3 years PhD grant – Mantle geodynamics

Influence of rheology and partial melt propagation on the Réunion mantle plume short-period pulsations

Keywords: Numerical modeling, mantle plume, mantle rheology, two-phase flow, hotspot magmatism

Terrestrial hotspots exhibit fluctuations in magma emission rates over periods of 1 to 20 Ma, indicating changes in magma production within the underlying mantle plumes. The periodicity of these fluctuations indirectly helps to determine the mechanisms of magma production, and to better understand the interactions between the plumes and the adjacent mantle.

Recently, synchronous fluctuations in magmatic activity have been identified on two Réunion hotspot islands, La Réunion and Mauritius, with a period of ~400 ka over the last three million years. This period is an order of magnitude shorter than those identified on other terrestrial hotspots (1-20 Myr). Given the distance between the two islands and the short-period of the pulse, it is likely to be the result of asthenospheric or deeper geodynamic processes.

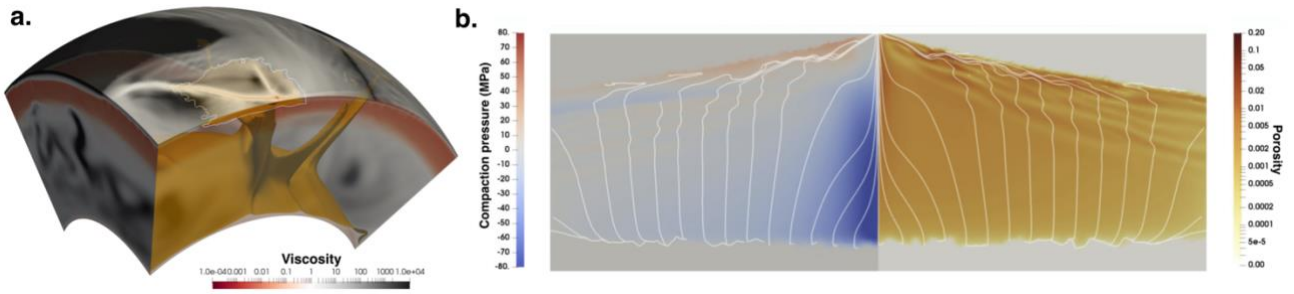

*Figure: **a.** Snapshot of a 3D spherical-patch model of whole-mantle convection with plate-tectonics. Mantle plumes are highlighted by the yellow isotherm (adapted from Arnould et al., 2020). **b.** Two-phase flow model showing the development of porosity waves in a mid-oceanic ridge context (Sim et al., 2022).*

The goal of the PhD thesis will be to explore the roles of both mantle rheology and partial melt propagation properties on the generation of short-scale pulsations of mantle plumes. To do so, the successful applicant will use two complementary numerical tools: the StagYY code (Tackley, 2000) which will allow to model plumes within their environment at a global scale (Fig. a), and the code TerraFERMA (Wilson et al., 2017, Fig. b), which will be adapted in order to model two-phase flow dynamics within a plume. With both methods, the aim is to compare the periodicity of model plume pulses to new observations for the Réunion hotspot obtained during the Plum-BeatR ANR project. This interdisciplinary PhD subject will allow us to gain valuable knowledge on the ability of mantle plumes to generate magmatic fluctuations, as observed at the Réunion hotspot, and thus to constrain mantle rheology and dynamics.

Supervision: The PhD student will be hosted in Lyon at the LGL-TPE laboratory, and co-supervised by Dr. Maëlis Arnould and Dr. Jean-Philippe Perrillat. One exchange period is planned in Georgia Tech to work with Dr. S. Joyce Sim on two-phase flow models. The PhD student will benefit from interdisciplinary interactions with all members of the Plum-BeatR project throughout the PhD, and particularly with the project leader, V. Famin (IPGP, Univ. Réunion).

Setting: The PhD candidate will mostly work as part of the LGL-TPE, on the University Lyon 1 site. The LGL-TPE is a very dynamic scientific environment, with a wide spectra of research topics in Earth Sciences, ranging from paleontology and paleoclimatology to planetary sciences. The Earth and Planets team within the LGL-TPE brings mineralogists, geophysicists and geochemists together to tackle all problems related to planetary interior structure, evolution and dynamics, using multidisciplinary approaches. The research of the successful

3 years PhD grant – Mantle geodynamics

candidates will be supported by the ANR-funded project Plum-BeatR. This support includes computer equipment, travel to conferences, and travel to visit research collaborators.

