

Soutenance de thèse, Alexandra Rolland.

"Rhéologie, localisation de la déformation et histoire des contraintes dans les calcaires du site de Bure"

Le jury sera composé de :

Patrick BAUD - Professeur à l'EOST - Directeur de thèse

Christian David - Professeur à l'Université de Cergy Pontoise - Rapporteur externe

Philip Meredith - Professeur à l'University College of London - Rapporteur externe

Gianreto Manatschal - Professeur à l'EOST - Rapporteur interne

Nathalie Conil - Ingénieur Géomécanicien à l'Andra - Examineur

Marcus Ebner - Géologue à Geological Survey of Austria - Examineur

Renaud Toussaint - Physicien à l'EOST - Invité

Résumé :

Un Laboratoire de Recherche Souterrain (URL) a été construit en 2000 par l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (Andra) dans le but d'étudier la faisabilité d'un site de stockage de déchets radioactifs dans une formation d'argile à Bure dans la Meuse. L'horizon choisi pour le laboratoire est une couche de 135 m d'épaisseur de roches argileuses du Callovo-Oxfordien (COX) qui s'étend de 420 à 555 m sous le Laboratoire du site de Bure. La couche d'argilites est entourée de bancs calcaires de l'Oxfordien et du Dogger (respectivement, 161,2 à 164,7 Ma et 164,7 à 175,6 Ma). De nombreux stylolites ont été trouvés dans ces horizons calcaires. Le but de ce travail était d'étudier la rhéologie des horizons contenant ces stylolites et d'utiliser ces structures comme marqueurs de contraintes dans la zone proche de l'URL.

Pour ce travail, un grand nombre d'échantillons avec et sans stylolites ont été prélevés dans de nombreuses carottes provenant de plusieurs forages dans les formations de l'Oxfordien et du Dogger. Les mesures pétrophysiques et les études de microstructure mises en œuvre sur ces calcaires révèlent la structure microporeuse de toutes ces roches, de porosités comprises entre 4 et 18 %. La présence des stylolites s'accompagne d'une augmentation localisée de la porosité et de variations sensibles de certaines propriétés physiques ainsi que de la résistance mécanique des calcaires.

Un modèle reliant une longueur caractéristique associée à la morphologie d'un stylolite et la contrainte associée au développement de cette structure est présenté. Pour utiliser ce modèle, nous avons développé une méthode pour analyser la morphologie de stylolites à partir du calcul du spectre de puissance de Fourier en prenant en compte toutes les difficultés liées à la géométrie de carottes provenant de forages. Cette méthode est appliquée pour des stylolites échantillonnés à des profondeurs différentes, de 158 m à 800 m dans les formations calcaires de l'Oxfordien et du Dogger. Nous avons analysé des profils 1D extraits des contours des carottes. En accord avec les prédictions théorique, nous avons observé sur les spectres résultants des analyses, deux régimes différents pour les petites et grandes échelles séparés par une longueur de coupure. Nous avons ensuite déterminé les paléocontraintes associées aux longueurs de coupures trouvées et aux modules élastiques des roches.

En considérant l'évolution géologique des formations du site de Bure, nous discutons pour finir les variations avec la profondeur des paléocontraintes estimées pour les stylolites des formations de l'Oxfordien et du Dogger.

Abstract:

In order to demonstrate the feasibility of a radioactive waste repository (HLW) in clay-stone formation, the french national radioactive waste management agency (Andra) started in 2000 to build an underground research laboratory (URL) at Bure in the south of the Meuse district. The target horizon for the laboratory is a 135 m thick layer of argillaceous rock (Callovo-Oxfordian claystone) that lies between about 420 and 555 meters below the surface at the URL site. The argillite layer (COX) is surrounded by limestones from the Dogger and the Oxfordian ages (respectively 164,7 to 175,6 Ma and 161,2 to 164,7Ma). Numerous stylolites were found in these limestones. The aim of this work is to study the rheology of these stylolites-riched horizons and the stylolites as stress gauges in the Dogger and Oxfordian formations.

In this work, a wide range of samples with and without stylolites were sampled in the Dogger and Oxfordian formations. Petrophysical measurements and microstructural studies showed that all these limestones have a microporous structure. We showed that the stylolites induced significant variations in some physical properties and in the rock strength.

Based on an analytical model, presented here in details, linking a characteristic length associated to the stylolite morphology and the stress associated to the development of that stylolite, a method for the morphology analysis of stylolites is developed, using a Fourier power spectrum technique, by taking into account all the difficulties linked to the use of cores from deep boreholes. We apply this method on stylolites at various depths, starting from the Oxfordian formation at a depth of 158 meters to the Dogger formation at a depth of 800 meters. No stylolites are found in the intermediate Callovo-Oxfordian claystone formation. We analyze 1D profiles taken on the outer part of the cores. In agreement with theoretical predictions, we always observe two regimes for small and large scales separated by a cross-over length. We, then, infer the corresponding paleostresses from this cross-over length and from the elastic properties of the rocks.

Considering the geological evolution of the area, we discuss the variation with depth of the inferred paleostresses in the Dogger and Oxfordian formations.