**Transformations physico-chimique et structurale sous choc de minéraux hydratés et application aux transports d’eau par impacts de météorites**

**Contexte :**

Les impacts à très grande vitesse ou hypervéloces (Impact Hyper Véloce, IHV) sont des impacts caractérisés par des vitesses allant entre 8 et 70 km/s et qui induisent des ondes de choc de très hautes pressions (jusqu’à 100 GPa).En géoscience, les impacts hypervéloces sont au cœur de questionnements emblématiques liés par exemple aux impacts géants comme celui entre la Terre et un astre de la taille de Mars. Celui-ci aurait entraîné la formation de la Lune et modifié l’évolution de notre planète. **Quels sont les bilans chimiques, minéralogiques et organiques associés ?** La présence d’eau sur Terre, qui se situe pourtant dans une région sèche du système solaire, peut-elle être expliquée par impact météoritique, comme suggéré par la récente détection d’eau moléculaire dans des cratères lunaires [Honnibal2020, Daly2018].

Jusqu’à présent, un verrou principal aux avancées scientifiques dans ces domaines était l’impossibilité de reproduire de manière contrôlée et instrumentée des essais de laboratoire dans la gamme de grandes vitesses (8-70Km/s). Sur Terre, l’une des voies pour reproduire des chargements thermomécaniques équivalents repose sur le choc produit par laser. L’**analogie IHV et chocs induits par laser** a été proposée par Pirri [Pirri 1977]. Lorsque l’on focalise un laser de haute intensité (ns, 100-1000J) à la surface d’un matériau, il se produit un plasma très chaud et de haute pression (1-100 GPa). Par réaction à sa détente, une onde de choc se propage dans le matériau. Depuis quelques années, les nouvelles technologies laser permettent de façonner temporellement (1-100ns) et spatialement (tâche focale de diamètre 0,2-5mm) les impulsions laser et ainsi reproduire des chargements de pression équivalents à des impacts de projectiles [Thèse B. Aubert 2018].

L’intérêt majeur de l’utilisation des lasers est qu’ils permettent d’étendre les gammes de vitesses d’impacts étudiées mais aussi de bénéficier d’une instrumentation *in-situ* et *in-operando*. De plus, les échantillons peuvent être récupérés pour des analyses post-mortem. L’enjeu de cette thèse sera de mettre à profit ces nouveaux développements expérimentaux pour étudier le transport de l’eau lors d’impacts météoritiques.

**Objectif de la thèse - Que devient l’eau contenue dans minéraux hydratés pendant l’expérience de choc et quel est le transfert d’eau global après le choc ? Comment la teneur en eau influence le comportement du matériau sous choc ?**

Ce sujet de thèse consistera à étudier le devenir de l’eau contenu dans des minéraux hydratés dans des conditions d’impacts hypervéloces. La méthodologie à développer pour cette étude sera établie en étudiant la silice, un matériau déjà référencé sous choc [Thèse C. Dereure 2019]. On s’intéressera ici à l’évolution de la densité des matériaux et aux variations de leur taux d’hydratation. La thèse consistera à :

- Analyse des échantillons avant et après expérience de choc : caractérisation de l’hydratation et collecte des débris (Spectroscopie Raman et Infrarouge, Microscopie Électronique à Balayage (MEB et TEM) et par diffraction X à l’IPR et l’IMPMC)

- Expériences d’impacts hyper-véloces sur diverses installations nationales et internationales, équipées de diagnostics *in-situ* tels que VISAR, ombroscopie, diffraction et absorption X : (lanceurs, lasers HERA et LULI2000 du LULI, synchrotron ESRF, lasers à électrons libres du EuXFEL ou SACLA).

**Compétences recherchées :**

Le ou la candidate doit avoir un niveau bac+5 dans l’un des domaines suivants :

* Science de matériaux
* Physico - chimie
* Physique de la matière condensée

Compétences requises parmi les suivantes :

* Curiosité et intérêt pour la multidisciplinarité
* Rigueur et esprit de synthèse
* Sens de l’organisation
* Sens de la communication et capacité de travail en équipe
* Autonomie dans le travail

Seraient un plus :

* Connaissance en Mécanique des chocs
* Connaissance d’une ou plusieurs des techniques d’analyse suivante : Spectroscopie IR, spectroscopie Raman, diffraction X, absorption X, microscopie électronique.
* Maîtrise du langage python
* Bon niveau d’anglais écrit et parlé,

**Financement :**

Le ou la candidate intégrera l’équipe “Dynamique Choc Impact” de l’IPR au sein du département mécanique et verres et ce projet s’inscrit dans **l’ANR SICLAMEN** portée par les laboratoires IPR, IMPMC, CEA et LULI. <https://anr.fr/Projet-ANR-22-CE08-0010>

Possibilité de missions d’enseignement (max 64h d’enseignement par année dans les formations de l’université de Rennes)

**Encadrement :**

Jean-Pierre Guin, Didier Loison (IPR - Université de Rennes)

Marion Harmand (IMPMC - Université Sorbonne)

**Lieu de thèse :** IPR - Université de Rennes, Campus de Beaulieu

**Début de la thèse :** 1er Octobre 2023

**Pour tout renseignement :** envoyer un email à [didier.loison@univ-rennes.fr](mailto:didier.loison@univ-rennes.fr), [Jean-pierre.guin@univ-rennes.fr](mailto:Jean-pierre.guin@univ-rennes.fr), [marion.harmand@cnrs.fr](mailto:marion.harmand@cnrs.fr)

**Pour candidater**: remplir le dossier de candidature sur le site de l’école doctorale S3M Science de la Matière, Molécule et Matériaux parmi les sujets de l’IPR : UMR 6251 - INSTITUT DE PHYSIQUE DE RENNES

<https://theses.doctorat-bretagneloire.fr/s3m/campagne-2023>

Le dossier doit contenir un seul document comprenant

* Un curriculum vitae détaillé
* Une lettre de motivation
* Une copie du relevé de notes de Master 1 et Master 2 (1er semestre) avec indication du rang de classement (si connu)

**Date limite de candidature : 16 Juin 2023**