Start-date: before the end of 2024, ideally September/October 2024.

Duration: 3 years (the standard PhD duration in France)

Monthly-salary: 1,690–1,850 € before taxes. Possibility to apply to a complementary teaching activity at University Lyon 1.

Requirements: A solid training in geophysics and numerical modeling, excellent writing skills and good communication skills in English. Experience in scientific programming will be considered as a plus. Strong motivation and interest in multidisciplinary interactions with the other Plum-BeatR project members is expected.

Deadline: Applications received **until 15th May 2024** will receive full consideration. Later applications will be reviewed until the position is filled. Specific care about equality, diversity and inclusion will be ensured during the evaluation process of all applications.

The following application materials should be sent to maelis.arnould@univ-lyon1.fr:
• A curriculum vitae, including contact information for at least two references
• A cover letter (2 pages max), including statement of research experience and interests
• Academic transcripts and certificates

Contacts:

- **Maëlis Arnould**,
  PhD supervisor and project co-leader, LGL-TPE, Lyon, France,
  maelis.arnould@univ-lyon1.fr
- **Jean-Philippe Perrillat**,
  PhD co-supervisor, LGL-TPE, Lyon, France,
  jean-philippe.perrillat@univ-lyon1.fr
- **Shi Joyce Sim**,
  PhD co-supervisor, Georgia Tech, USA,
  jssim@eas.gatech.edu
- **Vincent Famin**,
  Project leader, Géosciences Réunion, Univ. Réunion/IPGP, France,
  vincent.famin@univ-reunion.fr

3 years PhD grant – Mantle geodynamics

Influence de la rhéologie et de la propagation de magma sur les pulsations à courte période du panache de la Réunion

Mots-clés : Modélisation numérique, panache mantellique, rhéologie du manteau, écoulement biphasique, magmatisme de point chaud

Les points chauds terrestres présentent des fluctuations d'activité magmatique sur des périodes de 1 à 20 Ma, indiquant des changements dans la production de magma au sein des panaches mantelliques sous-jacents. La périodicité de ces fluctuations permet de déterminer indirectement les mécanismes de production de magma et de mieux comprendre les interactions entre les panaches et le manteau environnant.

Récemment, des fluctuations synchrones d'activité magmatique ont été identifiées sur deux îles du point chaud de la Réunion, la Réunion et l'île Maurice, avec une période de ~400 ka sur les trois derniers millions d'années. Cette période est d'un ordre de grandeur plus courte que celles identifiées sur d'autres points chauds terrestres. Étant donné la distance séparant ces îles et la courte période des pulses, une hypothèse consiste à considérer qu'ils résultent de processus géodynamiques se produisant dans l'asthénosphère ou plus profondément.

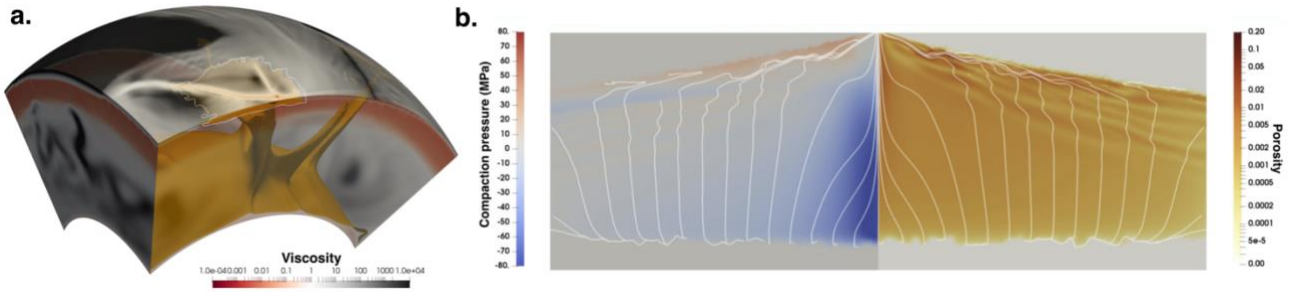

*Figure : **a.** Instantané d'un modèle 3D de convection mantellique avec tectonique des plaques. Les panaches mantelliques sont soulignés par l'isotherme jaune (adapté d'Arnould et al., 2020). **b.** Modèle d'écoulement biphasique montrant le développement d'ondes de porosité dans un contexte de dorsale médio-océanique (Sim et al., 2022).*

