



**data intelligence
institute of Paris**



**Appel à Projets de Recherche Doctoraux (PRD)
Projet Data Intensive Artificial Intelligence (DIAI)**

Formulaire de candidature

Proposition de projet

Intitulé du Projet de Recherche Doctoral

Analyse de signaux pluridisciplinaires par algorithmes intelligents pour l'anticipation des éruptions au Piton de la Fournaise

Directeur de thèse porteur du projet

Nom	Peltier
Prénom	Aline
Titre	Physicienne
Ecole Doctorale de rattachement	ED 560 – Sciences de la Terre et de l'Environnement et Physique de l'Univers de Paris (STEP'UP)
Unité de recherche – Intitulé – code – Tutelles - Nom du directeur/trice d'unité Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS	Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS – Marc Chaussidon
Equipe de recherche au sein de l'unité – Intitulé – Nom du Responsable d'équipe	Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise – Aline Peltier
Adresse professionnelle	<i>14 RN3 - Km 27 97418 La Plaine des Cafres Réunion France</i>
Email	peltier@ipgp.fr
Téléphone	06 92 62 14 49
Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants et leur année de 1ere inscription)	Cyril Journeau, IsTerre Grenoble, début: 2019

co-encadrants

Nom	LE LOSQ
Prénom	Charles
Titre	Maître de Conférences
HDR	non
Ecole Doctorale de rattachement	ED 560
Unité de recherche – Intitulé – code – Tutelles - Nom du directeur/trice d'unité	Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS – Marc Chaussidon
Equipe de recherche au sein de l'unité – Intitulé – Nom du Responsable d'équipe	Géomatériaux – Daniel Neuville
Adresse professionnelle	1 rue Jussieu 75005 PARIS
Email	lelosq@ipgp.fr
Téléphone	0183957758
Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants et leur année de 1ere inscription)	Co-encadrant Salomé Pannefieu, année 2020.

Nom	Retailleau
Prénom	Lise
Titre	Physicienne adjointe
HDR	non
Ecole Doctorale de rattachement	ED 560
Unité de recherche – Intitulé – code – Tutelles - Nom du directeur/trice d'unité	Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS – Marc Chaussidon
Equipe de recherche au sein de l'unité – Intitulé – Nom du Responsable d'équipe	Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise – Aline Peltier Sismologie – Jean-Philippe Metaxian
Adresse professionnelle	<i>14 RN3 - Km 27 97418 La Plaine des Cafres Réunion France</i>
Email	retailleau@ipgp.fr
Téléphone	06 92 71 68 13
Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants et leur année de 1ere inscription)	

Résumé du projet de recherche doctoral

(2000 caractères, en français ou en anglais, susceptible d'être mis en ligne)

Titre / Title:

Analyse de signaux pluridisciplinaires par algorithmes intelligents pour l'anticipation des éruptions au Piton de la Fournaise

Résumé / Abstract:

Les aléas et risques découlant de l'activité des édifices volcaniques sont nombreux, et souvent difficilement prévisibles. Les conséquences d'une éruption mal anticipée peuvent ainsi être dramatiques, comme montré par différents cas historiques récents (e.g., El Chichon, Mexique, en 1982 : 1 900 victimes; Mt Pelée, France, en 1902 : 30 000 victimes). Actuellement, les édifices volcaniques français actifs sont étroitement surveillés par les observatoires volcanologiques et sismologiques de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP). Différentes méthodes géophysiques (sismologie, déformation, GPS...) et géochimiques (suivi des émissions de gaz, température des fumeroles, géochimie des eaux...) sont des indicateurs de l'activité volcanique et permettent d'anticiper les éruptions. L'interprétation de ces données guide ainsi les autorités pour les décisions à prendre concernant la mitigation des risques. Cependant, l'analyse humaine des données devient potentiellement difficile du fait de leur quantité et diversité en constante hausse. De plus, la mise en rapport d'observations de nature très différente, comme par exemple la sismologie et les flux de gaz, est complexe.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de résoudre ce problème via l'adoption d'algorithmes de *machine learning*. Ce dernier est très utilisé pour la détection de la sismicité, et a fait ses preuves dans différents contextes, tectoniques et volcaniques, ainsi que pour la sismicité induite. En géochimie, l'analyse de données via le *machine learning* est aussi de plus en plus utilisée, notamment pour remplacer des modèles empiriques imparfaits. Différents algorithmes de *machine learning* ont été développés pour détecter des éruptions potentielles sur certains édifices. Ces algorithmes sont habituellement entraînés sur un jeu de données particulier (exemple : sismique, ou INSAR, ou imagerie infrarouge). Cependant, à notre connaissance, aucun algorithme permet d'analyser simultanément les différentes observables géophysiques, géochimiques et climatiques. L'objectif de ce projet est donc de mettre en place un tel algorithme. Cette approche permettra de renforcer la robustesse de la détection de mouvements magmatiques et d'éruptions potentielles.

Nous prendrons comme cas d'étude le Piton de la Fournaise, sur l'île de la Réunion. Ce volcan présente des éruptions très fréquentes au cours des 20 dernières années. Des séries de données géophysiques et géochimiques, avec une très bonne couverture spatio-temporelle, sont disponibles. Ces données sont marquées par plusieurs éruptions majeures. En outre, elles comprennent des périodes avec peu d'éruption pendant plusieurs années, et d'autres avec plusieurs éruptions par an.

Cette diversité nous permettra donc de mettre en place, développer et tester différents algorithmes afin de sélectionner une méthode présentant une grande robustesse. La détection des éruptions se fera via la détection d'anomalies dans la série de données. Une des clés et difficultés de ce projet réside dans l'analyse conjointe de données de différents types (géophysiques, géochimiques, météorologique) présentant des pas de temps différents. Ceci pourra être réalisé, par exemple, en combinant plusieurs algorithmes. Par exemple, une méthode possible serait d'utiliser plusieurs réseaux de neurone dits autoencoders (un par type de données) reliés à un réseau de neurone *feedforward* terminal évaluant le

caractère anormal ou non de la série de données, via les différents succès de reconstruction de cette série par les différents autoencoders. En outre, l'exploitation de la spatialisation des données pour la détection éruptive pourra aussi être explorée, par exemple via potentiellement des réseaux de neurones graphiques.

Ce travail permettra d'aider l'IPGP dans sa mission de surveillance des édifices volcaniques français, fréquemment actifs. Cette thèse propose aux candidat.e.s de développer et combiner des connaissances variées et des collaborations dans différentes disciplines (géochimie, géophysique, science des données, machine learning). Ce travail participera à l'élaboration de l'observatoire volcanologique numérique du 21^{ème} siècle. Cette thèse représente ainsi une opportunité unique pour l'étudiant.e d'acquérir des compétences et connaissances pouvant être valorisés dans des projets professionnels nombreux et diversifiés. Le.la candidat.e devra présenter des compétences niveau master en *machine learning*, science des données, mathématique appliquée, programmation Python.

AVIS et VALIDATION de la commission du diiP

AVIS et VALIDATION de l'ECOLE DOCTORALE STEP'UP (ED 560)