HAL
open science

Méthode de raffinement local adaptatif multi-niveaux pour la fissuration de matériaux

Eric Delaume, Loïc Daridon, Frédéric Dubois, Frédéric Perales

To cite this version:

Eric Delaume, Loïc Daridon, Frédéric Dubois, Frédéric Perales. Méthode de raffinement local adaptatif multi-niveaux pour la fissuration de matériaux. Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-02143781

HAL Id: hal-02143781

https://hal.science/hal-02143781v1

Submitted on 29 May 2019

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.

Méthode de raffinement local adaptatif multi-niveaux pour la fissuration de matériaux

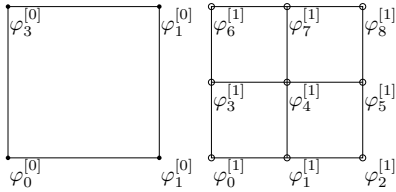
E. DELAUME[a, c], L. DARIDON[b, c], F. DUBOIS[b, c], F. PERALES[a, c]

a. IRSN/PSN - RES/SEMIA/LPTM, Eric.Delaume@irsn.fr, Frederic.Perales@irsn.fr
b. Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil, CNRS - Université de Montpellier, Loic.Daridon@univ-montp2.fr, Frederic.Dubois@univ-montp2.fr
c. Laboratoire MIST, IRSN - CNRS - Université de Montpellier

L'étude de problèmes à l'aide des éléments finis nécessite un ajustement dans les zones d'intérêts de la résolution spatiale du domaine discrétisé afin d'y obtenir la précision souhaitée. Cependant, la création d'un maillage adapté et complet peut aboutir à une résolution coûteuse en temps calcul et complexe à réaliser. Elle peut également entraîner une perte de la qualité des formes des éléments dans les zones de transition. Une solution pour y parvenir est l'utilisation de méthodes locales de remaillage permettant d'atteindre à moindre coût la précision désirée dans les zones d'intérêts. La méthode proposée dans cette étude, appelée méthode «CHARMS» (Conforming Hierarchical Adaptive Refinement MethodS), fait partie des méthodes de raffinement hiérarchique. Afin de simuler la propagation d'une fissure, cette approche est appliquée à la méthode énergétique d'«Eigen-Erosion», basée sur la notion de «killing element» [1] .

La méthode «CHARMS», basée sur le dé/raffinement des fonctions de bases, permet de prendre en compte implicitement les situations de non-conformités [2]. La non-conformité du maillage est géométrique et non discrète. Dans le cadre de cette méthode les espaces d'approximations sont par construction H^1 conformes. La propriété fondamentale de la méthode est la suivante : étant donné que les espaces d'approximations sont emboités, $X_J \subset X_{J+1}$ avec $J \geq 1$, toute fonction de base appartenant à l'ensemble B_j, $j \in [\![0, J]\!]$, peut s'exprimer comme combinaison linéaire de fonctions de bases de B_{j+1} (voir Figure 1). Les combinaisons linéaires établissent des relations parents/enfants entre les fonctions de deux niveaux consécutifs.

La méthode d'«Eigen-Erosion» est une méthode, basée sur des critères énergétiques, permettant de simuler la propagation de fissures au sein d'un matériau. Cette méthode repose sur une approche variationnelle de la mécanique de la rupture. Elle a l'avantage d'avoir un coût numérique relativement faible (de l'ordre d'une résolution éléments finis) et propose un chemin de fissuration indépendant du maillage [1] [3].



$$\begin{aligned}
\varphi_0^{[0]} &= \varphi_0^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_1^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_3^{[1]} + \tfrac{1}{4}\varphi_4^{[1]} \\
\varphi_1^{[0]} &= \varphi_2^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_1^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_5^{[1]} + \tfrac{1}{4}\varphi_4^{[1]} \\
\varphi_2^{[0]} &= \varphi_8^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_5^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_7^{[1]} + \tfrac{1}{4}\varphi_4^{[1]} \\
\varphi_3^{[0]} &= \varphi_6^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_3^{[1]} + \tfrac{1}{2}\varphi_7^{[1]} + \tfrac{1}{4}\varphi_4^{[1]}
\end{aligned}$$

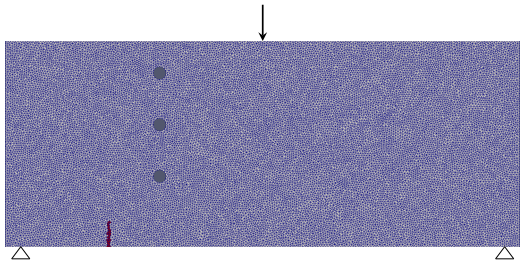
FIGURE 1 – Exemple d'équations de raffinement pour l'élément linéaire de type $\mathbb{Q}_1$, les fonctions φ représentant les fonctions de bases des différents niveaux de raffinement associées aux points de l'élément de référence.

