

**Thèse – Ecole doctorale Energie Matériaux Sciences de la Terre et de l'Univers**

## **FORMALISATION DES CONNAISSANCES GEOLOGIQUES ET AUTOMATISATION DU PROCESSUS D'INTERPRETATION STRUCTURAL POUR LA CONSTRUCTION D'ARCHITECTURES GEOLOGIQUES 3D DU SOUS-SOL**

### Contexte et objectifs de la thèse

La représentation de l'**architecture 3D du sous-sol** est de toute première importance pour explorer et exploiter les géoressources et répondre de manière quantitative à des questions géoscientifiques (e.g., tectonique, magmatisme). Cette notion d'architecture décrit la **géométrie des objets structuraux** (e.g., couches, failles, plis) et leurs **relations dans l'espace** (topologie) et dans le **temps**. Ce projet de thèse propose un nouveau paradigme de représentation et de construction de l'architecture géologique 3D du sous-sol reliant **représentations géométriques, concepts, et observations** (Fig. 1). Le but de cette nouvelle approche est à la fois (1) d'améliorer la **formalisation numérique des connaissances** portées par les représentations structurales et (2) d'améliorer la caractérisation des **incertitudes structurales**.

Cette thèse s'attaque au défi des **incertitudes épistémiques** (portant sur l'état de connaissance des structures du sous-sol), moins bien contraintes que les incertitudes aléatoires (relatives à la variabilité des mesures). Ces incertitudes découlent de l'ambiguïté des données et sont généralement contrebalancées par l'introduction manuelle **d'interprétations**, e.g., sous la forme de coupes interprétatives. Cette approche fonctionne en pratique pour produire des modèles, mais se heurte à des difficultés pour communiquer ces hypothèses et propager les incertitudes dans une approche probabiliste. Dans ce processus, les contraintes techniques s'ajoutent aux biais cognitifs et rendent difficile le fait de s'écarter d'une hypothèse initiale.

Nous proposons de développer une **méthodologie de modélisation** (Fig. 2) qui formalise les concepts géologiques invoqués et permette d'en explorer les incertitudes, au travers des échelles spatiales et du temps. Cette approche innovante s'inspirera du **processus cognitif d'interprétation des géologues**. Ce développement sera porté par le-a candidat-e, avec comme tâches principales :

- ❖ la **formalisation d'une base de connaissances structurales**, s'appuyant sur les notions clef de géologie structurale, rassemblées dans une ontologie,
- ❖ la **collecte d'un corpus structural**, qui rassemblera des exemples clef permettant de tester les capacités d'interprétation du système construit,
- ❖ le **développement d'un processus d'interprétation automatisé** multiéchelle, basé sur des descripteurs géométriques explicitant les concepts structuraux (e.g., faille, plis), leurs relations, et leurs implications spatiales et temporelles.

Ce **changement de paradigme** transforme la géomodélisation en un processus d'interprétation automatique des structures basé sur l'**intelligence artificielle**, plutôt qu'un processus mathématique d'interpolation.

