

# Comité Français de Mécanique des Roches



**CFMR**

Le secrétaire général  
Siavash Ghabezloo  
Lab. Navier/CERMES, Ecole des Ponts ParisTech  
6-8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes  
77455, Champs-sur-Marne  
Marne-la-Vallée Cedex 2, France  
Tél : 01 64 15 37 85  
Email : [siavash.ghabezloo@enpc.fr](mailto:siavash.ghabezloo@enpc.fr)

Champs-sur-Marne  
Lundi 20 Novembre 2017

Les membres du CFMR

## Invitation Assemblée Générale annuelle du CFMR 2017

L'assemblée générale annuelle du CFMR aura lieu le

**Judi 7 décembre 2017**

**à 13h30 pour l'ouverture de vote**

**à 14h00 pour le démarrage de l'assemblée général**

**dans Amphi Jean-Baptiste Say**

**CNAM, 292, rue Saint-Martin, 75003 Paris**

L'ordre du jour de l'Assemblée Générale sera le suivant :

- Ouverture de l'assemblée générale par le président
- Rapport moral du président
- Rapport financier du trésorier
- Approbation des comptes et du montant de la cotisation
- Questions diverses
- Election pour le renouvellement de quatre membres du Conseil du CFMR

L'assemblée générale sera suivie par :

- 15h00 - Remise de prix Pierre Londe 2017 :

**Dr. Bertrand Paul**

*Modélisation de la propagation de réseaux de fractures hydrauliques avec la méthode des éléments finis étendue (XFEM)*

- 16h00 - Conférence Jean Mandel 2017 :

**Prof. Christopher James Spiers (Utrecht University)**

*Effects of fluid-rock interaction on rock and fault mechanics in the Earth's upper crust*

- 17h00 Discussion
- 17h30 Pôt de la Sainte Barbe

# Election pour le renouvellement de quatre membres du conseil du CFMR

Les quatre membres sortants sont :

- Gilles ARMAND (ANDRA)
- Philippe COSENZA (Université de Poitiers)
- Sylvie GENTIER (BRGM)
- Joëlle RISS (Université Bordeaux 1)

Se représentent :

## Gilles Armand (Andra)

Gilles Armand a suivi des études de mécanique à l'Université Joseph Fourier et à Institut polytechnique de Grenoble, puis a fait une thèse sous la direction de Marc Boulon (Laboratoire 3S) sur la « Contribution à la caractérisation en laboratoire et à la modélisation constitutive du comportement mécanique des joints rocheux ». Après sa thèse, il a effectué un post doctorat (18 mois) à l'université Mc Gill à Montréal où il a travaillé sur le comportement THM saturé et non saturé avec des applications sur les bentonites (Projet DECOVALEX) et sur le cisaillement des joints dans des dalles de béton de l'aéroport de Montréal. De retour en France, il a travaillé à l'ISRN sur la modélisation des creusements de Tournemire. En 2002, il a rejoint l'Andra au laboratoire de recherche souterrain de Meuse Haute-Marne où il était en charge de différentes expérimentations géomécaniques d'abord au Mont Teri (EZ\_A), puis à Bure sur le comportement des ouvrages souterrains (puits, galerie) à court et long terme. Il a été en charge d'expérimentation sur la problématique de scellement et sur le comportement thermo-hydromécanique des argilites. Depuis mai 2009, il est chef du service Mécanique des Fluides et des Solides à la direction Recherche et Développement de l'Andra. Ces points d'intérêt portent principalement sur l'étude de la fracturation induite par les creusements, du comportement court terme et différé des ouvrages souterrains ainsi que sur le comportement THM des roches argileuses.

## Philippe Cosenza (Université de Poitiers)

Professeur de l'Université de Poitiers. Directeur scientifique de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers.

### Formation et parcours professionnel :

- Ingénieur de l'Institut de Sciences et Technologie de l'Université Pierre et Marie Curie-UPMC (aujourd'hui Polytech'Paris UPMC) (promotion 1991).
- Thèse de Doctorat au G3S – LMS de l'École Polytechnique (1992-1996) - Médaille Rocha 2000.
- Maître de conférences à l'UPMC (1997-2009).

### Activités et responsabilités scientifiques :

- 2010-2011 : Directeur adjoint de l'UMR CNRS 6269 HydrASA (Hydrogéologie Argiles Sols Altérations)
- 2012-2017 : Responsable de l'équipe de recherche HydrASA (20 chercheurs et enseignants-chercheurs, 10 BIATSS et ITA) de l'UMR CNRS 7285 IC2MP (institut comprenant 150 permanents).
- 2015- : Membre du comité de rédaction de la Revue Française de Géotechnique.
- Auteur ou co-auteur de 43 articles publiés dans des revues internationales.
- Expertises auprès de l'ANR et de l'HCERES.
- Membre du Comité Français de Mécanique des Sols (CFMS) et du Groupe Français des Argiles (GFA).

