

## Avis de Soutenance

Monsieur Hugo DUWIKUET

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Les Zones de Failles Crustales comme systèmes géothermiques électrogènes Apport des modélisations numériques et confrontation aux systèmes naturels*

dirigés par Monsieur Laurent GUILLOU-FROTTIER et 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 **jeudi 27 janvier 2022** à 15h00

Lieu : OSUC, Campus Géosciences, 1A rue de la Férellerie, 45071 Orléans

Salle : Amphithéâtre OSUC

### Composition du jury proposé

M. Laurent GUILLOU-FROTTIER	BRGM	Directeur de thèse
M. Laurent ARBARET	Université d'Orléans	Co-directeur de thèse
M. Patrick LEDRU	Université de Lorraine	Rapporteur
M. Mathieu BELLANGER	TLS-Geothermics	Co-encadrant de thèse
M. Roland HORNE	Stanford University	Examineur
M. Albert GENTER	ES-Géothermie	Examineur
M. Fabrice GAILLARD	CNRS Orléans	Examineur
M. Frédéric DONZE	Université de Grenoble-Alpes	Rapporteur
M. Fabien MAGRI	Frei Universität Berlin	Invité
Mme Christine SOUQUE	IFPEN	Invitée

**Mots-clés :** Zone de Failles Crustales, Exploration, Systèmes géothermiques de Haute Température, Approche multidisciplinaire, Modélisation multiphysiques,

### Résumé :

Les Zones de Failles Crustales (ZFC) constituent une cible géologique intéressante pour les ressources géothermiques à haute température dans les zones de socle naturellement fracturées. Des études de terrain et de laboratoire ont déjà montré la capacité de ces systèmes à faciliter l'écoulement des fluides jusqu'à la transition ductile-fragile. Cependant, plusieurs questions clés concernant l'exploration subsistent, en particulier le rôle du pendage, de la perméabilité, de l'effet des contraintes mécaniques et, plus largement, le rôle fondamental des régimes tectoniques sur l'écoulement des fluides dans les domaines de socle naturellement fracturés. En considérant des modélisations numériques 2D et 3D, avec des couplages TH et THM, deux tendances peuvent être identifiées et intégrées pour l'exploration de ces cibles : (i) les failles verticales concentrent les plus fortes anomalies de température aux plus faibles profondeurs (ii) les systèmes en décrochement favorisent les plus grandes anomalies de température. Les données géologiques et géophysiques suggèrent que la zone de faille de Pontgibaud (Massif Central français) est une ZFC qui abrite un système hydrothermal actif à une profondeur de quelques kilomètres. Une étude intégrée pour évaluer son potentiel géothermique de Haute Température a été effectuée. Les mesures de terrain permettent de contrôler la géométrie 3D des structures géologiques. Les observations 2D (lames-minces) et 3D (microtomographie à rayons X) mettent en évidence une propagation spatiale bien définie des fractures et des vides, présentant la même architecture de fracture à différentes échelles (2,5  $\mu\text{m}$  à 2 mm). En outre, les mesures de la porosité et de la perméabilité confirment que les échantillons fortement fracturés et altérés sont caractérisés par des valeurs de perméabilité élevées, un échantillon étant caractérisé par une perméabilité aussi élevée que 10-12 mD. Enfin, un modèle numérique 3D à grande échelle de

la ZFC de Pontgibaud, basé sur le couplage THM et la comparaison avec les données de terrain (température, flux de chaleur et résistivité électrique), a permis d'explorer l'étendue spatiale de l'isotherme 150°C, qui s'élève jusqu'à une profondeur de 2,3 km. Bien que basé sur des hypothèses simplifiées, notre modèle reproduit les données de terrain. Une approche intégrée multidisciplinaire basée sur une modélisation 3D couplée s'est avérée être un moyen efficace d'évaluer le potentiel géothermique de la ZFC et de prédire les distributions de température. Elle peut être utilisée comme un outil prédictif pour développer des opérations géothermiques à haute température dans des roches du socle abritant des systèmes de failles à grande échelle.