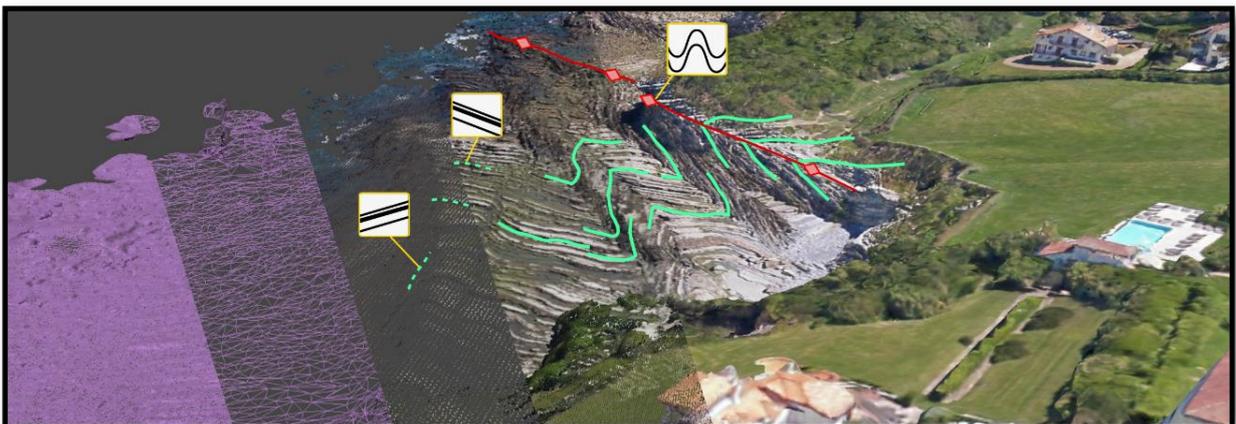


Figure 1: Illustration du processus d'interprétation automatique sur la base d'une représentation numérique d'affleurement.

## Profil recherché

Un·e étudiant·e issu·e d'une **formation de master** (en université ou école d'ingénieur) située à la convergence entre les **outils numériques** et le domaine d'**application des géosciences** :

- ❖ un·e **mathématicien·ne appliqué·e ou informaticien·ne** avec une spécialisation en Science de la donnée présentant un fort intérêt pour la géologie ou les sciences d'interprétation à caractère naturaliste ; ou
- ❖ un·e **géologue ou géophysicien·ne** de formation présentant un fort intérêt pour les approches et outils numériques, et une formation initiale à la programmation.

Une première expérience de développement, si possible en python, est donc souhaitée. Un certain **goût pour la compréhension et le développement d'outils numériques** sera nécessaire pour ce projet.

Des connaissances sur les **concepts de géologie structurale** seront également nécessaires, mais ce projet pourra être l'occasion de vous y former de manière originale. Le **goût pour la géologie/observations de terrain et la description d'objets naturels** seront appréciés.

Au-delà des compétences techniques, une **bonne capacité d'abstraction et d'analyse** sera primordiale pour bien appréhender, formaliser, et définir explicitement l'ensemble des objets et méthodes d'interprétation géologiques abordés.

Enfin, comme pour toute thèse, l'**enthousiasme**, les capacités à **travailler en équipe**, à synthétiser et à rendre compte par **oral et écrit (en français et en anglais)** sont absolument nécessaires.

## Conditions de déroulement de la thèse

**Période** : Oct. 2021 – Sept.2024      **Durée** : 3 ans

**Financement** : co-financement BRGM et Université d'Orléans (bourse ministérielle)

**Localisation** : Orléans, Région Centre-Val-de-Loire, France

**Laboratoire de rattachement** : Institut des Sciences de la Terre d'Orléans ([ISTO – UMR 7327](#))

**Encadrement** :

- ❖ Dr. Gautier Laurent : Maître de Conférences – ISTO ([gautier.laurent@univ-orleans.fr](mailto:gautier.laurent@univ-orleans.fr))
- ❖ Dr. Christelle Loiselet : Agent BRGM ([c.loiselet@brgm.fr](mailto:c.loiselet@brgm.fr))
- ❖ Dr. Yannick Branquet : Maître de Conférences – ISTO ([yannick.branquet@univ-orleans.fr](mailto:yannick.branquet@univ-orleans.fr))

**Collaborations** : collaborations directes avec le BRGM, localisé à proximité de l'ISTO

**Relations internationales** : intégration au sein du projet Loop (<https://loop3d.org>)

**Pour candidater** : envoyez votre C.V. et lettre de motivation par email

**Date limite de candidature** : 19/04/2021

➤ [Cliquer pour candidater](#)

Figure 2 : schéma conceptuel de la méthodologie à développer dans le cadre de la thèse

