

Transition endommagement-rupture en 3D avec XFEM

Hans MINNEBO¹, Thibaut VANHOOF¹, Julien MAJÉRUS², Frédéric LANI¹

¹ CENAERO, Gosselies, Belgique, hans.minnebo@cenaero.be

² LTAS, ULg, Liège, Belgique

Résumé — Cette contribution porte sur l'implémentation de la transition endommagement-rupture dans le cadre de la modélisation du déchirement ductile de pièces métalliques soumises à un chargement monotone croissant. L'accent est mis ici sur l'insertion d'une discontinuité, la macro-fissure, partant d'un critère de rupture simple, via un enrichissement de l'approximation éléments finis. Cette contribution démontre la pertinence de l'approche sur un cas tridimensionnel.

Mots clés — endommagement, rupture, transition, XFEM, 3D.

1 Deux théories qui se rapprochent

La mécanique de l'endommagement (CDM pour Continuum Damage Mechanics) étudie la modélisation de la dégradation des propriétés mécaniques d'un matériau. Cette théorie ne nécessite pas la présence initiale d'un défaut macroscopique et permet d'analyser l'évolution de cette dégradation dans la structure. Cette description à l'aide d'un adoucissement (venant par exemple d'une modélisation fine des phénomènes se produisant à différentes échelles : germination, croissance et coalescence de vides) est suffisante jusqu'à l'apparition d'un défaut. Par la suite, en sus des problèmes numériques liés à l'adoucissement (dépendance au maillage, absence de longueur caractéristique), la transition vers un défaut macroscopique, i.e. une discontinuité, et sa propagation dans un maillage de départ pose un certain nombre de difficultés. Les techniques de suppression d'éléments, ou de remaillage ont leurs limites, a fortiori lorsqu'on ignore le chemin de fissure, surtout en trois dimensions. S'inspirant de travaux récents dans le domaine de la mécanique de la rupture linéaire, cette contribution propose de modéliser la transition de l'endommagement vers la rupture par l'incorporation de la fissure dans la formulation éléments finis étendus (XFEM, [3]).

2 Modélisation numérique de la transition endommagement-rupture

En ce qui concerne le modèle d'endommagement, dans une première approche de preuve de concept, et afin de s'affranchir des problèmes de dépendance au maillage rencontrés avec un modèle local dans une approche couplée, une approche découplée a été choisie. L'endommagement est déterminé en post-traitant les déformations plastiques issues d'un calcul élasto-plastique. Pour la modélisation de fissure, la méthode XFEM est choisie afin de s'affranchir de la contrainte de remaillage en cours de propagation. La transition d'un modèle à l'autre est opérée avec une méthode similaire à celle développée dans [1], pour le cas bidimensionnel. Dans la zone située en avant de la fissure tridimensionnelle existante, lorsque l'endommagement atteint une valeur critique prédéfinie, une méthode de propagation est utilisée. Un échantillonnage est réalisé avec une répartition rayonnante autour du front en avant de la fissure, sur plusieurs cylindres concentriques. La méthode consiste en une recherche de la direction de propagation en chaque point du front en fonction de la répartition de l'endommagement, la détermination de la longueur propagée peut alors se faire en fonction du niveau d'endommagement à une certaine distance dans cette direction. Le principe de l'algorithme est indiqué dans la Figure 1.