Ces deux méthodes ont été implémentées dans la plateforme Xper [4]. Le logiciel permet de simuler la propagation d'une fissure dans des zones de maillage raffinées. Le cas test présenté est une poutre trouée en flexion avec une préfissure [5] (voir Figure 2).

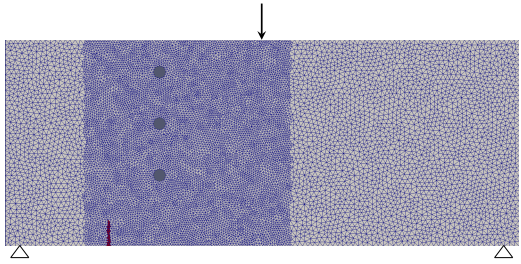
La Figure 3(a) représente le trajet de fissuration obtenu de manière expérimental dans [5], la Figure 3(b) celui obtenu par la simulation sans raffinement de maillage et la Figure 3(c) celui avec raffinement local dans la zone d'intérêt.

Les Figures 3(b) et 3(c) montrent un trajet de fissuration identique avec et sans raffinement de maillage, comparable à celui obtenu expérimentalement sur la Figure 3(a). Le temps CPU est réduit d'environ 60% avec un raffinement local pour une précision identique dans la zone d'intérêt.

Dans la suite, la méthode de raffinement de maillage sera associée à une adaptation en temps réel. Cela permettra de raffiner la zone d'intérêt au cours du calcul, d'augmenter la précision dans la zone utile et ainsi de simuler la propagation de fissure avec un coût de calcul réduit.

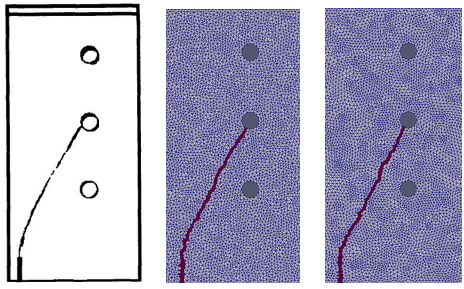


(a)



(b)

FIGURE 2 – (a) Configuration initiale du maillage fin sans raffinement local de la poutre en flexion (44 017 mailles). (b) Configuration initiale du maillage avec raffinement local dans la zone d'intérêt de la poutre en flexion (24 467 mailles).



(a) (b) (c)

FIGURE 3 – (a) Faciès de rupture expérimental présenté dans [5]. (b) Faciès de rupture avec un maillage fin. Temps CPU : 6H. (c) Faciès de rupture avec raffinement de maillage dans la zone d'intérêt. Temps CPU : 2H30.

Références

[1] A. Pandolfi, M. Ortiz, *An eigenerosion approach to brittle fracture*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 92, pp. 694-714, 2012.

[2] P. Krysl, E. Grinspun, P. Schröder, *Natural hierarchical refinement for finite element methods*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 56, pp. 1109-1124,

[3] L. Bichet, F. Dubois, Y. Monerie, C. Pelissou, F. Perales, *Méthode d'Eigenerosion : mise en oeuvre et extension aux matériaux hétérogènes. Application à la fissuration de matériaux cimentaires*. 24 au 28 novembre 2014, Matériaux 2014, Montpellier.

[4] F. Perales, F. Dubois, Y. Monerie, B. Piar, L. Stainier, *A Non Smooth Contact Dynamics-based multi-domain solver. Code coupling (Xper) and application to fracture*. European Journal of Computational Mechanics, 19, pp. 389-417, 2010.

[5] T. N. Bittencourt, P. A. Wawrzynek, A. R. Ingraffea, J. L. AND Sousa, *Quasi-automatic simulation of crack propagation for 2D LEFM problems*. Engineering Fracture Mechanics, 55, pp. 321-334 1996.