



Comité Français de Mécanique des Roches  
SPE France – Society of Petroleum Engineers



Séance technique du 16 Mars 2017

## **Géomécanique de réservoirs pétroliers : De l'expérimentation en laboratoire à la simulation à l'échelle du réservoir**

CNAM, 292 rue St-Martin, 75003 Paris (métro : Réaumur-Sébastopol) Amphi Jean-Baptiste Say (Y) (Entrée libre et gratuite)

**le cnam**

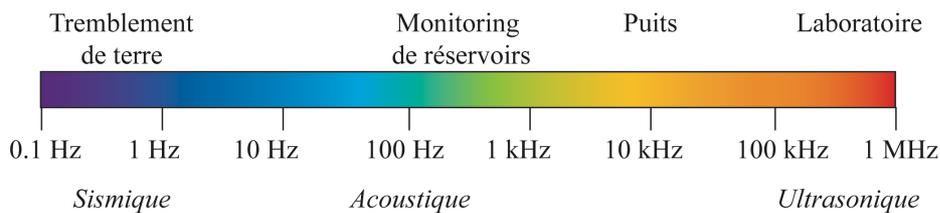
EPN 1 - Bâtiment et énergie  
Equipe Géologie Géotechnique

- 14 : 00      **Accueil des participants**  
*Jean-Marc Donadille (SPE France), Jean Sulem (CFMR)*
- 14 : 10      **Introduction de la thématique**  
*Siavash Ghabezloo (Ecole des Ponts ParisTech)*  
*Nicolas Guy (IFPEN)*
- 14 : 20      **Les propriétés élastiques, du laboratoire au terrain : la prise en compte de l'effet de fréquence**  
*Jérôme Fortin (Ecole Normale Supérieure, Paris)*
- 14 : 50      **Expérimentation en cylindre creux: une spécialité SINTEF avec variations lithologiques**  
*Pierre Cerasi (SINTEF, Trondheim, Norvège)*
- 15 : 20      **Pause**
- 15 : 40      **Géomécanique chez Total : un aperçu des activités opérationnelles et de R&D**  
*Atef Onaisi (Total, Pau)*
- 16 : 10      **Géomécanique de réservoir sur champ pétrolier : intégration des données pour dé-risquer les décisions**  
*Vincenzo De Gennaro (Schlumberger, Pau)*
- 16 : 40      **Géomécanique appliquée à la caractérisation de réservoirs dans des formations géologiques à structure complexe: illustration par le stockage géologique du CO<sub>2</sub>**  
*Nicolas Guy (IFPEN)*
- 17 : 10      **Discussions**
- 17 : 30      **Fin de la séance**

## Les propriétés élastiques, du laboratoire au terrain : la prise en compte de l'effet de fréquence

Jérôme Fortin, Laboratoire de géologie de Ecole Normale Supérieure, Paris, PSL Université

Les techniques sismiques sont couramment utilisées par les géophysiciens et permettent de remonter aux variations spatiales des vitesses des ondes élastiques. Elles sont utilisées pour la prospection des réserves en eau ou en hydrocarbure où bien pour caractériser les variations spatiales des propriétés élastiques d'un futur site de stockage. Depuis une quinzaine d'année, c'est développé la sismique 4D qui permet de voir l'évolution des vitesses des ondes dans le temps. Cette technique est particulièrement adaptée pour suivre l'exploitation d'un réservoir, pour étudier l'effet de l'injection d'un fluide (stockage de gaz, stockage de CO<sub>2</sub>), où suivre les systèmes géothermiques. Au laboratoire, la technique la plus courante est l'utilisation de capteurs piezo-électriques qui permettent de mesurer les vitesses des ondes aux fréquences ultrasoniques, ces mesures sont rapides et peuvent se faire dans des échantillons secs ou saturés et sous pression. Cependant la sismique, la diaggraphie et les mesures ultrasoniques ont des fréquences différentes : en sismique réflexion les fréquences utilisées sont comprises entre 10 et 50 Hz. Les outils de diaggraphie opèrent plutôt avec des fréquences de l'ordre de 10-40 kHz, et les capteurs piézoélectriques utilisés au laboratoire ont une fréquence d'émission voisine du MHz (Figure 1).



