



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2015

---

**TITRE du SUJET : Origine des éléments volatils terrestres : contraintes apportées par les gaz rares**

Directeur (trice) :

**MOREIRA, MANUEL (PR) [moreira@ipgp.fr](mailto:moreira@ipgp.fr)**

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

**IPGP- Equipe CAGE- UMR7154**

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

---

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

---

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

L'origine des éléments volatils sur Terre et les autres planètes telluriques est une question majeure en sciences de la Terre et de l'Univers. En effet, tous les processus permettant de « fabriquer » ces planètes sont des phénomènes qui défavorisent les éléments volatils, par rapport aux éléments réfractaires. L'origine de ces éléments volatils est donc débattue. Une approche pour comprendre cette origine est l'étude des gaz rares dans le manteau de la Terre. En effet, les gaz rares sont des éléments très volatils et donc déterminer leur compositions élémentaires et isotopiques dans le manteau permet de contraindre leur origine, et par là même celle des autres éléments volatils. Si les rapports isotopiques radiogéniques ( $^4\text{He}/^3\text{He}$ ,  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ) sont désormais bien contraints dans les différents réservoirs mantéliques, il n'en est pas de même des rapports isotopiques « stables » (non-radiogéniques), qui sont mal connus (ex  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ ,  $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ,  $^{124}\text{Xe}/^{130}\text{Xe}$ ). Il en est de même des rapports élémentaires (ex  $^3\text{He}/^{22}\text{Ne}$ ,  $^3\text{He}/^{130}\text{Xe}$ , ...) qui sont affectés par les processus éruptifs et les problèmes de contamination. La détermination précise de ces rapports isotopiques et élémentaires permettra de contraindre : (1) l'origine des gaz rares et des autres éléments très volatils sur Terre, (2) de contraindre le nombre d'impacts géants ayant générés des pertes massives d'atmosphère et (3) de quantifier les échanges entre les différents réservoirs terrestres.

La thèse portera plus spécifiquement sur la détermination des rapports isotopiques et élémentaires des gaz rares dans le manteau, en particulier les isotopes non-radiogéniques, afin de répondre à ces questions. Toutefois, il y a des problèmes analytiques spécifiques aux gaz rares que sont les faibles abondances, et donc des mesures relativement peu précises, et les problèmes de contamination atmosphérique des échantillons qui masque les signaux mantéliques. Ces deux problèmes analytiques peuvent être résolus par deux approches nouvelles, à développer dans le cadre de la thèse, à savoir (1) la mesure des gaz rares dans une seule vésicule par ablation laser, et (2) l'accumulation des gaz rares d'origine mantélique obtenus par fusion ou broyages. La première méthode, par opposition aux méthodes classiques (broyage, fusion), permet de s'affranchir de la contamination atmosphérique, ubiquiste dans tous les échantillons du

manteau. Elle donne accès aux signaux réellement mantélique, mais elle nécessite un développement analytique important pour diminuer encore plus les blancs analytiques. La seconde méthode analytique à développer a pour but d'accumuler dans un réservoir les gaz rares non contaminés par l'atmosphère issus de plusieurs dizaines d'échantillons similaires (en sélectionnant les paliers « mantéliques » sur la base du néon, un proxy de la contamination atmosphérique) avant leur analyse par spectrométrie de masse. Cette plus grande quantité de gaz, obtenue par accumulation sous vide, permettra d'obtenir des meilleures précisions, nécessaires pour discriminer entre plusieurs scénarios d'origine des gaz rares sur Terre (plus particulièrement les isotopes du Kr et du Xe, très peu abondants).

Le plan de la thèse sera le suivant :

- Choix d'échantillons de basaltes de dorsales et point chauds. Participation à une campagne océanographique de prélèvement de ce type d'échantillons (Atlantique Nord ou Océan indien, prévues en 2015). Préparation des échantillons.
- Développement de la procédure d'extraction des gaz dans des vésicules uniques. Il faut construire une ligne à très faibles blancs analytiques, couplée à un laser d'ablation.
- Développement de la procédure d'accumulation des gaz mantéliques à partir de plusieurs échantillons mesurés par la technique de broyage par paliers. Il faut modifier les lignes d'extraction des gaz et les logiciels de contrôle de ces lignes.
- Analyses des échantillons et interprétation des résultats
- Ecriture d'articles et de la thèse

Le laboratoire d'accueil sera l'Institut de Physique du Globe de Paris, plus particulièrement la nouvelle équipe CAGE (Cosmochimie, Astrophysique, et Géophysique Expérimentale). La thèse se déroulera dans le laboratoire des gaz rares, dirigés par Manuel Moreira. Ce laboratoire dispose de deux spectromètres de masse de dernière génération à source à gaz dédiés à l'analyse des gaz rares (Helix SFT et Noblesse). Il s'agit d'un des deux laboratoires français de niveau international qui étudie les gaz rares (l'autre étant le CRPG à Nancy) dans les échantillons extra-terrestres et terrestres.