

Titre du sujet : Modélisation de la propagation dynamique de fissures tridimensionnelles sous sollicitations intenses et rapides par méthode X-FEM

Directeur de thèse : Alain Combescure

Co-directeur de thèse : Thomas Elguedj

Etablissement de recherche : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures, UMR CNRS 5259, équipe Mécanique des Solides et des Endommagements.

Contexte scientifique

Dans de nombreuses situations, les structures militaires navales ou terrestres peuvent être soumises à des chargements violents qui peuvent conduire à la perte d'intégrité de tout ou partie de celles-ci. Dans le cas des structures navales par exemple, la présence de défauts structurels de taille réduite peut provoquer la propagation de fissures en dynamique rapide du fait de chargement intenses et rapides, notamment sous forme d'onde de pression lors d'explosions à proximité du bâtiment.

Les avancées récentes en simulation numérique, notamment par les méthodes éléments finis, permettent aujourd'hui d'envisager la simulation robuste de ces situations indépendamment du maillage utilisé pour représenter la structure.

Le cas des structures et fissures tridimensionnelles a été abordé dans la thèse récemment soutenue de Romains Pelée de Saint Maurice [1] (cf Figure 1) mais la robustesse de l'approche X-FEM ainsi que l'extension des critères de rupture dynamiques à la 3D reste encore délicat.

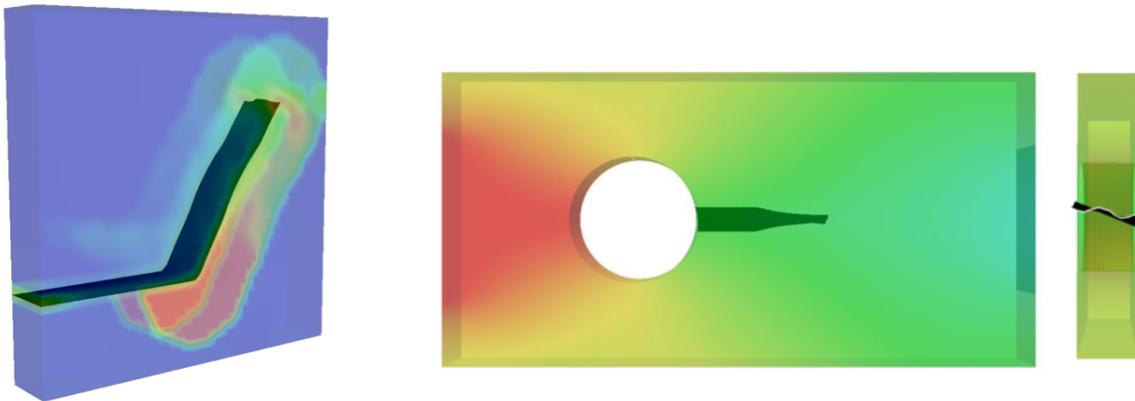


Figure 1: exemples de calculs dynamique 3D issus de [1]

Travail de recherche proposé

Les objectifs de la thèse proposée concernent la modélisation de la propagation de fissures tridimensionnelles sous chocs dans le cas de matériaux ductiles utilisés dans les applications essentiellement militaires : matériaux de blindage de structures terrestres ou matériaux de coque de structures navales.

Compte tenu des développements théoriques, numériques et expérimentaux déjà disponibles au laboratoire, auprès des partenaires de celui-ci sur ces thématiques (Institut Clément Ader, DCNS Research, ...) et dans la littérature scientifique, il s'agit de proposer des simulations numériques robustes de propagation de fissures 3D non planes en dynamique rapide.

Le travail de thèse pourra se décomposer en trois étapes.

- mise au point et implémentation numérique robuste de nouvelles approches X-FEM 3D pour la propagation dynamique de fissure en dynamique explicite: développement de nouveaux enrichissements localisant la pointe de fissure dans les éléments, techniques d'intégration numérique efficaces, prise en compte de la propagation simultanée ou non de plusieurs fissures.
- extension des critères proposés dans le cadre bidimensionnel au cas tridimensionnel et intégration de ceux dans l'outil numérique. Deux familles de critères seront utilisés et comparés en terme de robustesse et de précision par comparaison à des résultats expérimentaux de la littérature: critères en contrainte équivalente dirigée par la traction et/ou le cisaillement d'une part [2, 3], et critère basé sur la perte d'hyperbolicité de l'opérateur de comportement tangent couplé à des modèles d'endommagement [4] d'autre part.
- identification des paramètres des modèles de rupture 3D précédemment développés pour les matériaux choisis (acier à haute limite élastique pour applications navales type 80HLES, acier à blindage DH36 par exemple) et comparaison des résultats numériques et expérimentaux pour des essais d'explosion sur plaque [5] et sur cylindre pré-fissuré (essais réalisés par DGA TN et DCNS dans le cadre du PEA Infisco).

Les développements théoriques et numériques pourront s'appuyer sur les résultats expérimentaux de la littérature ainsi que sur des essais de propagation de fissure sous chargement explosif réalisés conjointement par DGA et DCNS dans le cadre du PEA Infisco. L'ensemble des développements numériques seront effectués dans le code de dynamique rapide industriel EuroPlexus, développé conjointement par le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) le centre de recherche de la commission européenne; et pour lequel le laboratoire est un partenaire académique privilégié.

Bibliographie

- [1] Romains Pelée de Saint Maurice. *Extension de l'approche X-FEM en dynamique rapide pour la propagation tridimensionnelle de fissure dans des matériaux ductiles*. PhD thesis, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2014.
- [2] David Haboussa. *Modélisation de la transition traction-cisaillement des métaux sous chocs par la méthode X-FEM*. PhD thesis, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2012.
- [3] David Haboussa, Thomas Elguedj, Bruno Leblé, and Alain Combescure. Simulation of the shear-tensile mode transition on dynamic crack propagations. *International Journal of Fracture*, 178(1-2):195–213, 2012.
- [4] Jean-Philippe Créte. *Traitement numérique de la fissuration d'une structure navale*. PhD thesis, Université Bretagne Sud, 2013.
- [5] Anne-Gaëlle Geffroy. *Modélisation numérique de la rupture de structures navales sous l'effet d'explosions au contact*. PhD thesis, Université Bretagne Sud, 2010.