



HAL
open science

Couplage plasticité, endommagement et rupture avec un modèle Thick Level Set

Fabien Cazes, Kevin Moreau, Nicolas Moës, Grégory Legrain

► To cite this version:

Fabien Cazes, Kevin Moreau, Nicolas Moës, Grégory Legrain. Couplage plasticité, endommagement et rupture avec un modèle Thick Level Set. CFM 2015 - 22e Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-04744634

HAL Id: hal-04744634

<https://hal.science/hal-04744634v1>

Submitted on 19 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Couplage plasticité, endommagement et rupture avec un modèle Thick Level Set

F. Cazes, N. Moës, K. Moreau, G. Legrain

LUNAM Université, GeM, UMR CNRS 6183, Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes, 1 Rue de la Noë, 44300 Nantes.

fabien.cazes@, nicolas.moes@, kevin.moreau@, gregory.legrain@ ec-nantes.fr

Résumé :

La méthode Thick Level Set (TLS), initialement proposée pour la simulation de la rupture des matériaux fragiles et quasi-fragiles, est étendue aux matériaux dont la rupture est précédée par une phase de plastification. Les travaux présentés correspondent à une première étude où l'on ajoute simplement une déformation plastique au comportement du matériau tout en préservant l'hypothèse des petites perturbations.

Abstract :

The Thick Level Set method (TLS), initially proposed for the simulation of brittle and quasi-brittle materials, is extended to materials with a plasticization phase preceding rupture. The work presented constitutes a preliminary study for which we simply add a plastic deformation to the material behavior while preserving small perturbation assumption.

Mots clefs :

Fissuration, endommagement, rupture, non-local, Thick Level Set (TLS).

1 Introduction

La méthode Thick Level Set (TLS, [1,2]) a été initialement proposée pour simuler la rupture des matériaux fragiles et quasi-fragiles. Le modèle original comporte une variable d'endommagement isotrope dont la répartition dans le domaine est déduite de la donnée du contour de la zone endommagée, la valeur de l'endommagement étant supposée être une fonction connue de la distance au front. L'évolution du contour de la zone endommagée est déduite d'un critère de propagation conforme à la théorie originale de Griffith.

Cette méthode est une alternative à d'autres méthodes de régularisation existantes (non-local intégral [3], modèles à gradient d'endommagement [4], ...) pour remédier à la dépendance pathologique au maillage observée dans les calculs éléments-finis en cas de comportement adoucissant. Depuis, elle a été étendue à d'autres types de comportements moins brutaux comportant également une partie durcissante homogène [5]. L'objectif des travaux présentés est d'ajouter des déformations plastiques dans le modèle dans le cadre d'un modèle de plasticité associée de Von Mises et de présenter des résultats numériques obtenus en 1D et en 2D.

2 Résolution incrémentale du problème quasi-statique

L'algorithme incrémental de résolution du problème quasi-statique est un algorithme simplifié ne nécessitant pas de calculer de matrice tangente ni d'itérer sur les incréments. Les premières versions de cet algorithme sont présentées dans [2] et depuis quelques améliorations ont été apportées pour limiter les oscillations sur les courbes force-déplacement. Il est basé sur les étapes suivantes:

- (0) Etat initial de l'incrément.
- (1) Mise à jour du contour de la zone endommagée.
- (2) Mise à jour du champ distance level set ϕ .
- (3) Mise à jour de la variable d'endommagement d .
- (4) Introduction d'une fissure (avec éventuellement un enrichissement X-FEM) dans la zone où $d = 1$.
- (5) Mise à jour du champ de déplacement et du facteur de chargement.

Le passage de (0) à (1) se fait sur la base d'un critère de propagation choisi par l'utilisateur. Par exemple, une approche variationnelle de la rupture [6] peut être utilisée pour déterminer le critère de propagation comme cela a été fait dans [7] pour comparer le modèle TLS avec un modèle phase-field [8]. Pour déterminer de combien avance le front d'endommagement là où le critère de propagation est atteint, une équation spécifique est écrite de telle sorte que l'avancée maximale du contour de la zone endommagée soit une fraction de la taille moyenne des éléments.