Enseignements : Mécanique des roches, Pétrophysique, Géophysique appliquée.

### Domaines de recherche :

- Caractérisation théorique et expérimentale des propriétés physiques (mécaniques et électromagnétiques) des géomatériaux argileux (roches et sols).
- Relations entre comportement mécanique macroscopique et microstructure.
- Méthodes non destructives (géophysiques et optiques) pour la caractérisation du comportement mécanique des roches.

Au sein du Conseil du CFMR, je souhaite poursuivre mon investissement dans les deux directions suivantes :

- Participation à la commission « éducation » en prenant notamment la responsabilité de l'organisation annuelle du Prix Pierre Londe.
- Rapprochement avec la physique des roches.

Se présentent :

### **Nicolas Gatelier (Geostock)**

Nicolas Gatelier a obtenu le titre de Docteur en Mécanique de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, en 2001 sur les aspects théoriques et expérimentaux de l'endommagement des roches anisotropes au sein du Laboratoire 3S. Depuis 2001, il est ingénieur en mécanique des roches au sein du département « Cavités Minées » de la Société GEOSTOCK, leader mondial dans le stockage souterrain d'hydrocarbures. Aujourd'hui Ingénieur Principal et Chef du Département Cavités Minées, son activité, qu'il exerce sur tous les continents, couvre le suivi des travaux de reconnaissance, les études de stabilité et de conception des cavités minées en roches dures et des cavités lessivées dans le sel pour le stockage d'hydrocarbures. Il participe également à diverses expertises et au suivi de la stabilité des ouvrages en construction et en exploitation.

Il a participé en tant qu'orateur à de nombreuses conférences et est co-auteur d'une quinzaine de publications dans des revues ou actes de Congrès Internationaux. Membre du CFMR depuis 1997 sous le parrainage de Jean-Paul Boehler et Pierre Sirieys, membre de la CST.

### **Didier Subrin (Centre d'études des tunnels, CETU)**

Ingénieur de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, il a investi le domaine des ouvrages souterrains dans le cadre d'un séjour scientifique auprès du Prof. Peter Egger, au Laboratoire de Mécanique des Roches de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, puis de son doctorat sous la direction de Henry Wong en 2002 sur le comportement et la stabilité des tunnels renforcés par boulonnage.

En poste au CETU, il pilote les activités du pôle Géologie, Géotechnique et Dimensionnement qui couvrent la modélisation géologique, la caractérisation géomécanique ainsi que la conception et la justification géotechnique des ouvrages souterrains. Il conduit des missions de conception et de suivi de travaux, d'avis, de conseil et d'expertises à tous les stades d'études et de réalisation des ouvrages. Il est intervenu sur plusieurs grands projets souterrains parmi lesquels le tube sud du tunnel de Toulon en méthode conventionnelle dans un contexte géologique complexe, le tramway T6 de Viroflay au tunnelier à pression de terre dans un contexte urbain sensible, ...

Il pilote des collaborations scientifiques et a participé à l'encadrement de thèses, notamment avec l'Ecole des Ponts et l'ENTPE, sur les thèmes suivants : tunnels renforcés par boulonnage, ouvrages à faible profondeur et effets induits des travaux sur les avoisinants, comportement poussant à grande profondeur, modélisation du creusement en méthode conventionnelle ou mécanisée, management des projets de tunnels par les risques. Membre du comité technique de l'AFTES, il participe à plusieurs groupes de travail et anime la rédaction de recommandations sur les effets induits des travaux liés aux tassements et aux vibrations. Il assure des activités de formation notamment dans le cadre du Mastère Tunnels et Ouvrages Souterrains de l'AFTES où il assure le cours de Mécanique des Roches.

### **Il est rappelé que seuls peuvent participer au vote les membres du CFMR - individuels ou collectifs - à jour de leur cotisation.**

Si vous ne pouvez pas assister à l'Assemblée Générale, vous trouverez ci-joint un bulletin de vote que je vous demande de bien vouloir m'adresser, sous double enveloppe, pour le 5 décembre 2017 au plus tard, en n'omettant pas de mentionner votre nom sur l'enveloppe extérieure, l'enveloppe intérieure, contenant le bulletin de vote, devant rester vierge.

Nous vous rappelons, que conformément aux statuts, les décisions lors de l'assemblée générale sont prises à la majorité simple des membres présents. Le vote par procuration n'est pas autorisé.

