



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2011

TITRE du SUJET : Tomographie en densité avec des muons d'origine cosmique.

Directeur :

GIBERT Dominique, Physicien, gibert@ipgp.fr

Co-encadrant :

MARTEAU Jacques, Maître de Conférences, Institut de Physique Nucléaire de Lyon, marteau@ipnl.in2p3.fr

Equipe d'accueil :

IPGP- Équipe de Dynamique de Fluides Géologiques – UMR7451

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission**

*Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres de thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'École doctorale*

Développement du Sujet :

Les muons atmosphériques font partie des rayons cosmiques secondaires produits dans la haute atmosphère par les rayons primaires d'origine galactique ou extra-galactique. Un flux permanent de muons bombarde la surface de la Terre et les particules les plus énergiques peuvent traverser plusieurs kilomètres de roche. L'atténuation du flux de muons dans les roches est contrôlée par la masse volumique et l'épaisseur traversée. Il est ainsi possible de déterminer la densité d'une cible géologique – ex. un volcan – en mesurant le flux de muons la traversant.

Nous avons mis au point et construit plusieurs télescopes, autonomes et pilotables *via* le réseau internet, permettant de mesurer le flux de muons sur le terrain. Ces instruments sont actuellement en opération dans le [laboratoire souterrain du Mont-Terri](#) et sur la Soufrière de Guadeloupe ([communiqué de presse IN2P3/INSU du CNRS](#)). D'autres expériences sont prévues sur l'Etna et la Soufrière Hills de Montserrat. Les télescopes dont nous disposons permettent d'acquérir des séries de mesures complètes et de longue durée nécessaires pour aborder la phase d'exploitation géophysique de cette nouvelle méthode de tomographie par muons.

Le sujet de thèse proposé est partagé entre la poursuite des développements instrumentaux et la mise au point d'algorithmes tomographiques pour reconstruire la distribution de densité à partir de mesures du flux de muons faites sous différents angles. Notre site expérimental privilégié est la Soufrière de Guadeloupe où nous disposons de nombreuses données pouvant être interprétées conjointement avec les mesures de flux de muons pour déterminer la structure du dôme volcanique et étudier la dynamique et l'évolution de son système hydrothermal ([voir cet article](#)). Une tomographie du dôme de la Soufrière de Guadeloupe sera réalisée afin de contraindre les modèles de déstabilisation et de suivre l'évolution temporelle du bilan de masse dans le système hydrothermal superficiel ([voir cet article](#)) . Des applications à la Soufrière Hills de Montserrat et au cratère sud-est de

l'Etna sont également prévues. Une attention particulière sera accordée à l'inversion conjointe avec d'autres données géophysiques ([résistivité électrique](#) et sismique).

Les principaux axes du sujet de thèse sont :

- L'inversion de la distribution de densité en intégrant les modèles probabilistes du flux incident et d'acceptance des télescopes.
- La modélisation et la prise en compte des flux parasites (gerbes électroniques, coïncidences fortuites, etc.). Les modélisations seront faites avec les logiciels [GEANT-4](#) (CERN) et CORSIKA (gerbes atmosphériques).
- L'inversion conjointe des mesures de flux de muons avec d'autres données géophysiques disponibles sur la Soufrière de Guadeloupe : résistivité électrique, sismique.
- La conception de télescopes permettant de mesurer le flux de muons à travers des objets de faible opacité pour des applications en archéologie et dans l'industrie.
- La participation aux missions sur le terrain – installation de télescopes et mesures géophysiques complémentaires – et aux travaux de développements en instrumentation et mesure.

Ces travaux seront menés en étroite collaboration avec nos collègues impliqués dans le projet et appartenant à des laboratoires nationaux et internationaux. Une formation générale en physique et des compétences en problèmes inverses, modélisation numérique et traitement du signal sont nécessaires pour aborder ce sujet. Dans le cadre des développements informatiques, une culture en langage orienté objet sera appréciée.