

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

### SUJET DE THESE

**Titre de la thèse : Eléments lithophiles (Si, Al, Ca, O, Mg) dans le noyau terrestre : Implications sur la composition chimique de la Terre silicatée et du noyau**

Directeurs de thèse : Ali Bouhifd & Denis Andrault  
Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans  
Equipe : Pétrologie Expérimentale  
Etablissement de rattachement : Université Clermont Auvergne  
Courriel et téléphone : [ali.bouhifd@uca.fr](mailto:ali.bouhifd@uca.fr) // 04 73 34 67 72  
[denis.andrault@uca.fr](mailto:denis.andrault@uca.fr) // 04 73 34 67 81  
Co-encadrant éventuel : Emmanuel Gardés  
Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans  
Etablissement de rattachement : Université Clermont Auvergne

#### Résumé :

Les derniers stades de formation du noyau terrestre se sont produits dans des conditions extrêmes, à des températures avoisinant 3500 K et des pressions de plus de 50 GPa. Les échanges chimiques qui se sont produits entre les phases métalliques et silicatées ont conditionné les compositions chimiques du noyau et du manteau. Récemment, il a été proposé que le liquide métallique a dissout une quantité importante d'éléments lithophiles, MgO et SiO<sub>2</sub> en particulier, avant d'être intégré à la masse du noyau (Badro et al., 2016; Hirose et al., 2017). Ceci aurait conduit un déséquilibre chimique majeur à la frontière noyau-manteau juste après la cristallisation de l'océan magmatique. Le retour progressif d'un excès d'éléments lithophiles du noyau vers le manteau profond pourraient être responsable de certains panaches mantelliques. Ce phénomène pourrait aussi avoir contribué au démarrage du champ magnétique très tôt dans l'histoire de la Terre (O'Rourke and Stevenson, 2016).

Dans ce projet nous proposons d'étudier expérimentalement les équilibres entre les liquides métallique et silicatée à hautes pressions et températures à l'aide de la cellule à enclumes de diamant chauffée par lasers infrarouges. La nouveauté dans ce projet est l'utilisation de compositions silicatées hydratées (contenant de variables concentrations en H<sub>2</sub>O). En effet, la plupart des études jusqu'à présent se sont limitées à des compositions anhydres ce qui ne reflète pas forcément les derniers stades de la formation du noyau.

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Nous allons nous intéresser aux réactions de dissolutions des éléments lithophiles dans le liquide métallique via les réactions suivantes (pour le Ca et le Mg, par exemple):



L'étude expérimentale nous permettra de déterminer les constantes d'équilibre  $K_{\text{Mg}}$ ,  $K_{\text{Ca}}$ ,  $K_{\text{Si}}$ ,  $K_{\text{O}}$ , et  $K_{\text{Al}}$  qui peuvent s'écrire empiriquement sous la forme suivante où les paramètres  $a_i$ ,  $b_i$  et  $c_i$  sont obtenus par lissages des données expérimentales en fonction de la pression ( $P$ ) et de la température ( $T$ ):

$$\log K_i = a_i + b_i/T + c_i P/T \quad (3)$$

Ces constantes d'équilibre nous permettront de modéliser la dissolution de Mg, Si et Al dans le noyau lors de sa formation en fonction des conditions de pression et de température. Aussi, nous pourrions déterminer les rapports Mg/Si, Al/Si, Ca/Al ou Al/Mg et la quantité d'oxygène incorporée dans le noyau, et comparer ces valeurs aux modèles géochimiques qui donnent des contraintes sur la composition chimique du noyau (*e.g.* McDonough and Sun, 1995). La nature de nos expériences va nous permettre de contraindre la concentration de l'hydrogène présente dans la Terre silicatée ainsi que dans le noyau, et contribuera à mieux contraindre le cycle interne de l'eau. Les résultats nous permettront par ailleurs de discuter quantitativement les différents modèles de formation du noyau et les modèles de composition chimique de la Terre. Finalement, ce travail de thèse permettra aussi d'obtenir une très bonne expertise dans les synthèses en cellule à enclumes de diamant ; la Microscopie Electronique à Balayage couplé à une sonde ionique focalisée (SEM-FIB), et la Microsonde Electronique.

### Références

- Badro, J., Siebert, J., Nimmo, F., 2016. An early geodynamo driven by exsolution of mantle components from Earth's core (vol 536, pg 326, 2016). *Nature* 539, 456-456.
- Hirose, K., Morard, G., Sinmyo, R., Umemoto, K., Hernlund, J., Helffrich, G., Labrosse, S., 2017. Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core. *Nature* 543, 99-+.
- McDonough, W.F., Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, 223-253.

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

O'Rourke, J.G., Stevenson, D.J., 2016. Powering Earth's dynamo with magnesium precipitation from the core. *Nature* 529, 387-+.