



Invitation à la

Séance Technique du 5 juin 2014

## Comportement des massifs rocheux sous sollicitations sismiques

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

(Entrée libre et gratuite)

- 14 : 00**      **Accueil des participants**
- 14 : 10**      Introduction à la thématique : **Pierre-Alain Nazé(AFPS) et Frédéric Pellet (CFMR)**
- 14 : 30**      Glissements de terrains associés aux tremblements de terre : aspects expérimentaux et études de cas en Iran  
**Frédéric Pellet, INSA-Université de Lyon, France**
- 15 :00**      Wave propagation through discontinuous media in rock engineering  
**Andrea Perino, Politecnico di Torino, Italy**
- 15 : 30**      **Discussion**
- 15: 45**      **Pause Café**
- 16 : 00**      Earthquake-triggered rock slope failures: Damage and site effects  
**Florian Amann, Department of Earth Sciences, ETH Zurich, Switzerland**
- 16 : 30**      Vérification au séisme de barrages en Suisse au moyen de modélisations par éléments finis  
**Stephen Commend, Geomod SA, Lausanne, Suisse**
- 17 : 00**      **Discussion**
- 17 : 30**      **Fin de la séance**



## **Glissements de terrains associés aux tremblements de terre : aspects expérimentaux et études de cas en Iran**

*Frédéric Pellet, INSA-Université de Lyon, France*

L'occurrence répétée de tremblements de terre de magnitude modérée déstructure et endommage progressivement les massifs rocheux. Cela conduit souvent à des instabilités de terrains, en surface ou en sub-surface, qui bien évidemment peuvent s'avérer catastrophiques lorsque de forts séismes surviennent.

Après un rappel des techniques expérimentales conventionnelles permettant de caractériser le comportement mécanique des roches sous sollicitations cycliques (joints et matrice rocheuse), des études de cas survenues en Iran seront présentées.

Les impacts de ces glissements de terrain sur les activités post-séisme, telles que les interventions d'urgence, la reconstruction des zones endommagées ainsi que les impacts socio - économiques de ces instabilités géologiques seront aussi évoqués.

## **Wave propagation through discontinuous media in rock engineering**

*Andrea Perino, Politecnico di Torino, Italy*

The analyses of wave propagation in jointed rock masses is of interest for solving problems in geophysics, rock protective engineering, rock dynamics and earthquake engineering. At present, more than in the past, analyses of underground structures in seismic conditions became of particular interest.

Rock masses are examples of discontinuous media in which the discontinuities (fractures or joints) influence wave propagation. Analytical, experimental and numerical approaches for studying the effects of rock joints on wave propagation are described. The analytical scattering matrix method (SMM) is presented to study the rock joints with elastic, viscoelastic (Kelvin-Voigt, Maxwell and Burgers models) and frictional (Coulomb slip model) behaviour. Hence, the behaviour of dry joints, fluid or soft material filled joints is investigated. The SMM operates in the frequency domain and allows for all wave polarizations (P, SV and SH). The evaluation of the effects of periodic discontinuities in a homogeneous medium is also presented by introducing the concept of Bloch waves. The dispersion curves of these waves are useful to explain the existence of frequency bands of strong attenuation, also in the case of lossless (perfectly elastic) structures. Simple expressions of transmission and reflection coefficients are obtained for a single joint or for a set of joints.

Laboratory tests on intact and jointed rock specimens performed with the resonant column apparatus (RCA), generally used for testing soils, are described. Attention is devoted to the determination of the shear modulus at small strain and the damping ratio of intact and jointed rock specimens. A correction procedure based on the RCA tests performed on aluminium specimens is presented.

Finally, the stability of the underground water storage cavern at the Tel Beer Sheva archaeological site, excavated in a highly jointed chalk in the Negev Desert, in Israel is described. By using the distinct element method (DEM) and the UDEC and 3DEC codes, stability analyses of the cavern are performed in static and seismic conditions.

## Earthquake-triggered rock slope failures: Damage and site effects

*Florian Amann, Department of Earth Sciences, ETH Zurich, Switzerland*

Site effects are rarely considered for earthquake triggering of rock slope failures, however measurements suggest that fracturing of the rock mass within active slope instabilities can amplify shaking by factors of up to 8. At the Randa instability in Switzerland, we measured significant spectral amplification within the unstable rock mass, which we relate through numerical modeling to compliant tension fractures. Slope deformation results in preferential fracture opening, creating meso-scale anisotropy in rock mass moduli. However, another source of damage – preceding earthquakes – also results in systematic fracturing, which can in turn generate site effects in subsequent earthquakes. This feedback is demonstrated in a case study of the Rawilhorn rock avalanche, triggered by the second earthquake of a sequence. We show how the first earthquake damaged the rock mass, opening a number of discontinuities, and that this new fracturing created amplified shaking in the next earthquake, likely contributing to failure.

## Vérification au séisme de barrages en Suisse au moyen de modélisations par éléments finis

*Stephen Commend, Geomod SA, Lausanne, Suisse*

Selon les directives de la section « barrages » de l'office fédéral de l'énergie en Suisse, la vérification au séisme des grands barrages doit s'effectuer au moyen d'une analyse dynamique dans le temps à l'aide de modèles aux éléments finis. Pour la modélisation des fondations, des simplifications sont recommandées : en particulier, la fondation est considérée élastique et sans masse, afin d'éviter des réflexions d'ondes aux frontières du modèle. La vérification du barrage du Vieux-Emosson sera commentée, puis la solution obtenue avec les simplifications susmentionnées sera comparée avec une solution tenant compte d'une fondation élasto-plastique (critère de Hoek-Brown), avec une inertie non nulle et des conditions de bord particulières.

Enfin, la vérification au séisme du barrage de la Luette sera également abordée. La retenue de ce barrage étant moins importante, un modèle aux éléments finis sur lequel on applique des forces de remplacement a été utilisé.