Siavash Ghabezloo  
Secrétaire général

# Modélisation de la propagation de réseaux de fractures hydrauliques avec la méthode des éléments finis étendue (XFEM)

**Dr. Bertrand Paul**

Université de Lorraine, IFP Energies Nouvelles

**Directeur de thèse:** Richard GIOT, Professeur - Université de Poitiers

**Co-directeur:** Patrick MASSIN, HDR, Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

**Encadrant industriel:** Daniele COLOMBO, IFPEN

La perméabilité des roches est fortement influencée par la présence de fractures car ces dernières constituent un chemin préférentiel pour l'écoulement des fluides. Ainsi la présence de fractures naturelles est un facteur déterminant pour la productivité d'un réservoir. Dans le cas de roches à faible conductivité, des techniques de stimulation telle que la fracturation hydraulique sont utilisées pour en augmenter la perméabilité et rendre le réservoir exploitable d'un point de vue économique. A l'inverse, dans le cas des stockages géologiques, la présence de fractures dans la roche représente un danger dans la mesure où elle facilite le transport et la migration des espèces disséminées dans la roche. Pour le stockage de CO<sub>2</sub>, les fuites par les fractures présentes dans les couvertures du réservoir et la réactivation des failles constituent un risque majeur. Et en ce qui concerne le stockage géologique de déchets radioactifs, la circulation de fluide dans des réseaux de fractures nouvelles ou réactivées au voisinage de la zone de stockage peut aboutir à la migration de matériaux nocifs. Il est donc important de prévoir les effets de la présence de fractures dans un réservoir. Le but de cette thèse est le développement d'un outil numérique pour la simulation d'un réseau de fractures et de son évolution sous sollicitation hydromécanique. Grâce à sa commodité, la méthode des éléments finis étendue (XFEM) est retenue et associée à un modèle de zone cohésive. La méthode XFEM permet en effet l'introduction de fissures dans le modèle sans nécessairement remailler en cas de propagation des fissures. L'écoulement du fluide dans les fissures et les échanges de fluide entre les fissures et le milieu poreux environnant sont pris en compte via un couplage hydromécanique total. La validité du modèle est démontrée par des comparaisons avec une solution analytique asymptotique pour la propagation d'une fracture hydraulique plane dans un milieu poroélastique en 2D comme en 3D. Puis, nous étudions la propagation de fractures hydrauliques sur des trajets inconnus *a priori*. Les fissures sont initialement introduites comme des surfaces de fissuration potentielles étendues. Un modèle de zone cohésive sépare alors naturellement les domaines adhérents et ouverts. Au voisinage du front de fissure, les facteurs d'intensité des contraintes sont évalués par un post-traitement de l'état cohésif. Finalement, la géométrie des surfaces potentielles de fissuration, en amont du front de fissure, est actualisée régulièrement et de manière implicite en fonction des facteurs d'intensité des contraintes. Divers exemples de réorientation de fissures hydrauliques et de compétition entre fissures voisines sont présentés et analysés. Enfin, nous présentons l'extension du modèle aux jonctions de fractures hydrauliques. Cette fonctionnalité permet en particulier d'apprécier la compétition entre des fractures hydrauliques organisées en réseaux.

## Effects of fluid-rock interaction on rock and fault mechanics in the Earth's upper crust

**Prof. Christopher James Spiers**

Department of Earth Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands (C.J.Spiers@uu.nl)

As human efforts to find and exploit new hydrocarbon and geothermal resources extend deeper and deeper into the Earth's crust, and as deep geological storage of energy, CO<sub>2</sub> and wastes becomes increasingly important in achieving a more sustainable energy system, rock mechanics is facing the need to address processes operating at higher temperatures and over longer time scales than ever before. It is under these conditions that thermally activated fluid-rock interaction, mass transfer and creep processes become important and must be taken into account in describing rock and fault mechanical behaviour.

In this lecture, I will give an overview of some recent work in this area. I will address topics such as the physics of fluid-assisted creep and crack growth processes and how they contribute to the deformation and compaction of sandstone, carbonate and evaporite rocks in the upper crust, under natural conditions and in the context of deformation caused by geo-resources production and geo-storage. New results on how these processes are affected by pore fluid salinity, gas content and CO<sub>2</sub> activity will also be touched on, as will data and models on the effects of mineral-fluid reactions and sorption processes on rock deformation, fracturing and transport.

Lastly, I will address the effects of fluid-rock interactions on the frictional behaviour of faults in relation to seismicity induced by resources production and geological storage of CO<sub>2</sub>. Recent, low velocity friction experiments (< 100 μm/s), performed on simulated gouge-filled faults at upper crustal conditions, indicate that coupled mechanical-chemical processes play a key role in determining static and dynamic fault strength, and in determining whether frictional slip is velocity-strengthening (stable) or velocity weakening (potentially seismogenic). First attempts to model the chemical-mechanical coupling in carbonate fault rocks successfully predict the behaviour seen in experiments and offer new perspectives for providing friction laws for modelling nucleation of both induced and natural earthquake ruptures.

CFMR