



ÉCOLE DOCTORALE

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

ed560.stepup@u-paris.fr

Titre du sujet : Modélisation mécanique des déformations de la Soufrière de Guadeloupe

Directeur (trice) :

**DE CHABALIER Jean-Bernard, PhyAd, jbdechabaliier@ipgp.fr
(demande d'ADT)**

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) :

I

Equipe d'accueil :

IPGP- Equipe de Tectonique et mécanique de la lithosphère – UMR7154

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission d'enseignement**

Développement du sujet : (Maximum 2 pages)

Le dôme actuel de la Soufrière de Guadeloupe s'est formé à la suite de la dernière éruption magmatique explosive de 1530 AD. Depuis, il est principalement affecté par des manifestations hydrothermales soutenues conduisant à des éruptions phréatiques (1 à 3 par siècle) dont la dernière en 1976-77 est l'une des plus importantes. Après un repos relatif jusqu'en 1992, le système hydrothermale s'est réactivé : reprise de la sismicité superficielle et de l'activité fumerollienne, présence d'acide chlorhydrique et sulfurique dans les panaches, augmentation des températures des sources hydrothermales, déformations superficielles... Dès lors, l'activité continue à s'intensifier, avec des séquences d'essaims sismiques intenses, l'extension des zones fumerolliennes du sommet, l'augmentation de leur température et des rapports géochimiques CO₂/H₂S et SO₂ dans les panaches, pour culminer en avril 2018 avec un séisme ressenti de magnitude $M_l = 4.1$, le plus important depuis 1976. Moretti et al. (2020) interprètent ce faisceau d'observations par une surpression du système hydrothermal chauffé par des fluides magmatiques profond, déclenchant le séisme par hydro-fracturation mais n'ayant finalement pas abouti à une éruption phréatique. La répétition d'une séquence similaire pourrait conduire à une activité explosive conséquente, combinée à l'effondrement partiel du flanc sud-ouest du dôme comme en témoigne le champ de déformations actuel.

Le sujet de cette thèse consiste à intégrer aux observations sismologiques et d'imagerie géophysique, les données de déformations encore très peu exploitées, pour modéliser les processus mécaniques du dôme de la Soufrière, et estimer les aléas et risques associés.

Des données d'extensométrie permettent de suivre l'ouverture des principales fractures du dôme depuis 1995. Débutée dans les années 2000, l'acquisition des

données GNSS s'est renforcée significativement en 2015, puis en 2018 avec des campagnes de répétées annuelles, permettant de densifier le champ de déformation. Ce dernier est majoritairement en inflation radiale (3 à 10 mm/an), comportant une composante asymétrique vers le sud-ouest du flanc sud du dôme, avec des amplitudes dépassant 20 mm/an. De façon qualitative, les observations pourraient s'expliquer par une alimentation en fluides magmatiques profonds qui mettrait en pression le système hydrothermal et induirait les ouvertures de fractures et les microséismes. Les données de conductivité électrique acquises sur le volcan (Nicollin et al., 2006 ; Rosas-Carbajal et al., 2016), complétées des données de muographie (Rosas-Carbajal et al. 2017) mettent en évidence une zone conductive, témoignant d'une circulation intense de fluide. La base de cette zone altérée est interprétée comme un plan de décollement se connectant au sommet du volcan. La pressurisation du système hydrothermal tout comme le glissement lent du flanc sud du volcan sur ce plan sont cohérents avec les déplacements horizontaux et les données d'extensomètres situés sur des fissures concentriques au sommet du volcan.

Ces données sont actuellement en cours d'analyse (stage de M2 de Tanguy Roman) en utilisant des modèles directs basés sur des éléments frontières mixtes combinées à des inversions de type Monte Carlo (Fukushima et al., 2005; Tridon et al., 2016). Ce stage met en évidence, deux structures : l'une correspondant au système hydrothermal superficiel en inflation, et l'autre correspondant à un glissement de flanc. Les données extensométriques ont quant à elles été analysées par des modèles directs dans un stage précédent (Stage de M2 de T. Jacob en 2005), montrant que les fractures instrumentées s'étendaient jusqu'au système hydrothermal. Enfin, l'analyse de l'évolution temporelle des sources de déformations indique des variations importantes de pression qui semblent corrélées à l'activité sismique (stage de M1 de N. Addi en 2022).

Il manque une analyse de l'ensemble de ces données de déformations en y intégrant les données InSAR issues des séries temporelles du satellite Sentinelle 1A, disponibles grâce au travail de D. Smittarello (ECGS Luxembourg) qui collaborera à l'encadrement de la thèse. Ces données, essentiellement sensibles à la composante verticale et est-ouest du déplacement, donnent une image précise du système hydrothermal et de la subsidence associée au glissement de flanc. Leur intégration aux données GNSS permettra de les valider et de contraindre précisément l'extension des sources observées par GNSS.

Les questions sont les suivantes :

- Quels sont les rôles respectifs de la pressurisation du système hydrothermal et de la gravité dans le glissement de flanc sud du volcan ?
- Comment utiliser quantitativement les données extensométriques et InSAR pour contraindre les sources de déformation du système hydrothermal ?
- Comment évoluent dans le temps la pression et le glissement ?
- Quelle a été l'origine du changement opéré en 2018 et le mécanisme de transfert

Nous proposons dans cette thèse d'intégrer les différentes données de déformation mesurées depuis 30 ans (déplacements GNSS, InSAR et extensométriques

complétées par de nouvelles campagnes GNSS de répétition), dans un modèle mécaniquement cohérent afin de déterminer les caractéristiques des sources de déplacements : source(s) de pression, ouverture de fractures, dimension, géométrie et cinématique des zones de glissement, analyse des contraintes pour comprendre le lien causal entre mouvements.

Dans un deuxième temps une modélisation temporelle de ces sources sera réalisée afin de comprendre l'évolution des processus et leur éventuelle cyclicité en intégrant les séquences sismo-volcanique enregistrées par l'OVSG.

Une attention particulière sera portée aux essais sismiques d'avril 2018 conduisant au séisme de $M_l=4.1$ du 27 avril, localisé à 2 km au nord-ouest du dôme et 1.9 km de profondeur (bsl), avec un mécanisme au foyer en faille normale (Moretti et al. 2020), compatible avec une faille active régionale N-S recoupant le dôme de la Soufrière (Feuillet et al. 2011).