**Figure 1 : le changement d'échelle en fréquence.**

Or il est connu par des travaux théoriques que les propriétés élastiques des roches saturées dépendent de la fréquence. Plus particulièrement si la roche est saturée, trois régimes sont possibles : le régime drainé, non-drainé et haute-fréquence. Nous exposerons dans un premier temps les mécanismes qui expliquent la dispersion des propriétés élastiques avec la fréquence, puis dans un second temps nous présenterons une approche expérimentale développée à l'ENS pour mesurer, sous pression, l'évolution des propriétés élastiques avec la fréquence. Nous présenterons des résultats obtenus sur des grès et des carbonates. Une attention particulière sera portée sur la confrontation des données expérimentales avec les prédictions théoriques.

## **Géomécanique chez Total : un aperçu des activités opérationnelles et de R&D**

*Atef Onaisi, TOTAL, Pau*

La géomécanique fait l'objet de nombreuses applications dans l'industrie pétrolière, en particulier dans les domaines du forage et de la gestion des réservoirs. Plus récemment, la géomécanique a été identifiée comme un élément clé pour l'évaluation et le développement des opérations non conventionnelles.

Dans cette présentation, les principaux sujets d'intérêt en géomécanique pour Total seront rappelés. Quelques exemples d'études géomécanique de forage et de réservoir seront présentés pour illustrer des méthodologies et résultats pertinents à des fins opérationnelles. En outre, un résumé des projets de R&D qui sont en cours ou prévus à l'avenir sera présenté.

## **Expérimentation en cylindre creux : une spécialité SINTEF avec variations lithologiques**

*Pierre Cerasi, SINTEF, Trondheim, Norvège*

Dès l'établissement en 1983 du laboratoire Formation Physics à IKU, depuis intégré au sein du groupe SINTEF, la stabilité des puits de forage a été au centre des grands projets financés par l'industrie pétrolière opérant en offshore norvégien. Les études initiales ont petit à petit convergé vers une standardisation des tests, en employant une géométrie simplifiée de cylindre creux pour représenter soit la paroi d'un puits, soit une perforation. Le cylindre creux dans les échantillons de grès a permis l'élaboration de modèles moins conservateurs pour prédire les venues de sable, alors que pour les argilites presque imperméables, des modèles correspondants focalisent sur les effets dynamiques et en dépendance dans le temps. Une troisième lithologie est récemment introduite au programme cylindre creux, la craie, où nous explorons les conditions responsables soit de liquéfaction, soit de création de breakouts.

## **Géomécanique appliquée à la caractérisation de réservoirs dans des formations géologiques à structure complexe: illustration par le stockage géologique du CO<sub>2</sub>**

*N. Guy, A. Baroni, A. Estublier, F. Delprat-Jannaud, O. Vincké, IFPEN*

Il est bien connu que le couplage entre la géomécanique et les transferts de fluides dans les formations géologiques est un élément clé dans la caractérisation de la productivité des réservoirs naturels poreux. Ce couplage permet de mieux prédire la compaction des réservoirs, la subsidence ainsi que l'évolution des propriétés de transfert du milieu poreux. L'intérêt de ce couplage a aussi été démontré pour la caractérisation de l'intégrité des réservoirs et de leur capacité de stockage. En effet, il permet d'évaluer la capacité de couches couverture à supporter un niveau d'injection donné. Des outils numériques ont été développés pour simuler des phénomènes physiques variés permettant de décrire le comportement thermo-poro-plastique du milieu poreux. Aujourd'hui, un challenge est de réaliser des prédictions dans des contextes structurellement complexes comprenant des singularités géométriques telles que des failles. Dans cette présentation, des méthodologies développées à IFPEN intégrant des failles dans les modélisations réservoir et géomécanique seront présentées et illustrées par des cas pratiques avec une emphase particulière sur le stockage géologique du CO<sub>2</sub>.