



Offre de thèse en mécanique

Sujet : Étude de la sensibilité de formulations énergétiques : influence de la microstructure et rôle de l'endommagement

Contexte : La sensibilité au choc d'un explosif est souvent étudiée dans le but d'améliorer la sécurité des explosifs. De nombreuses études expérimentales ont mis en évidence un lien entre la sensibilité au choc des explosifs et leurs caractéristiques microstructurales. Néanmoins, les mécanismes à l'œuvre lors de l'initiation de l'explosif restent mal compris, en particulier le rôle exact de l'endommagement mécanique, de la présence de défauts intra/extra-granulaires ou la morphologie des particules.

L'ISL (Institut de recherches franco-allemand de Saint-Louis) et le CEA Gramat ont démarré en 2015 une collaboration sur cette thématique. Des formulations explosives de « RDX » et cire (70:30) avec différentes caractéristiques physiques (porosités intra-granulaire et extra-granulaire, différentes formes de particules) ont été réalisées à l'ISL et analysées au CEA Gramat par microtomographie. Des travaux expérimentaux menés à l'ISL ont permis de montrer qu'une diminution des défauts intra-granulaires de RDX entraîne une réduction de la sensibilité au choc mais aussi que la morphologie des grains influence la sensibilité à l'amorçage de ces matériaux énergétiques. Cela souligne le rôle du comportement mécanique sous choc du matériau. D'autre part, le Centre de Morphologie Mathématique (CMM) développe depuis 2014, des outils de modélisation numérique permettant de simuler des microstructures virtuelles représentatives et d'en prédire le comportement à l'aide de calculs micromécanique par méthodes spectrales. Le CMM est également un laboratoire de référence dans le domaine de l'analyse et du traitement d'images.

Une étude numérique a par ailleurs débuté au CEA et à l'ISL pour étudier ces phénomènes en utilisant des microstructures idéalisées. Le but final est d'intégrer une microstructure réelle (issue des images de microtomographie) dans le modèle numérique.

Objectif de la thèse :

Le travail de thèse permettra de mieux comprendre, à l'aide de modèles et de simulations numériques s'appuyant sur des données expérimentales, l'évolution de l'endommagement microstructural en fonction de la morphologie des explosifs et des conditions de sollicitation. Ceci est un sujet primordial pour le domaine de la sécurité pyrotechnique ainsi que pour l'étude de la transition choc-détonation.

D'une part, des essais spécifiques seront dimensionnés et réalisés sur des matériaux énergétiques présentant des microstructures différentes afin d'étudier l'endommagement local provoqué par un chargement dynamique. D'autre part, il s'agira de mettre en place et de valider les outils de simulation à l'échelle mésoscopique permettant de reproduire ces endommagements locaux. Ces simulations numériques s'appuieront sur des microstructures virtuelles, pour étudier l'influence des paramètres morphologiques, mais également sur des géométries réelles extraites des analyses tomographiques.



Déroulement de la thèse :

L'étudiant débutera son travail de thèse au Centre de Morphologie Mathématique de l'école des Mines de Paris (localisé à Fontainebleau). Puis dans un second temps il poursuivra ses travaux numériques au Centre d'étude du CEA de Gramat (Lot). Par ailleurs, l'étudiant réalisera la plupart de ses travaux expérimentaux à l'Institut de recherches franco-allemand de Saint-Louis (ISL). Les étapes suivantes constituent les grandes lignes des travaux à réaliser :

- Une bibliographie approfondie sera réalisée afin d'analyser les travaux expérimentaux décrivant les mécanismes d'endommagement dans des composites chargés comparables (traces de plasticité, fracturation des grains). On établira de plus une analyse critique des approches de simulation multi-échelles publiées dans la littérature.
- Réalisation et caractérisation des matériaux d'études, en incluant la caractérisation des constituants.
- Analyse de ces composites par microtomographie et utilisation de méthodes de traitement d'images permettant d'extraire les caractéristiques morphologiques de ces matériaux.
- Dimensionnement et réalisation d'expérimentations d'impact à des niveaux permettant la récupération et l'analyse du matériau partiellement endommagé.
- Développement et validation des outils de simulation à l'échelle mésoscopique dans le but de rendre compte des niveaux d'endommagement relevés expérimentalement.
- Étude phénoménologique de l'influence de la morphologie ou des défauts à l'aide, notamment, de microstructures virtuelles.

Directeur de thèse et école doctorale : Petr Dokladal, L'école doctorale 432 "Sciences des Métiers de l'Ingénieur". Le travail du doctorant sera de plus supervisé par B. Erzar (CEA), F. Willot (Mines), J. Corbel (ISL), L. Borne (ISL).

Pré-requis pour candidater en thèse :

Un excellent niveau scientifique et de solides compétences en mécanique ou mathématiques appliquées sont nécessaires. Le candidat sera titulaire d'un diplôme national de master ou diplôme d'ingénieur ou d'un autre diplôme conférant le grade de master. Une première expérience scientifique (stage de recherche) sera très appréciée. Un bon niveau d'anglais et une grande motivation pour la recherche.

Joindre CV, relevés de notes et tout autre document pertinent (lettre de recommandation, rapport de stage ou de projet).

Contact :

CEA : benjamin.erzar@cea.fr – CEA/DAM/Gramat - 05 65 10 54 32

ISL : justine.corbel@isl.eu – ISL Saint Louis – 03 89 69 51 43

MINES: francois.willot@ensmp.fr – Mines CMM – 01 64 69 48 07