



**HAL**  
open science

## Analyse à l'échelle microstructurale de la fissuration dans une roche argileuse anisotrope par mesure de champs 2D et 3D

H Gharbi, M Mezni, A Bonnelye, Patrick Aïmedieu, A King, A Dimanov, Michel Bornert

► **To cite this version:**

H Gharbi, M Mezni, A Bonnelye, Patrick Aïmedieu, A King, et al.. Analyse à l'échelle microstructurale de la fissuration dans une roche argileuse anisotrope par mesure de champs 2D et 3D. Imagerie GC 2019, Apr 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-03323442

**HAL Id: hal-03323442**

**<https://hal.science/hal-03323442v1>**

Submitted on 21 Aug 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Analyse à l'échelle microstructurale de la fissuration dans une roche argileuse anisotrope par mesure de champs 2D et 3D

H. Gharbi<sup>1</sup>, M. Mezni<sup>1</sup>, A. Bonnelye<sup>1</sup>, P. Aïmedieu<sup>2</sup>, A. King<sup>3</sup>, A. Dimanov<sup>1</sup>, M. Bornert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecole polytechnique, Laboratoire de Mécanique des Solides

<sup>2</sup>Université Paris Est, Laboratoire Navier

<sup>3</sup>Synchrotron Soleil, Ligne Psiché

## RÉSUMÉ

Dans cette étude, la fissuration d'un échantillon millimétrique de roche argileuse soumis à un chargement mécanique de compression uni-axiale a été observée dans un premier temps par microscopie optique, donnant accès à une analyse fine de l'initiation et de la propagation. Dans un second temps, des essais similaires sont observés par tomographie RX synchrotron, avec une résolution proche de la microscopie optique, rendant compte ainsi de façon comparable du comportement en volume. L'influence de l'anisotropie du matériau est clairement mise en évidence avec les expériences 2D. L'analyse volumique montre l'évolution du champ de déformation dans l'éprouvette, avec des localisations très caractéristiques de ce type d'essai.

**Mots clés :** Argilite ; Micro-fissuration; Tomographie; Corrélation d'image ; Anisotropie ; DCDC.

## INTRODUCTION

Dans le contexte du stockage des déchets hautement radioactifs en France, un ouvrage souterrain a été construit à Bure (Meuse) par l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA). Il est situé à une profondeur de 490 m et plusieurs galeries ont été excavées. N. Ramambosoa [1] a mis en évidence par le calcul l'existence de fortes tractions en paroi en prenant en compte les déformations de retrait, liées au séchage de la roche argileuse exposée à l'air ambiant. Ces fortes tractions se traduisent par de la fissuration observée sur sites. Cet endommagement pose la question de la pérennité et de la sécurité à long terme de la structure. Pour approfondir la connaissance de ces phénomènes, ont été réalisées des expériences de type DCDC (Double Cleavage Drilled Compression), où des éprouvettes pré-percées sont soumises à un état de contrainte déviatorique, le perçage servant de concentrateur des contraintes. Généralement la géométrie des éprouvettes est de la forme d'une plaque [2]. Dans notre étude, pour des questions pratiques, les éprouvettes sont cylindriques et elles sont percées suivant le diamètre à leur mi-hauteur. Elles sont ensuite sollicitées mécaniquement en compression uni-axiale. Le chargement permet de mettre en extension certaines parties autour du trou pour initier et propager des fissures. Pour prendre en compte l'anisotropie du matériau, trois directions de forages ont été testées. Une première étude purement surfacique a mis en évidence des profils de fissuration bien distincts. Une deuxième étude a eu pour objectif de rendre compte des fissurations en volume.

## ANALYSE EN SURFACE PAR MICROSCOPIE OPTIQUE

Dans cette partie, des éprouvettes de diamètre 8 mm et de longueur 16 mm ont été prélevées selon trois orientations du litage de la roche (0°, 45°, 90°). Pour observer l'échantillon avec un objectif à fort grandissement (X10) dont la profondeur de champs est de l'ordre de 3.5  $\mu\text{m}$ , un premier méplat est réalisé sur le cylindre. Un autre méplat est réalisé à l'opposé du premier afin de respecter la symétrie de chargement. Un trou d'1 mm est percé au centre du méplat. Ces éprouvettes sont ensuite testées mécaniquement en compression uni-axiale. Afin d'observer la surface autour du trou, un dispositif « maison » a été utilisé [3]. Ce dispositif est constitué d'un microscope optique relié à une caméra numérique, de quatre platines motorisées permettant le déplacement du microscope. La taille du pixel est de 0.55  $\mu\text{m}$  et la définition des images est de 3296X2472 pixels équivalant à un champ de 1.81mmX1.35mm. Un logiciel « Sylvia » synchronise l'ensemble des platines et la caméra. Sylvia va

permettre de suivre plusieurs zones d'intérêt par corrélation d'images et faire la mise au point automatique sur ces zones. Au cours de la sollicitation mécanique, quatre images sont prises successivement autour du trou.

