

Intitulé du sujet : **Simulation numérique des procédés de compaction et de frittage de poudres d'oxydes uranifère et plutonifère**

Début de la thèse prévu pour : octobre 2020

Laboratoire : [SIMaP](#)

Partenaire industriel : Orano

Sur le site de MELOX, la société Orano réalise la fabrication de pastilles céramiques de combustible MOX (oxyde mixte d'uranium et de plutonium). La fabrication comprend tout d'abord les étapes de broyage de poudres UO_2 , PuO_2 et chamotte, dit mélange primaire. Le mélange primaire est dilué avec une poudre UO_2 à une teneur cible en plutonium, selon un procédé dit MIMAS (Micronized MASTer Blend). Ce mélange dit secondaire, est homogénéisé et mis en forme par pressage uni-axial double effet, avant l'étape de densification par frittage sous atmosphère contrôlée. Après rectification et contrôles qualité, ces pastilles sont engainées dans des tubes, soudés et assemblés en faisceau régulier pour constituer un assemblage MOX qui sera chargé en REP (Réacteur à eau pressurisé) pour produire de l'électricité.

L'objectif général de la thèse est de développer un outil de simulation numérique simple et robuste dédié à la compaction des mélanges de poudres et à leur frittage et utilisable à terme par les ingénieurs procédés d'Orano pour appréhender la variabilité du procédé décrit ci-dessus. Le développement s'appuiera sur le code dédié à la recherche [dp3D](#) et sur les données expérimentales collectées par Orano. Même si le sujet de thèse concerne la compaction et le frittage des poudres uranifère et plutonifère, il permettra d'aborder plus généralement la simulation numérique des procédés de mise en forme des poudres avec de multiples applications possibles (carbures, poudres composites, fabrication additive, ...). La thèse se déroulera essentiellement au laboratoire SIMaP à [l'Univ. Grenoble Alpes](#).

Il s'agira tout d'abord de comprendre le process industriel mis en jeu à Orano pour la fabrication des comprimés. Il faudra ensuite s'approprier le code de simulation discret dp3D. L'originalité des codes de simulation discrète (Discrete Element Method, DEM) est de prendre en compte de manière explicite la nature granulaire donc discrète du matériau à mettre en forme. Chaque agglomérat (quelques dizaines de μm) du comprimé est simulé ainsi que ses interactions mécaniques avec ses voisins. Lors de la phase de compaction, qui constitue le centre de la thèse, ces interactions sont de type élastique ou plastique. Ces lois d'interactions nécessaires à la thèse sont déjà implémentées mais il s'agira de simuler correctement la cinématique de la compaction (charge, décharge et éjection) avec une géométrie représentative du comprimé industriel. Les principaux défauts qui peuvent apparaître lors de ces étapes (gradients de densité liés aux frottements poudre/matrice, endommagement et déformation du comprimé lors de sa décharge élastique), devront être reproduits. La composition du composite joue un rôle important et l'un des buts de la thèse est d'anticiper l'influence des proportions et des propriétés de chaque constituant sur le comportement au pressage. Les simulations seront comparées de manière critique aux données expérimentales déjà existantes. Quelques observations expérimentales complémentaires pourront être nécessaires. Dans la dernière partie de la thèse, le module de frittage du code dp3D sera utilisé avec les lois de frittage (coefficients de diffusion et énergies de surface) transmises par Orano, pour investiguer sa capacité à reproduire correctement les changements de forme du comprimé.

Profil du candidat recherché :

Cette offre de thèse s'adresse à un étudiant de Master2/école d'ingénieur dans le domaine de la mécanique et/ou des matériaux. Une expérience dans l'utilisation des techniques de simulation numérique et/ou du développement en numérique sera appréciée.

Salaires : 2300€ brut mensuel + prime fin de contrat CDD. Le doctorant sera embauché par INPG SA

Contact : Christophe.Martin@grenoble-inp.fr