la décision aux études de tunnels profonds

Daniel Collomb, Bonnard et Gardel, Lausanne, Suisse

Risques de réactivation de faille : la problématique des stockages de CO₂

Jérémy Rohmer, Farid Smai, Vu Minh Ngoc, BRGM, Direction des Risques et Prévention, Orléans, Laboratoire NAVIER

Une des solutions identifiées pour réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), gaz considéré comme étant un des principaux vecteurs de l'augmentation de la température de l'atmosphère, consiste à capturer et transporter ce dernier depuis les sources industrielles émettrices vers des sites de stockage souterrain. L'agence internationale de l'énergie (IEA) a récemment évalué la contribution de la technologie « Capture-Transport-Stockage de CO₂ » à la réduction des émissions de gaz à effet de serre à hauteur de un cinquième d'ici 2050. Sur cette base, IEA conclue qu'une centaine de projets devront être mis en place d'ici 2020 et plus de 3000 d'ici 2050. En termes de quantité de CO₂ stocké, cela devrait représenter 10 Gt / an.

Ces chiffres soulignent donc le nombre important de sites de stockage à prévoir. Se pose alors la question de la gestion des risques de l'activité de CTSC et plus particulièrement de la partie stockage géologique de CO₂ pour assurer un développement durable de cette filière et favoriser son appropriation sociale. Parmi les différents événements de risques possibles, celui lié à la réactivation de failles apparaît essentiel pour cette technologie. La réactivation de telles discontinuités pourrait se traduire par : la création de nouvelles



COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES ROCHES

CFMR

www.cfmr-roches.org

voies de fuite ; la subsidence et/ou la surrection du sol ; voire une sismicité pouvant potentiellement être ressentie en surface.

L'évaluation des risques liés à la réactivation des failles n'est pas un sujet nouveau pour le domaine de la mécanique des roches, mais les spécificités du stockage de CO₂ posent certains défis exigeant soit l'application et l'adaptation d'outils et méthodologies d'autres domaines (e.g., ingénierie pétrolière, géothermie profonde) voire de nouveaux développements. Dans cette présente communication, nous aborderons les difficultés liées:

- A l'extension spatiale importante (plusieurs dizaines de kilomètres) des perturbations hydrodynamiques engendrées par l'injection de CO₂, et donc des zones où les contraintes effectives sont potentiellement modifiées ;
- Aux échelles de temps visées (injection de 25-50 ans et stockage >100 ans) ;
- Au caractère réactif du CO₂ pouvant potentiellement modifier les propriétés hydro-mécaniques des zones fracturées ;
- Au contexte en termes de connaissances des propriétés hydro- mécaniques des aquifères profonds (visés pour le stockage) et des zones de failles.

Démarche de dimensionnement d'ouvrages de protection pour un risque résiduel moyen dans les gorges de la Bourne

Julien Lorentz, Laurent Muquet, IMS-RN, Crolles

La place de l'expertise dans l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux – Exemple d'une expérimentation originale

A. Delonca – T. Verdel – Y. Gunzburger, Ecole des Mines de Nancy

Les méthodes d'évaluation de la probabilité d'occurrence des éboulements s'appuient pour la plupart sur un ensemble d'observations qualitatives et peu formalisées. De ce fait, l'expertise - en tant que compétence acquise avec le temps, par l'expérience - joue un rôle de premier plan dans la détermination des classes d'aléa.

Afin d'évaluer les incertitudes et le poids des appréciations subjectives dans le processus d'expertise, nous avons mené une « expérience » au cours de laquelle différents intervenants (experts confirmés, enseignants-chercheurs et étudiants en géosciences) ont été invités à évaluer l'aléa d'éboulement sur un site-test (une falaise située à proximité de Nancy) selon deux méthodes distinctes : la méthode du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), qui est une méthode essentiellement qualitative très utilisée en France, et la méthode Slope Mass Rating (SMR), qui propose une approche plus quantitative issue des classifications des massifs rocheux.

Les résultats préliminaires de cette expérience montrent qu'il n'existe apparemment pas de différence statistiquement significative entre les évaluations de l'aléa faites par les experts, les enseignants-chercheurs et les étudiants. Il semble que l'évaluation de la probabilité de rupture dépende davantage de la méthode utilisée, ainsi que de la taille du volume rocheux considéré.

Méthodologie de zonage de l'aléa rocheux pour l'aménagement du territoire

Vincent Labiouse, Jacopo Abbruzzese, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse



COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES ROCHES

CFMR

www.cfmr-roches.org

Le zonage de l'aléa mouvement de versants est nécessaire à la planification du territoire et à l'analyse du risque. Bien que les instabilités rocheuses représentent une menace pour les personnes et les infrastructures dans de nombreux pays, les procédures d'évaluation de l'aléa rocheux sont loin d'être uniformisées. Après rappel du contexte général et classification de diverses approches existantes, l'exposé portera sur une nouvelle procédure de zonage de l'aléa rocheux à l'échelle locale basée sur les résultats de calculs trajectographiques. Cette méthode, applicable dans des configurations topographiques 2D et 3D ainsi que pour des sources diffuses ou localisées, se base sur un couplage rigoureux de l'énergie et de la fréquence d'occurrence des événements potentiels (selon la définition de « hazard » admise au niveau international). Pour un scénario de rupture fixé et après réalisation des calculs trajectographiques, le caractère rigoureux de la méthode garantit un zonage indépendant de l'utilisateur et/ou du bureau d'études. De surcroît, elle est applicable avec n'importe quel diagramme intensité-fréquence prescrit dans des directives nationales (e.g. Suisse, Principauté d'Andorre ... France à l'avenir ?).