L'**objectif de cette thèse** est d'explorer les rôles de la rhéologie du manteau et les propriétés de propagation du magma produit au niveau des panaches dans la production de pulsations d'activité de courte-période des panaches mantelliques. Pour ce faire, deux méthodes numériques complémentaires seront utilisées : le code StagYY (Tackley, 2000) qui permettra de modéliser des panaches mantelliques en interaction avec leur environnement à l'échelle globale (Fig. a), et le code TerraFERMA (Wilson et al., 2017, Fig. b), qui sera adapté de façon à modéliser la dynamique de fluides biphasiques tels qu'observés au niveau des panaches mantelliques. La périodicité des pulses d'activité des panaches modélisés par ces deux méthodes sera ensuite comparée à des nouvelles observations du point chaud de la Réunion obtenues au cours du projet Plum-BeatR financé par l'ANR. Ce sujet de thèse interdisciplinaire permettra d'acquérir des connaissances précieuses sur la capacité des panaches mantelliques à générer des fluctuations magmatiques, telles qu'observées au point chaud de la Réunion, et ainsi de contraindre la rhéologie et la dynamique du manteau d'une manière originale.

Supervision : L'étudiant.e. en thèse sera inscrit.e à l'Université Lyon 1, travaillera au LGL-TPE, et sera co-encadré.e par Maëlis Arnould et Jean-Philippe Perrillat. Une année d'échange est prévue dans le cadre de cette thèse à Georgia Tech pour travailler avec S. Joyce Sim sur les modèles biphasiques. L'étudiant.e en thèse bénéficiera par ailleurs d'échanges avec tous les membres du projet Plum-BeatR tout au long de la thèse, et en particulier avec le coordinateur du projet, V. Famin (IPGP, Univ. Réunion).

3 years PhD grant – Mantle geodynamics

Environnement : L'étudiant.e en these travaillera principalement au LGL-TPE, sur le site de la Doua. Le laboratoire est un environnement scientifique très dynamique, avec un large spectre de sujets de recherche en Sciences de la Terre, allant de la paléontologie et de la paléoclimatologie aux sciences planétaires. L'équipe Terre et Planètes du LGL-TPE rassemble des minéralogistes, des géophysiciens et des géochimistes, et étudie tous les sujets liés à la structure interne, l'évolution et la dynamique des planètes, à partir d'approches pluridisciplinaires. Les travaux de recherche, le matériel informatique et les missions de l'étudiant.e. en thèse seront financés par le projet ANR Plum-BeatR.

Date de début de la thèse : Avant la fin de 2024, idéalement en Septembre/Octobre 2024.

Durée : 3 ans.

Rémunération mensuelle : 1,690–1,850 € avant impôts. Possibilité de candidater à une ACE (Activité Complémentaire d'Enseignement) à l'Université Lyon 1.

Prérequis : Le.la candidat.e retenu.e devra avoir une formation solide en géophysique et en modélisation numérique, d'excellentes capacités rédactionnelles et de bonnes aptitudes à la communication en anglais. Toutes expériences en programmation scientifique seront considérées comme un plus. Une forte motivation et un intérêt pour les interactions multidisciplinaires avec les autres membres du projet Plum-BeatR sont attendus.

Date limite de candidature : Les candidatures reçues **avant le 15 Mai 2024** seront considérées en priorité. Les candidatures plus tardives seront étudiées jusqu'à ce que le poste soit pourvu. Une attention particulière à l'égalité des chances sera assurée pendant le processus d'évaluation de toutes les candidatures.

Les documents de candidature suivants doivent être envoyés à maelis.arnould@univ-lyon1.fr :

- Un curriculum vitae, comprenant les contacts d'au moins deux personnes de référence.
- Une lettre de motivation (2 pages maximum), comprenant un exposé de l'expérience passée et des domaines de recherche d'intérêt du/de la candidat.e.
- Les relevés de notes et les copies des diplômes obtenus.

Pour plus d'informations, contacter :

- **Maëlis Arnould**,
  Directrice de thèse et co-coordinatrice du projet Plum-BeatR, LGL-TPE, Lyon, France,
  maelis.arnould@univ-lyon1.fr
- **Jean-Philippe Perrillat**,
  Co-directeur de thèse, LGL-TPE, Lyon, France,
  jean-philippe.perrillat@univ-lyon1.fr
- **Shi Joyce Sim**,
  Co-encadrante de thèse, Georgia Tech, USA,
  jssim@eas.gatech.edu
- **Vincent Famin**,
  Coordinateur du projet Plum-BeatR, Géosciences Réunion, Univ. Réunion/IPGP, France,
  vincent.famin@univ-reunion.fr