

Sujet de thèse 2024 sur concours contrat doctoral UL

Ecole doctorale C2MP

Spécialité : *Mécanique des matériaux*

Dynamique des microfissures dans la rupture rapide des matériaux fragiles : études avec modèles d'endommagement multi-échelles

Mots-clés : Rupture dynamique, microfissuration, homogénéisation asymptotique, modèles d'endommagement, simulations numériques.

L'analyse des marques coniques observées sur les surfaces de rupture dynamique dans des matériaux polymères fragiles met en évidence la propagation des microfissures à des vitesses inférieures à celles du front macroscopique et indépendantes du chargement [1]. La rupture rapide de ces matériaux est la conséquence d'un effet collectif de propagation et coalescence des microfissures.

Pour la modélisation de ce comportement il est nécessaire d'avoir une description à deux échelles du processus de rupture distribuée. Les modèles d'endommagement obtenus par homogénéisation à partir d'une distribution de fissures en évolution [2-5] permettent le calcul des vitesses microscopiques. Dans une étude récente [7], basée sur un modèle bi-dimensionnel, cet effet collectif a été montré pour la rupture en mode de cisaillement, lors de la transition sub-Rayleigh-supershear [6].

L'objectif principal de la recherche est l'étude de la dynamique des microfissures pendant la rupture rapide des matériaux fragiles par des modèles d'endommagement obtenus à partir des distributions localement périodiques de microfissures penny-shaped [5]. Ce type de microstructure correspond à la physique et aux méthodes d'analyse des marques coniques [1]. Le développement des modèles sera fait par homogénéisation asymptotique et des simulations 3D de rupture dynamique seront effectuées pour retrouver les résultats expérimentaux. Des comportements spécifiques, comme l'apparition des instabilités de micro-branchement [3], seront aussi examinés en lien avec l'évolution à l'échelle de la microstructure.

On considérera également le mode de rupture en cisaillement pour établir le lien avec la propagation des microfissures dans un cadre tridimensionnel. Une attention particulière sera donnée à la transition vers des vitesses du front macroscopique supérieures à la vitesse des ondes de cisaillement. On montrera que la rupture en régime supershear est également un effet collectif de propagation sous-Rayleigh et de coalescence des microfissures. Le projet de recherche permettra ainsi une caractérisation globale, pour les différents modes, de la dynamique de microfissuration pendant la rupture rapide des matériaux fragiles.

Références

- [1] Guerra, C., Scheibert, J., Bonamy, D., Dalmas, D. 2012. Understanding fast macro-scale fracture from microcrack post-mortem patterns, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, 390-394.
- [2] Keita, O., Dascalu, C., François B., 2014. A two-scale model for dynamic damage evolution. J. Mech. Phys. Solids. 64, 170-183.
- [3] Dascalu, C., 2018. Multiscale modeling of rapid failure in brittle solids: branching instabilities. Mech. Mater. 199, 2765-2778.

- [4] Atiezo, M.K., Gbetchi, K., Dascalu, C., 2020. Dynamic shear damage with frictional sliding on microcracks. Engng. Fract. Mech. 23, 107188.
- [5] Dascalu, C., 2023. A damage law for dynamic failure in brittle solids with penny-shaped microcracks, J. Dynamic Behavior Mater. <https://doi.org/10.1007/s40870-023-00395-6>.
- [6] Rosakis, A. J., O. Samudrala, and D. Coker, 1999. Cracks Faster Than the Shear Wave Speed. Science, 284, pp. 1337-1340.
- [7] Dascalu, C., 2024. Supershear rupture with a two-scale damage model, Engng. Fract. Mech. 295, 109783.

Encadrement :

Cristian DASCALU, Professeur Université de Lorraine, cristian.dascalu@univ-lorraine.fr (directeur de thèse)
Wen CHEN, Maître de Conférences, Université de Lorraine, wen.chen@univ-lorraine.fr (co-encadrante)

Contexte :

Le Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) est un centre de recherche multidisciplinaire situé à Metz, combinant mécanique des solides, métallurgie, ainsi que science, chimie et physique des matériaux. L'excellence scientifique du LEM3 est reconnue internationalement et par la co-tutelle de l'Université de Lorraine, du CNRS et des Arts & Métiers (UMR CNRS 7239). Le LEM3 est membre de l'institut Carnot ARTS, du laboratoire d'excellence (LabEx) DAMAS et emploie environ 250 personnes dont 150 permanents.

La recherche sera menée dans le Département Mécanique des Matériaux, des Structures et du Vivant (MMSV) du LEM3 et plus particulièrement dans l'axe 3 Dynamique et conditions extrêmes (CeDyn). L'axe CeDyn se consacre à la théorie, à la modélisation numérique et au développement expérimental, avec une attention particulière portée au comportement mécanique des matériaux soumis à des conditions extrêmes incluant les grandes vitesses de déformation et les hautes températures. Une diversité de matériaux est considérée : métaux, céramiques, polymères nanostructurés ou matériaux biosourcés, composites stratifiés, obtenus par diverses méthodes comme la fabrication additive (matériaux architecturés).

Vos compétences

Requises : Bonnes connaissances en Mécanique des solides, Science des matériaux et Méthodes numériques (EF). À l'aise avec le travail sur ordinateurs (programmation, scripts, lignes de commande ...).

Souhaitées : Connaissances en langage Matlab, Fortran, etc. Un plus serait des connaissances déjà acquises en Mécanique de la rupture et de l'endommagement, Méthodes d'homogénéisation.

Dossier de candidature:

CV détaillé, lettre de motivation, copies diplômes et résultats obtenus en Licence et Master.

Date limite de candidature : 30 juin 2024

Début de la thèse : 1 octobre 2024