

**Sujet : Polymorphisme et fusion dans l'étain sous sollicitations dynamiques : analyses macroscopique et cristallographique.**

**Contexte :**

La connaissance de plus en plus détaillée du comportement dynamique des matériaux, et en particulier des changements de phase des métaux sous très fortes sollicitations dynamiques, est une des priorités techniques du CEA/DAM. Les expérimentations sous choc classiques, réalisées à partir de lanceurs de laboratoire, ont été progressivement complétées par des expériences en régime de compression quasi-isentropique à l'aide de générateurs électriques de Hautes Puissances Pulsées (HPP). Classiquement, le chargement dynamique du matériau étudié était généralement effectué à partir de la température ambiante. Cependant, comprimer un échantillon à partir de différents pôles initiaux en température permet d'élargir considérablement le champ des investigations. C'est dans cet objectif que des systèmes permettant de préchauffer des matériaux métalliques ont été récemment développés en tenant compte des contraintes associées au fonctionnement des lanceurs et des générateurs HPP. Ils seront expérimentés dans la perspective d'explorer le diagramme de phase de l'étain (phases solides  $\beta$ ,  $\gamma$  et liquide). Les différents temps de sollicitations dynamiques permettront en plus de mieux appréhender les cinétiques de transition de phase. Pour compléter les mesures classiques de température et de vitesse, qui permettent de déterminer des données thermodynamiques macroscopiques, des techniques permettant d'accéder, par diffraction de rayonnement X, à la structure cristallographique, sont apparues depuis les vingt dernières années dans différents laboratoires mondiaux. Le CEA/Gramat a conçu un nouveau type de générateur X spécifique capable de produire un rayonnement X intense, et très localisé, au croisement de fils de matériaux métalliques explosés par un courant électrique pulsé. Des premiers résultats prometteurs, obtenus lors d'une thèse précédente, ont permis d'accéder pour la première fois à la structure cristallographique de l'étain sous choc. D'autres expérimentations sont à prévoir pour étudier en particulier les phases  $\gamma$  et liquide sous pression en fonction des orientations cristallines.

**Objectif de la thèse :**

La thèse consistera à explorer le diagramme de phase de l'étain sous pressions intenses, en mettant en œuvre les dispositifs de préchauffage adaptés sur les lanceurs et générateurs HPP, ainsi que le diagnostic de diffraction X spécifiquement développé pour l'analyse cristallographique. Le travail consistera à concevoir, optimiser le dimensionnement, et réaliser les expériences instrumentées, et à mener des comparaisons croisées avec les résultats numériques issus de codes de simulation numérique hydrodynamique.

Elle devra permettre de préciser les mécanismes de changements de phase solide-solide, solide-liquide de l'étain au niveau cristallographique à travers diverses expérimentations sous choc et devra permettre de compléter des essais précédemment réalisés dans les trois domaines d'intérêt phases solides  $\beta$ ,  $\gamma$  et liquide. En complément, il s'agira de valider les outils de simulation multiphases du CEA/Gramat, en permettant de reproduire ces changements de phase et de comparer les taux de phases en comparaison à d'autres simulations de type moléculaire.

**Déroulement de la thèse :**

La thèse sera basée principalement au CEA/Gramat, en partenariat direct avec l'institut PPrime de l'université de Poitiers, et débutera par une analyse bibliographique des travaux expérimentaux et des simulations antérieures.

Le (la) doctorant (e) devra ensuite acquérir la maîtrise du fonctionnement des systèmes de préchauffage, des diagnostics déjà implantés sur les moyens lanceurs et HPP, du moyen de diffraction X, ainsi que des différentes techniques de traitement et d'analyse des clichés de diffraction X et des signaux de vélocimétrie Doppler. Puis, Il s'agira de mettre en œuvre les dispositifs de préchauffage sur lanceur et générateur ICE16, de dimensionner et de réaliser des expériences autour de ce dispositif, sur toute la gamme de température souhaitée, afin de valider son fonctionnement dans différentes configurations expérimentales, et de solliciter la matière suivant différents chemins thermodynamiques pour atteindre différentes phases. Des comparaisons expérience/simulation seront également réalisées dans le but de développer et de valider la capacité à reproduire les mécanismes de changement de phase à l'échelle macroscopique dans le code Unidim du CEA Gramat et à l'échelle moléculaire avec les codes du CEA et de l'institut PPrime. Des expérimentations similaires menées sur de grandes installations de type synchrotron comme l'Advanced Photon Source (APS) à l'Argonne National Laboratory (USA), ou l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) ou de type laser comme le LULI (Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses) pourraient également être réalisées et analysées avant la rédaction du mémoire de thèse.

**Domaine de compétence du référentiel CEA :**

Matériaux, Physique du Solide

**Spécialité du référentiel CEA :**

Comportement dynamique des matériaux

**Directeur de thèse et école doctorale :**

De Résséguier Thibaut

Thibaut.de-resseguier@ensma.fr

ED 522 SI-MMEA Université de Poitiers

**Contacts :**

Chauvin Camille

CEA/Gramat – BP80200 46500 Gramat

Tél. : 05 65 10 55 68 – camille.chauvin@cea.fr