### ANALYSE EN VOLUME PAR MICROTOMOGRAPHIE SYNCHROTRON.

Deux éprouvettes cylindriques de diamètre 4 mm et de longueur 8 mm dont le litage est orienté à  $0^\circ$  et  $90^\circ$  par rapport au chargement sont préparées. Un trou de 0.6 mm est réalisé au centre des échantillons. Au cours de cette campagne d'essai, une machine de compression uni-axiale est installée sur la ligne Psiché de Synchrotron Soleil. L'échantillon est observé par tomographie synchrotron à différentes étapes de chargement. Les conditions d'imagerie permettent d'observer la moitié de l'échantillon centrée sur le trou. La taille de voxel utilisée est de  $1,287\mu\text{m}$  et la définition des images 3D est de  $3248 \times 3248 \times 2048$  voxels,

### CONCLUSIONS.

Lors des essais surfaciques, après la corrélation des images numériques, l'initiation des fissures est mise en évidence grâce aux champs de déformations locaux. L'aspect des fissures est différent dans les trois orientations testées. Pour l'éprouvette dont le litage est orienté à  $90^\circ$  par rapport au sens du chargement, la fissure initiée est parallèle au chargement mécanique. Sa propagation est en forme de marches d'escaliers. La figure 1 rend compte du profil des fissures pour les trois orientations d'éprouvettes. Pour la partie 3D, l'essai sur l'éprouvette orientée à  $0^\circ$  s'est cassée dès le deuxième palier de chargement. Un total de 7 paliers de chargement a pu être réalisé pour l'éprouvette orientée à  $90^\circ$ . Après traitement de corrélation d'images volumiques, il n'a pu être mis en évidence un faciès de rupture relativement similaire aux éprouvette testée en 2D à cause de l'écart important entre deux paliers. L'initiation de la fissuration s'est tout de suite suivie d'une rupture de l'éprouvette. Cependant, le champ de déformation autour du trou et l'initiation avant la rupture rendent compte de la qualité de l'essai.

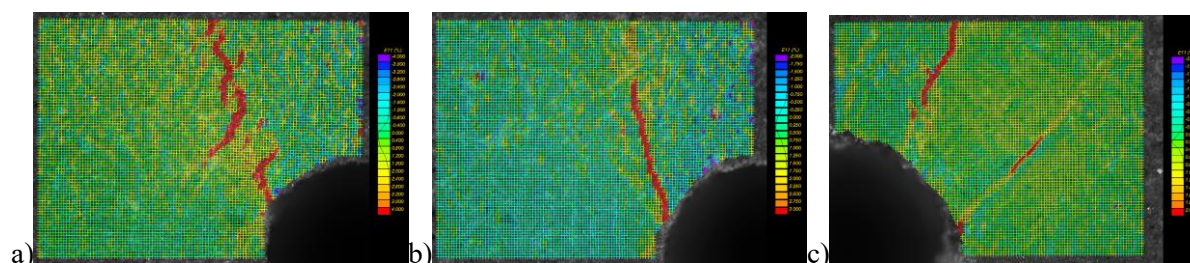


Figure 1 : a) Echantillon G13 ( $90^\circ$ ) b) Echantillon G8 ( $0^\circ$ ) c) Echantillon I4 ( $45^\circ$ )

### RÉFÉRENCES

- [1] N.Ramambasoa, Etude du comportement hydromécanique des argilites - Application au site de Tournemire, PhD thesis, Ecole Polytechnique Palaiseau, 2001.
- [2] Gaël Pallares, Laurent Ponson, Antoine Grimaldi, Matthieu George, Guillaume Prevot, et al.. Crackopening profile in DCDC specimen. International Journal of Fracture, Springer Verlag, 2009, 156, pp.11-20.
- [3] D.S. Yang, M.Bornert, S. Chanchole, H. Gharbi, P. Valli, B. Gatmiri. - Dependence of elastic properties of argillaceous rocks on moisture content investigated with optical full-field strain measurement techniques - International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 53 (2012): 45-55.