



# ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2014

**TITRE du SUJET : Propriétés élastiques des roches : du terrain au laboratoire**

Directrice :

**Yves Guéguen (Professeur ENS) [yves.gueguen@ens.fr](mailto:yves.gueguen@ens.fr)**

Co-directeur / Co-encadrant(e) :

**Fortin Jérôme (CR CNRS), [jerome.fortin@ens.fr](mailto:jerome.fortin@ens.fr)**

Equipe d'accueil :

**ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538**

Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres de thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'École doctorale

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

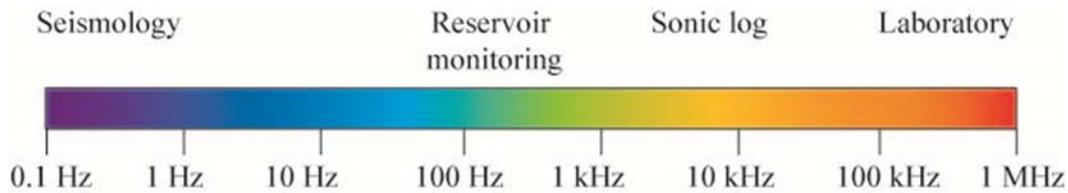
Les objectifs scientifiques de cette étude sont de répondre aux questions suivantes :

- Comment relier les mesures statiques et dynamiques obtenues au laboratoire ?
- Comment relier les mesures dynamiques de laboratoire (ultrasons) et mesures dynamiques de terrain (log et sismique de réservoir) ?

La comparaison entre modules statiques et dynamiques (obtenus par mesure des ondes ultrasoniques) fait l'objet de nombreuses publications dans la littérature. Pour une roche sèche et sans défaut (pore, fissure), les modules dynamiques devraient être égaux aux modules statiques. Hors les expériences montrent que les modules dynamiques sont toujours supérieurs aux modules statiques. La raison de cette différence s'explique par la présence de fissures. En effet, dans une mesure dynamique, l'amplitude de déformation est inférieure à  $10^{-6}$ , alors que pour une mesure statique, le module d'Young, par exemple, est mesuré sur une plus grande amplitude de déformation, de l'ordre de  $10^{-3}$ . **Une première raison qui explique la différence entre module statique et dynamique est donc la différence de l'amplitude de déformation.**

Une idée avancée par différents auteurs est donc de comparer directement les mesures dynamiques de laboratoire à ceux du terrain. En effet, dans les deux cas les amplitudes de déformation sont du même ordre de grandeur. Si la roche ne contient pas de fluide, les modules sont identiques. Néanmoins, sur le terrain, **les roches sont toujours saturées de fluide et un second effet doit être pris en compte : celui de la fréquence.**

Sur le terrain les mesures des ondes élastiques sont effectuées à une fréquence de l'ordre du KHz. De ce fait, les roches sont *à priori* dans un état soit drainé ou non-drainé. Au laboratoire, les mesures sont faites au MHz. A cette fréquence, la roche est dans un état « non relaxé » et la vitesse mesurée correspond à une vitesse d'un milieu effectif contenant des inclusions aux propriétés élastiques données



Pour comprendre le passage terrain – laboratoire, un nouveau dispositif expérimental a été mis en place, il est possible de mesurer au cours du chargement :

- les ondes élastiques ultrasonores ( $V_p$  et  $V_s$  au MHz). De la mesure des ondes, il est alors possible d'obtenir par exemple, le module d'incompressibilité,  $K$ , Haute Fréquence
- un module d'incompressibilité, Basse Fréquence. Pour ce faire, des petites oscillations de la pression de confinement sont appliquées autour d'une pression moyenne. La déformation volumique est alors enregistrée et un module d'incompressibilité,  $K$ , est obtenu. Celui-ci est obtenu dans une gamme de fréquence de [0.001 – 1 Hz]

Ces mesures peuvent être effectuées avec différents fluides de pore (gaz, eau, et fluide moins visqueux comme la glycérine)

Dans le cadre de cette thèse, il serait possible d'étudier à l'ENS, l'évolution des propriétés élastiques dynamiques de différentes roches en fonction de la fréquence et d'étudier la corrélation « propriétés statiques et dynamiques ».

#### ***Roches étudiées :***

Jusqu'à présent, les études de l'ENS se sont focalisées sur des grès de Fontainebleau (possédant une microstructure simple). Il est envisagé dans cette proposition d'étudier

Des roches réservoirs comme :

- des grès pouvant contenir une phase argileuse
- des carbonates, qui par nature possèdent une grande gamme de faciès différents

Des roches de couvertures, qui par nature ne sont pas des roches aux propriétés élastiques isotropes.

#### ***Résultats attendus :***

Pour chaque échantillon, nous étudierons la mesure du module d'incompressibilité et du module d'Young avec la fréquence et sous pression. En outre, nous étudierons, les différentes fréquences de coupure entre état drainé/non-drainé et non-drainé / non-relaxé. Un résultat intéressant sera de connaître la gamme de validité de la relation de Biot-Gassman. Enfin, une comparaison entre modules dynamiques et statiques pourra être envisagée.