

Avis de Soutenance

Madame Gina MCGILL

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

La micro-porosité dans les mylonites à quartz

Travaux dirigés par Monsieur Laurent ARBARET

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : ISTO - Institut des Sciences de la Terre d'Orléans

Soutenance prévue le **vendredi 20 mars 2026** à 14h30

Lieu : OSUC/ISTO, 1A Rue de la Ferrollerie, 45071 Orléans La Source

Salle : Amphithéâtre OSUC (E018)

Composition du jury proposé

M. Laurent ARBARET	Professeur des universités	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. Jacques PRÉCIGOUT	Ingénieur de recherche	Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO)	Co-encadrant de thèse
Mme Claudia TREPMANN	Professeure	Ludwig-Maximilians-University (LMU)	Rapporteure
Mme Sarah INCEL	Chargée de recherche	GFZ Helmholtz Centre for Geosciences	Rapporteure
Mme Cécile PRIGENT	Maîtresse de conférences	Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)	Co-encadrante de thèse
M. Claudio ROSENBERG	Professeur des universités	Sorbonne Université	Examineur
M. Florian FUSSEIS	Professeur	RWTH Aachen University	Examineur
M. Fabrice GAILLARD	Directeur de recherche	Institut des Sciences de la Terre d'Orléans	Examineur

Mots-clés : Déformation expérimentale, Déformation ductile, Plasticité intra-cristalline, Ikaria (Grèce), microporosité

Résumé :

La porosité est une caractéristique fondamentale des matériaux naturels, particulièrement observée dans les sédiments et roches volcaniques en surface, mais aussi plus profondément dans le domaine visqueux (ou ductile), où de nombreuses observations de microporosité sont régulièrement décrites, bien que mal comprise en termes de processus de nucléation. Cette microporosité, observée dans les systèmes polyphasés comme monophasés, affecte essentiellement les roches mylonitiques au sein des zones de cisaillement ductiles, qui sont des sites privilégiés de circulation des fluides dans la croûte moyenne à profonde. Sous réserve qu'elle soit produite par la déformation, la présence d'une microporosité contribuerait aussi à la propagation des séismes. Les investigations de cette thèse sont concentrées sur les mylonites à quartz, pour comprendre l'origine de cette microporosité. Nous avons tout d'abord étudié les bandes de cisaillement mylonitiques du pluton granitique sur l'île d'Ikaria (Grèce), dont les agrégats de quartz pur sont massivement décorés de micropores à géométrie variable, incluant des formes pyramidales. Grâce à plusieurs techniques analytiques de très haute résolution, la porosité s'observe essentiellement aux limites des grains, mais aussi le long de certains sous-grains, surtout dans des zones fortement déformées et recristallisées, témoignant d'une perte partielle de fabrique minérale. Indiquant l'activité du glissement aux joints de grain, cette perte suggère une origine syn-cinématique de la porosité, qui est d'autant plus suggérée par l'identification de SiO₂ amorphe aux joints de grains et sous-grains, possiblement produit par amorphisation mécanique. Nous avons ensuite réalisé des expériences de déformation sur des agrégats de quartz en contexte cisailant, analogue aux bandes de cisaillements. Effectuées en presse de Griggs à 15 kbar et 900 °C, conditions nécessaires à la déformation ductile du quartz en laboratoire, ces expériences ont permis de produire une porosité pénétrative, décorant principalement les joints de grains, mais uniquement dans certaines conditions. Celles-ci impliquent la présence d'H₂O et une petite taille de grain (< 4 µm), donnant lieu à une augmentation de contrainte différentielle importante avant la transition plastique. C'est lors de cette transition plastique que la porosité est créée, c.à.d., en réponse à une charge élastique, et non pas une déformation plastique du quartz. En dehors de ces conditions, le quartz se déforme plastiquement sans produire de porosité et témoigne d'une 'faible' contrainte différentielle, similaire à celle décrite dans la littérature. De plus, les analyses post-mortem ont mis en évidence la présence de SiO₂ amorphe aux

joints de grains et associé à une porosité, démontrant le rôle de la déformation dans la production de cette porosité, probablement associé à l'amorphisation mécanique suite à une concentration de contrainte élastique aux joints de grains.

Summary:

Porosity is a fundamental characteristic of natural materials, particularly observed in sediments and volcanic rocks in sub-surface conditions, but in the deeper, viscous (or ductile) realm. In these zones, micro-porosity is regularly described but is still misunderstood in terms of nucleation processes. Micro-porosity is documented in both poly- and mono-mineralic systems, and mainly occurs in mylonitic rocks from ductile shear zones, which are known to be sites of fluid circulation within the middle-deep crust. Provided that deep porosity is produced syn-kinematically, its occurrence is hypothesised to be a factor contributing to deep earthquake propagation. This study focuses on quartz mylonites, and aims to understand how this porosity originates. We have first investigated mylonitic shear bands from the Ikaria granitic body (Greece), where pure quartz aggregates are decorated by geometrically-shaped micro-pores. Thanks to several high-resolution analytical techniques, we highlight pores mostly at grain boundaries, but also along intra-grain substructures, particularly in highly deformed and recrystallized areas where the crystal fabric has been partially randomized. This suggests a syn-kinematic origin of pores, likely related to crystal plasticity and grain boundary sliding. Pores being syn-kinematic is further suggested by the identification of amorphous SiO₂ at grain and sub-grain boundaries, possibly related to mechanical amorphization. We then performed deformation experiments of quartz aggregates in a general shear geometry, analogous to shear bands. Using a Griggs press at 15 kbar and 900 °C, which are the required conditions to deform quartz viscously in the laboratory, a pervasive porosity was produced that decorates grain boundaries, but only in specific conditions. Necessary conditions involve the presence of H₂O and a small grain size (< 4 µm), alongside a significant increase of differential stress before plastic yielding. Porosity emerges at the time of plastic yielding, and hence, as a result of an elastic loading before the significant occurrence of plastic strain. Outside of these conditions, quartz deforms plastically without producing any porosity and experiences a 'low' differential stress, similar to those documented in the literature. Finally, post-mortem analyses from experiments also highlight the presence of amorphous SiO₂ at grain boundaries which are decorated by pores, which demonstrates that pores can result from deformation in quartz mylonite, possibly associated to mechanical amorphization induced by stress concentration at grain boundaries.