

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

SUJET DE THESE

Titre de la thèse : Le comportement des Volatils (C, H, N et S) durant les impacts lors de la formation des planètes

Directeur de thèse : Mohamed Ali BOUHIFD

Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans

Equipe : Pétrologie Expérimentale

Etablissement de rattachement : UCA

Courriel et téléphone : ali.bouhifd@uca.fr (04 73 34 67 72)

Co-encadrant éventuel : Julien MONTEUX julien.monteux@uca.fr (04 73 34 67 38)

Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans

Etablissement de rattachement : UCA

Résumé :

Dans ce projet nous proposons d'étudier l'évolution de la composition chimique du manteau terrestre lors d'un impact avec un planétésimal : tous les modèles s'accordent à dire que la Lune est le résultat d'un impact géant entre la proto-Terre et un objet de la taille de Mars. De plus, les modèles dynamiques d'accrétion montrent que les impacts impliquant des planétésimaux avec des rayons supérieurs à 100 km étaient fréquents lors des 100 premiers millions d'années de l'évolution du Système Solaire. Lors de tels impacts, l'énergie cinétique de l'impacteur est dissipée dans la planète cible. Cette énergie va servir à déformer le matériel impacté mais aussi à le chauffer. Le passage de l'onde de choc va aussi entraîner des variations importantes et brutales de la pression dans la planète cible. S'ajoute à cela la possibilité pour une fraction du matériel impacteur de pénétrer à l'intérieur de la planète impactée en fonction de la vitesse d'impact, de l'angle d'impact et de la taille de l'impacteur (Kendall et Melosh, 2016). Tous ces phénomènes vont donc modifier significativement les conditions de pression et de température à l'intérieur de la planète impactée et ainsi perturber les équilibres physico-chimiques entre les phases rocheuses présentes en profondeur.

L'objectif de ce projet est de caractériser le comportement mécanique et les conséquences thermo-chimiques lors d'un large impact sur la Terre primitive. Pour cela, nous contraindrons l'influence des paramètres d'impact (vitesse, angle, taille...) et des propriétés rhéologiques du corps cible (océan magmatique, manteau solide...) sur l'état post-impact. Les simulations numériques seront effectuées à l'aide d'un code de calcul (hydrocode iSALE, Fig.1) (*Si une connaissance approfondie de la programmation informatique n'est pas requise pour démarrer ce projet, le candidat devra cependant montrer un intérêt pour la modélisation numérique*). Ce projet offre donc une opportunité unique d'étudier les propriétés physico-chimiques de la Terre primitive pendant et immédiatement après un impact avec un planétésimal ou une autre protoplanète, en se concentrant sur le comportement des éléments volatils (C, H, N et S) avec l'objectif

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

principal de déterminer les rapports chimiques C / H, C / N et C / S dans le manteau primitif.

L'appauvrissement de l'azote dans le manteau terrestre est attribué à sa séquestration dans le noyau (Roskosz *et al.*, 2013). Il serait donc intéressant de pouvoir discuter des rapports C/H, N/H, ou C/N à la lumière de ce nouveau projet. Par exemple, le rapport $(H/C)^{BSE}$ de la Terre silicatée serait de 0.99 ± 0.42 bien supérieure à celui des chondrites (au maximum les chondrites ont un rapport de 0.55). Cette différence peut être la conséquence d'une séquestration plus importante du C dans le noyau en comparaison à celle de l'hydrogène, ou bien à un dégazage préférentiel du CO_2 par rapport à H_2O lors de l'impact géant qui a formé la lune. Les modélisations que nous proposons dans ce projet vont nous permettre de discuter quantitativement les différents modèles et de proposer/renforcer le ou les modèles cohérents et qui sont en accord avec les expériences et les données géochimiques. Ce projet apportera également des contraintes précieuses sur l'évolution précoce de l'atmosphère terrestre.

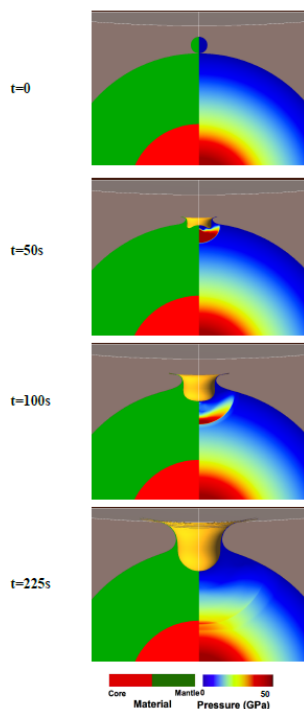


Figure 1 : évolution temporelle (de haut en bas) du champ de composition (gauche) et du champ de pression (droite) à l'intérieur d'une planète différenciée de la taille de Mars après un impact avec un bolide de 200 km de diamètre à 10 km/s. Ces résultats ont été obtenus par modélisation hydrocode iSALE (Monteux and Arkani-Hamed, 2019). Cette figure met en évidence la propagation de l'onde de choc à l'intérieur de la planète depuis le point d'impact jusqu'au noyau.

Références

- Kendall, J.D., Melosh, H.J., 2016. Differentiated planetesimal impacts into a terrestrial magma ocean: fate of the iron core. *Earth Planet. Sci. Lett.* 448, 24-33.
- Monteux J. and Arkani-Hamed J. (2019) Shock wave propagation in layered planetary interiors: Revisited. *vol. 331, p. 238-256, DOI:10.1016/j.icarus.2019.05.016.*
- Roskosz M., Bouhifd M.A., Jephcoat A.P., Marty B. and Mysen B.O. (2013) Nitrogen solubility in molten metal and silicate at high pressure and temperature. *Geochim. Cosmochim. Acta* 121, 15-28.