Le passage de (1) à (2) peut se faire par exemple en résolvant un problème d'advection [9] ou une autre méthode de mise à jour du champ level set ϕ .

Le passage de (2) à (3) se fait sur la base d'une fonction définie par l'utilisateur donnant la variable d'endommagement d en fonction du champ level set ϕ . Cette fonction peut être vue comme un paramètre du modèle. Elle remplace la loi sigma-epsilon communément utilisée avec un modèle local.

Le passage de (3) à (4) se fait sur la base d'un simple critère sur la valeur de ϕ . La fissure apparaît exactement au milieu de la zone endommagée.

Le passage de (4) à (5) se fait en imposant l'équilibre de la structure d'une part et le fait que l'on se trouve à la limite du critère de propagation de la zone endommagée au point le plus critique du front d'endommagement d'autre part.

3 Extension à la plasticité

Pour généraliser la méthode TLS à la plasticité, nous sommes partis d'un modèle de plasticité associée basé sur la contrainte équivalente de von Mises. En plus de la variable d'endommagement noté d , le modèle comporte une variable interne de déformation plastique cumulée notée p . L'endommagement d est supposé être piloté par la déformation plastique cumulée p , elle-même pilotée par la valeur du champ level set ϕ . La valeur de ϕ permet donc de calculer directement d et p . Seul le tenseur de déformation plastique ε^p doit être calculé incrémentalement sur la base d'une loi de normalité.

Des résultats seront présentés en 1D et en 2D. Nous présenterons l'influence des différents paramètres sur la réponse globale de la structure. Nous verrons que seulement certains choix de paramètres permettent d'obtenir une modélisation satisfaisante du point de vue de différents critères, notamment :

(a) la convergence vers une loi locale plausible pour une structure de petite taille, (b) des trajets de fissuration conformes aux résultats attendus pour un matériau plastique, (c) la possibilité de dériver les lois d'évolution à partir de la donnée d'un potentiel.

Références

- [1] N. Moës, C. Stolz, P.-E. Bernard, et N. Chevaugeon (2011), A level set based model for damage growth: The thick level set approach. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 86(3), 358–380 (2011).
- [2] P.-E. Bernard, N. Moës, N. Chevaugeon. Damage growth modeling using the Thick Level Set (TLS) approach: Efficient discretization for quasi-static loadings. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 233-236, 11-27 (2012).
- [3] G. Pijaudier-Cabot, Z.P. Bazant, Nonlocal damage theory. *Journal of Engineering Mechanics*, 113(10), 1512-1533 (1987).
- [4] R.H.J. Peerlings, R. de Borst, W.A.M. Brekelmans, J.H.P. de Vree. Gradient enhanced damage for quasi-brittle materials. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 39(19), 3391-3403 (1996).
- [5] N. Moës, C. Stolz, N. Chevaugeon. Coupling local and non-local damage evolutions with the Thick Level Set model. *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*, 1(1), 1-21, (2014).
- [6] G.A. Francfort et J.J. Marigo. Revisiting brittle fracture as an energy minimization problem. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 46(8), 1319-1342 (1998).
- [7] F. Cazes et N. Moës. Comparison of a phase-field model and of a thick level set model for brittle and quasi-brittle fracture, *International Journal of Numerical Methods in Engineering*, accepté le 05-01-2015, DOI: 10.1002/nme.4886.
- [8] B. Bourdin, G.A. Francfort, J.-J. Marigo, Numerical experiments in revisited brittle fracture, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 48 (4), 797-826 (2000).
- [9] K. Moreau, N. Moës, D. Picart, et L. Stainier. Explicit dynamics with a non-local damage model using the thick level set approach. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 102 (3-4), 808-838 (2014).