

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modèles de champs de phase pour la rupture dynamique en présence de non-linéarités matériau

Référence : **MAS-DMAS-2026-11**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2026

Date limite de candidature :

Mots clés

Méthode de champs de phase (Phase-Field), Dynamique rapide, Code de simulation explicite, rupture ductile

Profil et compétences recherchées

Formation à dominante mathématiques appliquées, Méthodes numériques, Mécanique des matériaux et structures, Connaissance d'un langage de programmation (Python ou autre), Une première expérience dans un organisme de recherche sera valorisée

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'ONERA est un centre de recherche aéronautique et spatial placé sous la tutelle du ministère français des Armées, qui prépare la défense de demain, répond aux défis aéronautiques et spatiaux du futur et contribue à la compétitivité de l'industrie aérospatiale. Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est un organisme de recherche financé en partie par l'État, dédié aux industries de l'énergie (notamment le nucléaire), de la défense et à diverses technologies.

Pour ces deux institutions, la conception de pièces critiques exige de prendre en compte leur comportement sous sollicitations extrêmes — amerrissage d'urgence, crash, explosion, ou perte de fluide caloporteur dans les tuyauteries de centrales nucléaires. Cette conception s'appuie sur des simulations numériques, pour lesquelles la connaissance du comportement des matériaux en régime dynamique est déterminante. En effet, lors de sollicitations rapides et fortement énergétiques, la fissuration se développe à des échelles de temps très courtes: la propagation des ondes modifie l'état de contrainte local et oriente les trajectoires de fissures. La modélisation et la simulation, par éléments finis, de la ruine des structures demeurent un défi numérique majeur, mobilisant à la fois la formulation des modèles, leur identification paramétrique et leur validation par confrontation à des campagnes d'essais expérimentaux fortement instrumentés. En ce qui concerne la modélisation, les modèles à gradient d'endommagement constituent de bons candidats pour éviter la dépendance anormale de la solution au maillage éléments finis. Parmi les modèles à gradient d'endommagement, les modèles de type Phase-Field Fracture (ou approche variationnelle de la rupture) sont issus d'un cadre énergétique permettant le contrôle de l'énergie dissipée par la fissuration. Dans le cadre de leurs applications respectives, le CEA et l'ONERA s'intéressent à ces modèles pour la prévision de la ruine des structures, une thèse cofinancée par les deux organismes et soutenue en 2025 a contribué à l'extension des modèles de Phase-Field au cadre de la dynamique rapide. Cette extension nécessite d'introduire des paramètres additionnels dans les équations dont l'origine physique ainsi que l'identification restent pour l'instant délicates à établir.

Par ailleurs, le cadre actuel de modélisation se restreint à celui des matériaux fragiles, et la prise en compte du comportement non-linéaire s'avère nécessaire pour traiter une plus grande variété de problème, comme la rupture ductile sous l'effet de la plasticité. Il existe à ce jour peu de modèle de Phase-Field permettant de simuler la rupture de matériaux présentant ce type de comportement dans un cadre de résolution totalement explicite, adapté à la dynamique rapide.

Après une phase bibliographique, le candidat se familiarisera avec les modèles de Phase-Field et les méthodes de résolution spécifiques dans le cadre d'une intégration temporelle explicite. Un cadre théorique pour la prise en compte des non-linéarités matériau sera développé et servira de base pour l'implantation dans un code de dynamique rapide de nouvelle génération développé au CEA. Une analyse numérique sera par la suite réalisée pour statuer sur la robustesse de l'approche, étudier l'influence des paramètres sur le pas de temps critique conditionnant la stabilité des simulations et des stratégies spécifiques pourraient être développées à cet effet. Enfin, il est envisagé de s'appuyer sur des données expérimentales riches mettant en œuvre des mesures optiques de champs cinématiques pour proposer une identification des paramètres de l'approche développée.

Collaborations envisagées

Ce sujet de thèse fait l'objet d'une collaboration entre le CEA et l'ONERA

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Lille

Contact : Jérémie Germain et Thomas Fourest

Tél. :

Email :jeremy.germain@onera.fr, thomas.fourest@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Djimedo Kondo

Laboratoire : Institut Jean Le Rond d'Alembert, Sorbonne université,

Tél. :

Email :djimedo.kondo@sorbonne-universite.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>