

# Proposition de Module d'Ecole Doctorale : Année 2020-2021

Contact/responsable : Denis ANDRAULT (denis.andrault@uca.fr)

Titre court : **Faire une planète habitable**

Titre long : **Comment notre planète initialement hostile est devenue propice au développement de la vie**

## Intervenants prévus:

Denis ANDRAULT

Emilie BRUAND

Marion Garçon

Nicolas OLIVIER

Mohamed Ali BOUHIFD

Nathalie BOLFAN-CASANOVA

La Terre se distingue des autres planètes telluriques non seulement par la présence d'eau à sa surface, mais aussi parce qu'elle est la seule planète à posséder une dynamique interne active produisant un champ magnétique intense, la tectonique des plaques, du volcanisme, un cycle interne des éléments volatils, etc. La Terre est une planète vivante dont la surface est perpétuellement remodelée. Malgré la difficulté à retrouver des échantillons très anciens, de nombreux indices nous permettent de retracer les événements qui ont dominés l'histoire de la Terre. L'objectif de ce module est de présenter comment l'analyse des terrains anciens, les expériences sur les minéraux et les modélisations géodynamiques permettent de mieux comprendre l'avènement d'un environnement compatible avec le développement de la Vie.

L'enseignement comportera trois parties:

### "LA PLANETE JEUNE"

Les stades tardifs de l'accrétion terrestre ont été dominés par des impacts de grande taille, en particulier celui qui a donné naissance à la Lune. L'énergie libérée lors de ces impacts peut induire la fusion complète des corps planétaires. Nous montrerons comment l'expérimentation à hautes pressions et températures et la modélisation géodynamique permettent de simuler les processus de refroidissement et de cristallisation de l'océan magmatique, ainsi que la différenciation planétaire.

Le premier stade de refroidissement a été rapide (quelques  $10^3$  à  $10^4$  années), avec la cristallisation presque complète de l'océan magmatique. Il n'en reste pas moins qu'une quantité d'énergie énorme est restée stockée à l'intérieur de la Terre. Ceci a largement contribué à maintenir instable la surface de la planète pendant l'Hadéen et une partie de l'Archéen. Les magmas de type Komatiites produits à l'Archéen suggèrent un manteau  $\sim 300$  °C plus chaud que le manteau actuel. La chaleur accumulée très tôt dans la planète contribue encore aujourd'hui à sa dynamique interne.

### "GEODYNAMIQUE ET FORMATION DES CONTINENTS"

L'activité géologique de notre planète est actuellement gouvernée par le mouvement horizontal de plaques rigides. Depuis au moins  $2.5 \cdot 10^9$  années (Ga), la tectonique des plaques façonne la surface de la Terre à travers la présence de chaînes de montagnes, d'une activité sismique et volcanique. Aussi, la Terre recycle constamment de la croûte au niveau des zones de subduction. Mais de grandes questions se posent sur la dynamique de la Terre pendant

l'Archéen, entre 4 et 2.5 Ga avant aujourd'hui. Les magmas ont changé de composition chimique, d'un régime chaud à l'Archéen produisant une croûte continentale à base de Tonalite-Trondhémite-Granodiorite (TTG) vers une terre plus froide produisant principalement des magmas calco-alcalin. Cet effet a été interprété comme un changement majeur de la géodynamique terrestre correspondant aux débuts de la tectonique des plaques.

Cependant, de nombreuses incertitudes subsistent sur les conditions physiques de la terre primitive (composition de la croûte, régime géodynamique) car les indices géologiques à cette période sont extrêmement rares. Nous aborderons l'évolution dynamique de la Terre via l'analyse d'échantillons terrestres et décrirons les différents débats actuels sur les débuts de la tectonique des plaques. Nous verrons également les différences crustale et dynamique entre la Terre, la Lune, Mars et Vénus.

#### " ENVIRONNEMENTS ARCHEENS ET TRACES DE VIE PRIMITIVE "

Ce n'est que 100 à 150 Ma après l'accrétion de la Terre que les premiers continents ont commencé à se former à partir des premiers magmas différenciés. Il est probable que l'eau liquide se trouvait déjà à la surface de la planète. Par l'analyse d'échantillons exceptionnels dans des vieilles roches sédimentaires connues à la surface de notre planète, nous verrons avec quelles méthodes et comment ces roches, datées entre 3,5 à 2,5 Ga, permettent de reconstituer ces paléo-environnements et d'obtenir des indices sur les traces de vie primitive. Aussi, nous décrirons comment la Vie archéenne a pu influencer la nature et la composition des enveloppes externes de notre planète, par exemple la grande oxygénation de l'atmosphère il y a ~2.5 Ga.