



HAL
open science

Modèle à champ de phase pour la prédiction de la rupture des matériaux ductiles soumis à de grandes vitesses de déformation : développement numérique et validation expérimentale

Yassine Harsi, Franck Lauro, Zouari Bassem, Chaari Fahmi, Hubert Cédric

► To cite this version:

Yassine Harsi, Franck Lauro, Zouari Bassem, Chaari Fahmi, Hubert Cédric. Modèle à champ de phase pour la prédiction de la rupture des matériaux ductiles soumis à de grandes vitesses de déformation : développement numérique et validation expérimentale. Mardi des Chercheurs, Mar 2024, Mons, Belgique. hal-04588481

HAL Id: hal-04588481

<https://uphf.hal.science/hal-04588481v1>

Submitted on 27 May 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.

HARSI Yassine

Modèle à champ de phase pour la prédiction de la rupture des matériaux ductiles soumis à de grandes vitesses de déformation : développement numérique et validation expérimentale

LAURO Franck¹, ZOUARI Bassem², CHAARI Fahmi¹, HUBERT Cédric¹

¹Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines(LAMIH), Valenciennes

²Laboratoire de Modélisation, Mécanique et Productique (LA2MP), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie

Introduction

L'étude de l'initiation et de la propagation des fissures dans les matériaux ductiles est cruciale dans divers domaines tels que l'ingénierie des matériaux, la fabrication, la conception de structures. Sur le plan numérique, prédire avec précision la propagation des fissures revêt une importance primordiale pour évaluer la durabilité et la fiabilité des composants et des structures. Parmi les méthodes utilisées pour cette prédiction, on trouve la méthode des éléments finis étendus (XFEM) ainsi que la méthode de champ de phase (MCP), cette dernière étant la technique exploitée dans ce travail. Dans ce cadre, allons étudier la propagation de la fissure dans **les matériaux ductiles sollicitée à différentes vitesses de déformation** en implémentant la méthode du champ de phase dans **le logiciel commercial d'éléments finis Abaqus en régime dynamique explicite** avec l'utilisation des sous-programmes VUEL (Velocity User Element) et VUMAT (Velocity User Material).

Mots clés: méthode de champ de phase, VUEL, propagation dynamique des fissures, Schéma explicite, approche variationnelle.

Méthode du champ de phase

Présentation de la méthode:

$$E_{tot} = \int \psi_0 d\Omega + \int G_c d\Gamma - F(U)$$

→ Introduire une variable d'état «d» dans la loi de comportement du matériau

- Si $d_n=0$ → le milieu est sain
- Si $d_n=1$ → le milieu est endommagé (zone endommagée)

$$\gamma[d, \nabla d, \Delta d] = \frac{1}{4l_c}(d^2 + 2l_c^2 \nabla d \cdot \nabla d + l_c^4 \Delta d \cdot \Delta d)$$

$$\gamma[d, \nabla d, \Delta d] = \frac{3}{8l_c}(d^2 + l_c^2 \nabla d \cdot \nabla d)$$

$$\gamma[d, \nabla d, \Delta d] = \frac{1}{2l_c}(d^2 + 2l_c^2 \nabla d \cdot \nabla d)$$

Modèles d'endommagement non-locaux

$$E_{tot} = \int [(1-d)^2 + k] \psi_0 d\Omega + \int G_c \frac{1}{2l_c}(d^2 + 2l_c^2 \nabla d \cdot \nabla d) d\Omega - F(U)$$

l_c : longueur critique de fissure, $l_c \geq 2x$ taille de l'élément fini

Essai dynamique avec barre d'Hopkinson:

Camera ultra-rapide

Caractéristiques mécaniques : PMMA

E (MPa)	3280
ν	0,33
Gc (MPa.mm)	9.10^{-2}
ρ (tone/mm ³)	$1.47 \cdot 10^{-9}$
η (N.s/mm ²)	5.10^{-2}

Résultats et discussion

SDV_PHI (Avg: 75%)

- +9.978e-01
- +9.147e-01
- +8.315e-01
- +7.484e-01
- +6.652e-01
- +5.821e-01
- +4.989e-01
- +4.158e-01
- +3.326e-01
- +2.495e-01
- +1.663e-01
- +8.317e-02
- +1.611e-05

$V_{entrée} = 4m/s$

- Etudier la propagation de la fissure dans les matériaux fragiles (PMMA) en régime dynamique.
- La fissure s'initie sous certain angle par rapport à la ligne de fissure et elle se propage vers la droite, puis elle se déplace vers l'axe central de l'éprouvette (zone de contrainte maximale)
- Les résultats numériques concordent avec les données expérimentales, présentant une marge d'erreur de ~5% concernant la valeur de l'angle de propagation de fissure.
- **Prochaine étape** : introduire le comportement plastique du matériau pour pouvoir traiter les cas de ruptures ductiles.