

Proposition de Thèse – ED 391 – 2014

Unité de recherche (nom, label, équipe interne): Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés, UMR 7590

Adresse : 13/23, étage 3, UPMC (75005 Paris)

Directeur de l'Unité : G. Fiquet

Etablissement de rattachement : UPMC

Nom du directeur de thèse (HDR), téléphone et courriel : F. Decremps, frederic.decremps@upmc.fr, tel : 01 44 27 45 16

Nombre de thésards actuellement encadrés et années de fin de thèse: 0

Co-encadrant éventuel : D. Antonangeli

Titre de la thèse: Elasticité sous conditions extrêmes du fer pur et ses alliages par technique d'acoustique picoseconde en cellule à enclumes de diamant

Description du projet:

La détermination des effets de pression sur la propagation du son dans les milieux denses, fluides ou solides, est cruciale en physique (potentiel d'interaction, mécanisme de transition de phase, couplage électron-phonon, élasticité, stabilité, dureté) ou en géophysique et planétologie (validation/contraintes de modèles de l'intérieur de planètes).

L'expérimentation visant à contraindre les propriétés élastiques des matériaux à haute pression et/ou température est un réel défi, surtout dans le cas critique d'échantillons métalliques. Actuellement, une recherche intense est effectuée pour améliorer les techniques classiques et développer de nouvelles approches. Dans ce cadre, nous proposons ici une thèse concernant la mesure de la vitesse du son du fer et de ses alliages sous très haute pression (Mbar) par une technique de laboratoire innovante de type laser pompe-sonde femtoseconde en cellule à enclumes de diamant. Cette technique, unique au monde, est aujourd'hui opérationnelle pour l'étude des liquides denses et des monocristaux. Sa mise en œuvre demande cependant encore un travail de nature technique et d'interprétation dans le cas des agrégats polycristallins comme la plupart des alliages de fer synthésés en laboratoire.

Cette thèse a donc un premier volet expérimental, impliquant l'acoustique picoseconde et les techniques de génération haute pression. Le deuxième volet est de caractère plus théorique et nécessitera un travail de modélisation pour contraindre la propagation des trains d'onde ultracourt dans des milieux homogènes et inhomogènes (diffusion au bord de grains, effets de texture etc.).

En parallèle, le ou la candidate travaillera sur la détermination de la densité de ces échantillons par diffraction de rayons X, soit en laboratoire, soit en grand instrument (synchrotron).

Les résultats de ce travail seront discutés en couplant les points de vue physique (propriétés élastiques des métaux, équation d'état, effet de grains sur la plasticité des matériaux) et géophysique (comparaison avec les modèles sismiques, composition chimique du noyau terrestre, noyau de la lune et de planètes telluriques telles que Mercure, Venus et Mars).

L'argument « planétologie » est en effet ici très fort. Basées sur la comparaison entre modèles sismiques de la Terre et mesures de vitesses du son par ondes de choc, Birch le premier a proposé (début 1950) que le noyau terrestre était principalement composé de fer, de nickel ainsi que d'éléments « légers ». Les abondances cosmologiques, les affinités chimiques et des considérations sur leur volatilité indiquent que Si, O, C et S sont les candidats les plus relevant, sans que l'on ne connaisse encore dans quelles proportions. Dans la plupart des cas, l'élasticité des alliages de fer à haute pression n'a été jamais mesurée, et les calculs sont limités aux matériaux de chimie simple.

Connaissances et compétences requises : Bonnes connaissances en physique des solides. Expertises en acoustique et/ou techniques d'hautes pressions sont désirables, mais pas nécessaires. Motivation pour le travail à l'interface physique/science des matériaux/géophysique.