

Modélisation de la transition cisaillement-traction par la X-FEM

David Haboussa
EDF R&D, AMA - T64

Résumé :

Dans un contexte de vulnérabilité militaire des sous-marins, les ingénieurs et chercheurs doivent être capables de prédire le comportement des structures fissurées. Cet aspect devient essentiel dès lors que les bâtiments militaires sont sujets à des attaques extérieures, telles que des explosions. Ainsi, la modélisation de la transition des changements de modes de propagation de fissure (cisaillement-traction et inversement) des métaux sous sollicitations extrêmes devient un outil incontournable ou essentiel. Après un état de l'art relatif à l'étude de la rupture dynamique d'un point de vue théorique, numérique et expérimental, des critères tridimensionnels de direction de propagation de fissure développés pour une rupture par cisaillement ou par ouverture sont exposés. Des formules de direction de propagation semi-analytiques et analytiques, fonctions des facteurs d'intensité des contraintes et du coefficient de Poisson, sont ainsi proposées. L'interprétation de ces formules laisse envisager la prise en compte des effets tridimensionnels dans de futures simulations 3D de propagation de fissure.

Une étude du problème en deux dimensions est également développée, proposant une formule analytique du critère en cisaillement. De plus un algorithme automatique de transition cisaillement-traction a été implémenté dans le code de calcul de dynamique explicite Europlexus, développé par le CEA. Une méthodologie d'identification des paramètres du modèle pour un matériau donné et pour un cas quasi-statique a été proposée. Confronté à l'interprétation de deux expériences connues de propagation dynamique (expériences de Kalthoff et de Ravichandran), le modèle proposé a montré sa pertinence. De plus, afin de mieux connaître le comportement à rupture de l'acier à Haute Limite Élastique Soudable, utilisé pour concevoir les coques de sous-marin, deux études expérimentales dédiées au suivi de la propagation dynamique d'un front de fissure (corrélation d'images et jauges de propagation) ont été développées et validées sur des essais de rupture sous chargement quasi-statique (machine conventionnelle de traction-compression) et dynamique de type choc (dispositif aux barres de Hopkinson). Cette étude expérimentale a permis d'observer que les branchements de fissures, relevés sur les essais sous chargement quasi-statique, n'apparaissent plus sous chargement dynamique et pour des sollicitations en mode I pur. Sous chargement quasi-statique, les branchements de fissures observés semblent causés par une précontrainte quasi-statique élevée avant la rupture dynamique.

Les méthodes théoriques et numériques développées dans ces travaux de thèse permettent donc de simuler, automatiquement et avec un unique modèle, les changements de modes de rupture au cours d'une propagation dynamique de fissure. De plus, les protocoles expérimentaux exposés dans ce manuscrit permettent, dans un premier temps de valider l'utilisation des méthodes de suivi et de localisation du front de fissure et dans un second temps, d'appréhender les phénomènes de transition cisaillement-traction en soulevant l'importance de la vitesse de sollicitation et du mode de sollicitation de l'essai.

Mots clés : rupture, cisaillement, transition traction-cisaillement, X-FEM, propagation dynamique de fissure, critères de rupture, 3D, barres de Hopkinson.