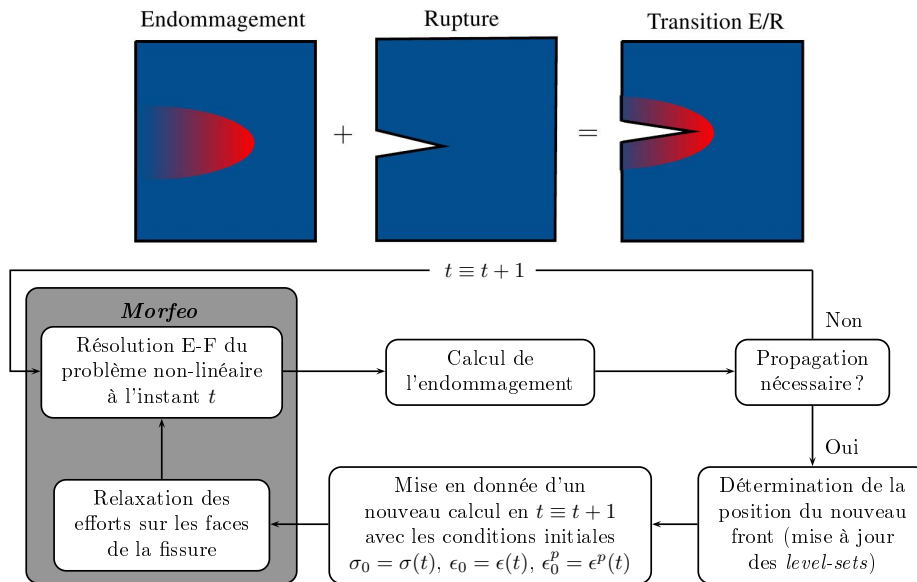


FIG. 1 – Combinaison des approches (haut) et principe général (bas)

3 Validation

Le cas test étudié est inspiré d'un cas développé dans [1]. Pour la présente étude, la géométrie initialement bidimensionnelle est extrudée. La figure 2 montre que les résultats obtenus sur le modèle tridimensionnel sont proches de ceux obtenus dans [1] pour le cas bidimensionnel. Cependant, l'utilisation d'un modèle tridimensionnel permet d'observer plus en détails la complexité de la propagation dans l'épaisseur. L'intégration des variables avec XFEM est réalisée grâce à un sous-découpage des éléments, qui évolue avec la propagation de la fissure. Comme indiqué dans [2] dans le cas du remaillage, ceci a pour effet que le transfert des variables d'état introduit des erreurs. Afin d'y remédier, un opérateur de transfert plus précis doit être implémenté, prenant en compte la variation des variables d'état sur un élément au lieu de leur valeur moyenne. La dépendance à certains paramètres, tels que la taille de la zone d'échantillonnage, le maillage, la longueur de propagation, sera développée dans l'article complet.

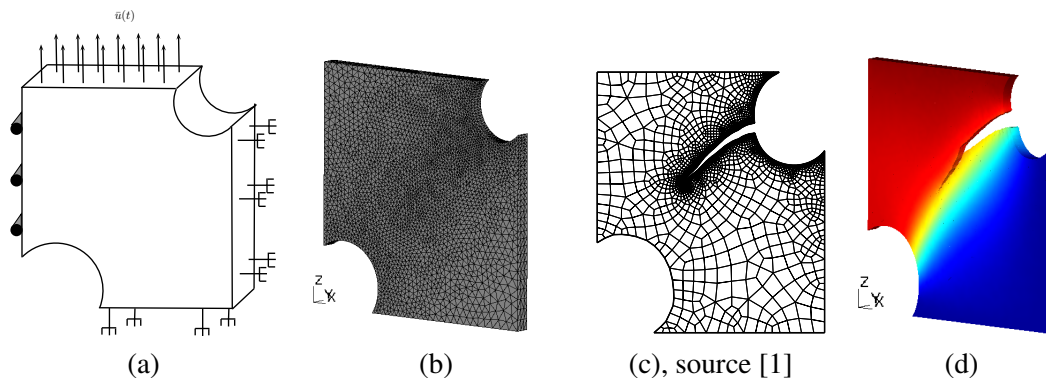


FIG. 2 – Cas test étudié (a), maillage de la pièce (b), base de comparaison 2D (c), résultat 3D (d)

Références

- [1] J. Mediavilla Varas. *Continuous and discontinuous modelling of ductile fracture*, Thèse de doctorat, TU Eindhoven, 2005.
- [2] J. Mediavilla Varas, R. H. J. Peerlings, M. G. D. Geers. *Discrete crack modelling of ductile fracture driven by non-local softening plasticity*, Int. J. Num. Meth. Eng., vol. 66, PP. 661-688, 2006.
- [3] N. Moës, J. Dolbow, T. Belytschko. *A finite element method for crack growth without remeshing*, Int. J. Num. Meth. Eng., vol. 46, 1, PP. 131-150, 1999.