

Soutenance de thèse

Konstantinos NIKOLAKOPOULOS soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ICA et intitulée «*Modélisation numérique des structures hautes résistance soumises à des sollicitations sévères*»

Le 7 octobre 2020 à 10h00, ICA, 3 rue Caroline Aigle à Toulouse

devant le jury composé de

M. Patrice LONGÈRE	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Jean-Philippe CRÉTÉ	Maître de conférences SUPMECA	Co-directeur de thèse
M. Sébastien MERCIER	Professeur Université de Lorraine	Rapporteur
Mme Delphine BRANCHERIE	Professeure Université de Technologie de Compiègne	Rapporteur
M. Nicolas MOËS	Professeur Ecole Centrale de Nantes	
M. Jean-Marc CADOU	Maître de conférences Université de Bretagne Sud	
M. Jean-Sébastien BREST	Ingénieur DGA	
M. Guillaume BARRAS	Ingénieur DGA-Techniques Navales	

Résumé : Le projet dans lequel s'inscrit ce travail de thèse porte sur la détermination de la durabilité des structures métalliques de grandes dimensions lorsqu'elles sont soumises à des surcharges accidentelles (collision, explosion, impact d'oiseau, etc). À cette fin a été développée une méthodologie numérique unifiée tri-dimensionnelle capable de reproduire qualitativement et quantitativement les étapes successives de dégradation menant à la rupture ultime des structures constituées de métaux et alliages ductiles (aciers, alliages d'aluminium et de titane, etc.). Ces étapes comprennent généralement (i) l'endommagement induit par la croissance de microcavités, (ii) la localisation de la déformation /endommagement dans une bande étroite, et (iii) la formation et la propagation de macro-fissures. Dans la première étape (i), le matériau est supposé obéir au modèle de plasticité microporeuse de Gurson en utilisant la méthode standard des éléments finis (FEM), tandis que dans la troisième étape (iii) les conséquences cinématiques de l'ouverture de la fissure sont décrites par la méthode des éléments finis étendus (XFEM). L'étape intermédiaire (ii) de localisation, qui est probablement la plus complexe à reproduire d'un point de vue physique et numérique, est décrite via un modèle de zone cohésive (CZM) couplé à la XFEM. Le CZM décrit la dégradation progressive des propriétés mécaniques du matériau de la bande de localisation induite par une augmentation de la coalescence des microcavités et conduisant finalement à l'ouverture de la fissure. Un intérêt particulier est porté aux critères de transition entre endommagement diffus et localisation et à la détermination de l'orientation du plan de localisation. La localisation est traitée ici comme un phénomène résultant soit d'une instabilité plastique soit de la coalescence des microcavités. En conséquence, deux critères sont considérés : le premier est basé sur l'analyse de bifurcation, tandis que le second repose sur une porosité critique et rend compte de la compétition entre Mode I et Mode II fonction du taux de triaxialité local. Ainsi, la bifurcation 'flat-to-slant' du plan de rupture (l'effet 'cup and cone' lors de la traction d'une éprouvette axisymétrique) est correctement reproduite numériquement. En outre, des critères opérationnels d'amorçage et de propagation de la bande de localisation en trois dimensions sont proposés. Un autre aspect important de la méthodologie est le nouveau schéma utilisé pour l'intégration numérique des équations d'équilibre, à savoir l'intégration par moyennage sur les volumes (VAI). La méthodologie est implémentée en tant que routine utilisateur (UEL) dans le code de calcul commercial par éléments finis ABAQUS et ses performances sont évaluées par des simulations numériques tridimensionnelles de divers cas de chargement. Une étude paramétrique de l'effet des constantes du modèle est réalisée, montrant que la méthode peut reproduire une grande variété de réponses dans le régime adoucissant. La méthodologie proposée se révèle être indépendante du maillage et capable de reproduire

correctement les surfaces de rupture. Elle donne également des résultats prometteurs concernant les réponses globales des structures étudiées par rapport aux données expérimentales.

Mots-clés : Endommagement ductile, propagation de fissure, XFEM, modèle de zone cohésive, Abaqus

Summary: The project in which this PhD work is carried out concerns the determination of the durability of large metal structures when they are subjected to accidental overloads (collision, explosion, bird strike, etc.). To this end has been developed a three-dimensional unified numerical methodology capable of reproducing qualitatively and quantitatively the successive stages of degradation leading to the ultimate rupture of the structures made of ductile metals and alloys (steels, aluminum and titanium alloys, etc.).

Keywords: Ductile damage, crack propagation, XFEM, cohesive zone model, Abaqus