

**Titre de la thèse : Le comportement des Volatils (C, H, N et O) 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](mailto:ali.bouhifd@uca.fr) (04 73 34 67 72)

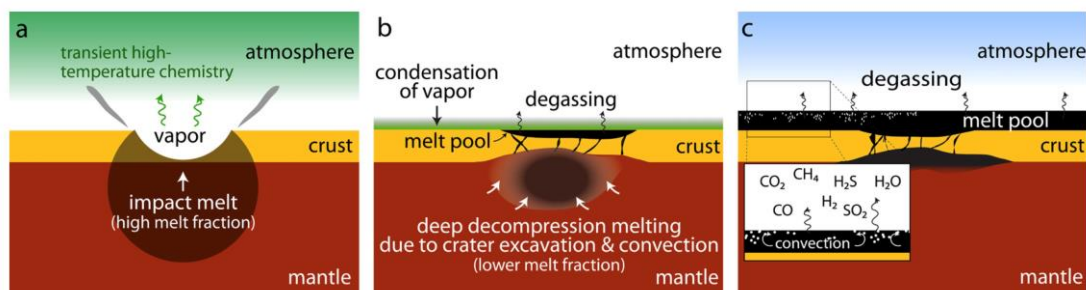
Co-encadrant éventuel : Julien MONTEUX [julien.monteux@uca.fr](mailto:julien.monteux@uca.fr) (04 73 34 67 38)

Unité de rattachement : Laboratoire Magmas et Volcans Etablissement

de rattachement : UCA

**Résumé :**

Les impacts météoritiques ont contribué à l'évolution de l'atmosphère primitive des corps telluriques en croissance en apportant du matériel au corps impacté, en dégazant du matériel profond (Fig. 1) et en érodant l'atmosphère préexistante. La compétition entre ces 3 phénomènes peut ainsi entraîner l'augmentation de l'épaisseur de l'atmosphère ou son érosion. L'efficacité du dégazage ou de l'érosion par impact est fonction de la vitesse d'impact ( $v_{imp}$ ), de la taille de l'impacteur ( $R_{imp}$ ), de la taille du corps impacté ( $R_p$ ), de la composition chimique et des propriétés rhéologiques (porosité, viscosité) des matériaux mis en jeu.



*Fig. 1: Schematic cross section through an impact-generated melt pool and subsequent outgassing (Marchi et al., 2014)*

Le dégazage par impact des éléments volatils est encore peu contraint et attribué à l'action combinée des hautes températures, à une amplification de la diffusion ou au développement de micro-fractures (Zhang, 2014). Comme la combinaison de ces mécanismes est peu connue, les lois d'échelles permettant d'obtenir la fraction de matériel dégazé par impact géant à partir d'expériences en laboratoires sur de petits volumes sont difficiles à obtenir. De plus, il existe encore de grandes incertitudes sur l'histoire accrétive des planètes et de la Terre notamment. Cependant, le partage des éléments volatils dans le manteau terrestre est aujourd'hui de mieux en mieux contraint et ce à hautes pression et hautes températures.

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

De plus, grâce à la modélisation numérique, on peut désormais décrire plus précisément les conséquences internes des gros impacts météoritiques (Ahrens et al., 1977, Pierazzo et al., 1997, Monteux et Arkani-Hamed, 2016, 2019). Les lois d'échelles obtenues à partir de modélisations hydrocodes montrent que la pression en dessous du point d'impact peut atteindre plusieurs dizaines de GPa sur des volumes comparables à celui de l'impacteur (Monteux et Arkani-Hamed, 2016). Ensuite l'augmentation de pression subie lors de la collision diminue rapidement en s'éloignant du point d'impact. Les paramètres d'accrétion ont ainsi pu jouer un rôle majeur sur l'évolution de l'épaisseur de cette atmosphère (Ahrens, 1993; Ahrens et al., 2004). Cependant, à l'heure actuelle, **aucun modèle quantitatif ne permet d'intégrer l'effet du dégazage du manteau, des gaz initiaux et des composés volatils produits par l'impact lors de l'accrétion des planètes** (Zhang, 2014).

Les objectifs de ce projet sont de **développer des modèles numériques** afin de contraindre l'évolution primitive de l'atmosphère et du manteau primitif terrestre et en particulier (1) de **suivre le matériel impacteur** au sein du matériel impacté, (2) de **contraindre l'évolution en éléments volatils dans le manteau** (C, H, N, O) pendant/après un impact et (3) de **proposer un modèle de composition en éléments volatils de l'atmosphère et du manteau primitifs** après l'accrétion de la Terre en fonction des propriétés de l'accrétion (taux, durée, tailles caractéristiques). Les simulations numériques seront effectuées à l'aide du modèle hydrocode iSALE particulièrement adapté à l'étude des impacts météoritiques (Monteux et Arkani-Hamed, 2016, 2019). En considérant des compositions chimiques réalistes, nous pourrions déterminer pour chaque impact le volume dégazé ainsi que sa composition. Nous serons ainsi en mesure de **suivre l'évolution de l'atmosphère primitive en termes de composition et d'épaisseur**. À la fin de ce projet, nous proposerons un modèle numérique dans lequel il sera possible de choisir les caractéristiques de l'accrétion de la Terre en termes de taille d'impacteurs, de vitesse d'impacts et de taux d'accrétion et de connaître les caractéristiques de l'atmosphère primitive générée par une telle accrétion. Les informations obtenues par ces modèles seront l'épaisseur mais aussi la composition de cette atmosphère en éléments tels que C, H, N, O et S.

### Références :

- Ahrens, T.J., et al., (1977), Pergamon Press, Elmsford, N.Y., pp. 639–656.  
Ahrens TJ (1993), Annual Review of Earth and Planetary Sciences 21: 525–555.  
Ahrens TJ et al. (2004), In: Shock Compression of Condensed Matter, Proceedings, pp.1419–1422.  
Marchi S, et al. (2014), Nature 511:578–582  
Zhang, (2014) in Treatise of Geochemistry, 2<sup>nd</sup> ed. Elsevier.  
Pierazzo, E., et al. (1997), Icarus 127, 408–423.  
Monteux, J., Arkani-Hamed, J., (2016), Icarus 264, 246–256.  
Monteux and Arkani-Hamed (2019), Icarus 331, 238-256.