

Sujet : Modélisation micromécanique de l'endommagement d'un matériau viscoplastique poreux par une approche cohésive-volumique : application à l' UO_2 irradié

Thématiques : sciences de l'ingénieur ; physique

Mots clés : micromécanique, combustible, endommagement

Laboratoire IRSN : Laboratoire de physique et de thermomécanique des matériaux (LPTM) – Cadarache (13) et LMGC – Montpellier (34)

Description : Ce sujet s'inscrit dans le cadre des recherches menées à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) concernant le comportement du combustible nucléaire UO_2 lors de transitoires accidentels de puissance dans les réacteurs à eau sous pression. L'objectif appliqué est d'améliorer les prédictions du code SCANAIR développé à l'IRSN et destiné à la simulation numérique simplifiée des crayons de combustible nucléaire en situation d'accident d'insertion de réactivité (RIA). Les améliorations visées ici concernent le comportement thermomécanique tridimensionnel de l' UO_2 sous chargements complexes. Les principaux défis scientifiques de cette thèse concernent la modélisation et la simulation numérique de l'endommagement des milieux hétérogènes et de leur multi-fragmentation sous chargement dynamique en transitoire thermique rapide.

Cette thèse s'intéresse au comportement en RIA d'un fragment de pastille de combustible UO_2 irradié. En RIA, du fait des évolutions de température, le matériau peut passer localement successivement par des états où son comportement est fragile, puis ductile (champ de température très hétérogène et très variable dans le temps en situation de RIA). Une modélisation particulière de ce matériau doit donc être envisagée, vis-à-vis de son comportement mécanique, selon la température. De nombreux modèles de zones cohésives (ZC) existent dans la littérature pour la simulation de la rupture fragile. Pour la simulation de l'endommagement ductile, une approche originale par modèle de zones cohésives est proposée dans le cadre de la thèse de N. B. Nkoumbou Kaptchouang (thèse IRSN avec le LMGC, soutenance prévue en 2019). Cette approche consiste à synthétiser, sous la forme d'un modèle cohésif, un modèle d'endommagement ductile volumique de type « GTN » (modèle poro-mécanique de type Gurson). Le nouveau modèle micromécanique ZC/GTN analytique mis au point a été implémenté dans le code de calcul XPER, dédié à la fragmentation dynamique des milieux hétérogènes sous chargements thermodynamiques. Il couple la méthode des éléments finis aux modèles de zones cohésives dans une approche multi-corps. La problématique scientifique principale du présent sujet de thèse consiste à étendre ce nouveau modèle ZC/GTN aux situations de sur-fragmentation et de dynamique rapide du combustible, avec en particulier :

- La prise en compte d'un effet « vitesse » : le modèle actuel ZC/GTN est un modèle purement plastique. Il conviendrait de l'étendre à un comportement viscoplastique afin de modéliser l'effet de la vitesse de chargement sur le comportement du matériau.
- La prise en compte d'un comportement différent en traction et en compression. Ces deux améliorations envisagées permettraient d'obtenir un nouveau modèle cohésif plus complet et plus adapté aux céramiques poreuses telles que l' UO_2 . L'application visée concerne la simulation du gonflement-fissuration d'un fragment de combustible UO_2 irradié en RIA.

Compétences et diplôme demandés : Diplôme de Master 2 ou d'école d'ingénieur. Compétences en mécanique des solides, programmation, mathématiques appliquées. Âge limite : 26 ans sauf dérogation.

Tuteur : Pierre-Guy VINCENT

Contact : Pierre-Guy VINCENT, pierre-guy.vincent@irsn.fr

IRSN

PSN-RES/SEMIA/LPTM

BP3

13115 Saint-Paul-lez-Durance CEDEX