



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



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2016

**TITRE du SUJET : Inversions Monte-Carlo des données sismologiques pour contraindre la géodynamique de la base du manteau sous Hawaii**

Directeur (trice) : **FUJI, Nobuaki, MCF, nobuaki@ipgp.fr**

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

**FARNETANI, Cinzia, G., MCF, cinzia@ipgp.fr**

**ARMITAGE, John, Chercheur Associé, armitage@ipgp.fr**

**SIEBERT, Julien, MCF, siebert@ipgp.fr**

Equipe d'accueil : à préciser et supprimer la ligne inutile

**IPGP- Equipe de Sismologie – UMR7154**

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

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

La couche D", située à la base du manteau, est au centre de débats dans différents domaines des sciences de la Terre depuis longtemps. En effet, cette couche limite thermique et/ou chimique pourrait être la clef de la dynamique de la Terre solide. Les plaques tectoniques sont refroidies en surface, puis elles commencent à plonger dans des zones de subduction. Malgré la discontinuité thermique située à ~660 km de profondeur, qui parfois provoque le stagnement des plaques, les plaques pourraient plonger jusqu'à la base du manteau et donc atteindre la couche D" (e.g. Konishi et al. 2009). La couche D" est composée principalement de post-pérovskites. Le noyau liquide composé de fer juste au-dessous de la couche D" est 1500 K plus chaud que le manteau. Les plaques recyclées sont donc chauffées à la base du manteau et commencent à remonter (Fig. 1).

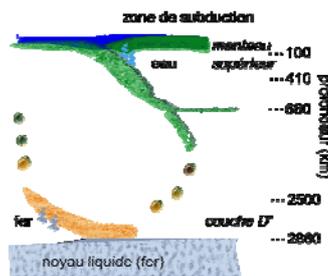


Figure 1 : Schéma des tectoniques dans le manteau terrestre. Une fois que les plaques sont formées en surface, elles plongent sous les zones de subduction. Elles atteignent la limite noyau-liquide. Puis, elles pourraient remonter à cause de la chaleur du noyau en accompagnement de la fusion partielle.

Étant donné que les solidus des roches existantes sont proches du géotherme dans la couche D, nous pouvons espérer y avoir la fusion partielle. Quand les plaques arrivent à la base du manteau, elles sont enrichies en fer par l'échange des matériaux à la limite noyau-manteau, ce qui va provoquer de la fusion partielle. Lors de la remontée des plaques recyclées, des matériaux fondus, dits « melts », pourraient descendre et/ou rester à la base du manteau à cause des densités plus élevées (Pradhan et al. 2015). Konishi et al. (2014) montre avec une résolution de ~100 km pour la première fois des petits patchs de la vitesse des ondes de cisaillements (Vs) faible, qui pourraient être des plaques remontant de la couche D" sous Hawaii. Nous pouvons donc supposer des melts au-dessous des patchs, qu'il ne fut pas possible d'imager à cause du manque de résolution.

La question que nous désirons aborder dans ce projet est : **Quel est le rôle de la fusion partielle lors de la montée des plaques recyclées dans la couche D" ? Elle s'agit en particulier i) quelle quantité des melts est retenue dans le manteau lors de la montée des plaques recyclées ? ; ii) comment le fer sort-il en fonction de profondeur et reste-t-il bloqués dans le manteau ou va-t-il vers la limite du**

**Commenté [LP1]:** I would repeat this question on page 1.



École Doctorale : **STEP UP** : IPGP - 1, rue Jussieu - 75238 Paris cedex 05  
Tél. : +33(0)1.83.95.75.10 - Email : [scol-Ed@ipgp.fr](mailto:scol-Ed@ipgp.fr)



manteau ? ; iii) comment des roches mélangées affectent-elles la production des melts ? Ces questions seront abordées par une approche combinant imagerie sismologique, géochimie et géodynamique de façon unifiée.

La réduction de la vitesse des ondes sismiques et le contraste fort en structure sismique ont été reliés à la présence des melts dans le manteau. Néanmoins, des modèles géodynamiques du processus de la génération des melts n'arrivent pas concorder avec les tels modèles sismologiques pour la fusion partielle (Goes et al. 2012 ; Havlin et Parmentier, 2014 ; Armitage et al. 2015). Jusqu'à présent, l'étude de la Terre solide a été réalisée par le processus comme suit : i) les sismologues analysent des données sismologiques pour obtenir un modèle de la Terre; ii) les géochimistes et minéralogistes interprètent le modèle pour les traduire en paramètres géophysiques tels que la composition de roche, la température ; iii) les géodynamiciens réinterprètent ces paramètres en modélisant un scénario d'évolution de la Terre qui les expliquent au mieux. Encore que ce soit les observations sismologiques qui sont les seules observations directes, la résolution est hétérogène à cause de la hétérogénéité de couverture d'échantillonnages des ondes sismiques et la formulation des problèmes inverses (Lévéque et al. 1993 ; Ritsema et al. 2007). Puis, il y a plein de modèles qui peuvent expliquer des données sismologiques observées avec une même vraisemblance. Il est donc raisonnable, dans une certaine mesure, que les modèles sismologiques pourraient être presque impossible d'un point de vue géodynamique. Ce serait utile d'étudier de calculer des champs d'ondes sismiques pour des modèles obtenus par certains scénarios géodynamiques, pour i) voir comment pourrait-on observer la différence de scénarios dans des données sismologiques ; puis ii) comparer des données réelles pour mesurer des vraisemblances de modèles géodynamiques.

Dans ce projet de thèse, nous voulons construire des modèles géodynamiques régionaux de la base du manteau sous Hawaii. Dans un premier temps, nous allons mener **des inversions de formes d'ondes à haute fréquences en 1D/3D (~10 km de résolution)**, des vitesses des ondes P et S avec DSM Kernel Suite (Fuji et al. 2012 ; ipgp.github.io). Puis, à l'aide **des expériences à hautes pressions et hautes températures**, nous constituerons des modèles géodynamiques avec des paramètres réalistes de ces régions pour voir les effets de la fusion partielle en 1D/3D. Puis, nous calculerons des sismogrammes synthétiques 3D pour les modèles géodynamiques construits afin de les comparer avec les données réelles (**inversion Monte-Carlo des formes d'ondes à l'aide d'informations géodynamiques et géochimique**). Ces étapes nous permettront de comprendre la dynamique régionale et le rôle de la fusion partielle dans la couche D" sous Hawaii.

Dans un premier temps, afin d'éviter traiter trop de paramètres libres, nous construirons des modèles 1D géophysiques pour bien contraindre des melts avec la complexité la plus base. Puis, nous utiliserons les codes 3D de convection (Figure 2, LaMEM et Stag3D) dont les sources ouvertes. Pour le calcul des synthétiques de la Terre localement 3D et globalement 1D, nous calculerons les champs d'ondes localisés dans la région d'intérêt avec un code des différences finies (Fuji et al. 2016), puis nous les extrapolerons dans une Terre 1D avec la méthode « Direct Solution Method » (Geller et Ohminato 1994) en profitant de la théorie de représentation (Monteiller et al. 2014 ; Borisov et al. 2015).

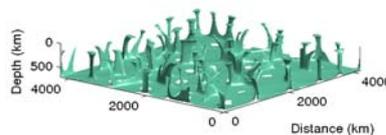


Figure 2 : Développement des instabilités thermiques dans un milieu où la viscosité est fortement dépendante de la température, ce qui sera le cas de la fusion partielle.