HAL
open science

Simulation 3D de la fissuration en fatigue par couplage morphing / réduction de modèle a priori et a posteriori

Florent Galland, Anthony Gravouil, Michel Rochette

To cite this version:

Florent Galland, Anthony Gravouil, Michel Rochette. Simulation 3D de la fissuration en fatigue par couplage morphing / réduction de modèle a priori et a posteriori. 10e colloque national en calcul des structures, May 2011, Giens, France. pp.Clé USB. hal-00592803

HAL Id: hal-00592803

https://hal.science/hal-00592803v1

Submitted on 3 May 2011

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.

CSMA 2011
10e Colloque National en Calcul des Structures
9-13 Mai 2011, Presqu'île de Giens (Var)

Simulation 3D de la fissuration en fatigue par couplage morphing / réduction de modèle *a priori* et *a posteriori*

F. Galland[1], A. Gravouil[1], M. Rochette[2]

[1] *INSA de Lyon, Villeurbanne, France, {florent.galland, anthony.gravouil}@insa-lyon.fr*
[2] *ANSYS France S.A.S, Villeurbanne, France, michel.rochette@ansys.com*

1 Résumé

Il est connu depuis des décennies que la propagation des fissures de fatigue dans les matériaux élastoplastiques est très sensible à l'histoire du chargement car le comportement non-linéaire du matériau peut avoir une grande influence sur le taux de propagation [1, 2]. Cependant, le calcul brut de millions de cycles de fatigue en non-linéaire sur des structures tridimensionnelles réalistes conduirait à des temps de calcul prohibitifs. Ainsi, nous proposons de coupler deux approches de réduction de modèles *a priori* et *a posteriori*, afin de diminuer considérablement le coût de calcul de ce type de problèmes.

Tout d'abord, on se place dans l'hypothèse de plasticité confinée, et une stratégie de réduction de modèle a posteriori du comportement plastique de la structure fissurée est proposée. Hamam *et al.* [3] ont proposé une base réduite de dimension 2 suffisante pour décrire avec précision le champ de déplacement élastoplastique d'une fissure stationnaire : un vecteur pour la partie élastique et un autre pour la partie plastique confinée en pointe de fissure. En outre, des lois de comportement ont été développées dans un cadre thermodynamique rigoureux afin de décrire les lois d'évolutions des variables correspondantes, définissant un cadre général de lois de propagations de fissure de fatigue prenant en compte les effets dus à la plasticité confinée en pointe de fissure. Ainsi, les paramètres de cette loi d'évolution sont numériquement identifiés dans un premier temps ; puis dans un second temps, cette réduction de modèle *a posteriori* peut être appliquée à des cas-tests bidimensionnels ou tridimensionnels avec un comportement élastique en volume, en capturant efficacement le comportement plastique en pointe de fissure. À ce stade, même si les calculs non-linéaires en volume sont évités, décrire des chargements d'amplitude variable réalistes avec des millions de pas de temps nécessite des millions de calculs élastique linéaire afin de définir les facteurs d'intensité des contraintes nécessaires au modèle réduit de plasticité confinée. Une approche de réduction de modèle *a priori* est donc aussi mise en place afin d'accélérer encore plus les temps de résolution du problème global [4]. Cette approche *a priori* consiste à construire incrémentalement — et sans calculs préalables — une base réduite spécifique à chaque cas-test, en extrayant de l'information des champs de déplacement de la structure au cours du temps et pendant la propagation éventuelle de la fissure. Ainsi, les champs de déplacements solutions de la géométrie fissurée réactualisée sont vus comme une combinaison linéaire de cette base réduite de vecteurs.

La méthode numérique considérée ici est la méthode des éléments finis. De fait, pendant la propagation de la fissure, la discrétisation spatiale du modèle doit être réactualisée afin d'être conforme avec le front de la fissure. Dans ce but, une technique spécifique de morphing de maillage est utilisée, et permet de discrétiser la géométrie variable du modèle. Cette technique de morphing apparaît comme une étape clé de la stratégie de réduction de modèle. Par exemple, une simulation 3D de la propagation d'une fissure plane avec un front droit est présentée en Figure 1. L'analyse est conduite en utilisant deux stratégies différentes : une technique de libération de noeuds, et une technique de morphing. Un bon indicateur de la taille optimale de la base réduite pour un cas-test donné est de simuler quelques pas de propagation, de sauvegarder les champs de déplacement, et ensuite d'effectuer une décomposition en valeurs singulières de cet ensemble de vecteurs. Le nombre de valeurs singulières significatives donne une idée du nombre nécessaire de vecteurs à construire afin d'obtenir une base pertinente. Le résultat d'une telle analyse est illustré Figure 2, appliquée sur les 40 pas de propagation simulés. Dans le cas de la méthode de libération de noeuds, les valeurs singulières correspondantes ne décroissent pas suffisamment rapidement afin

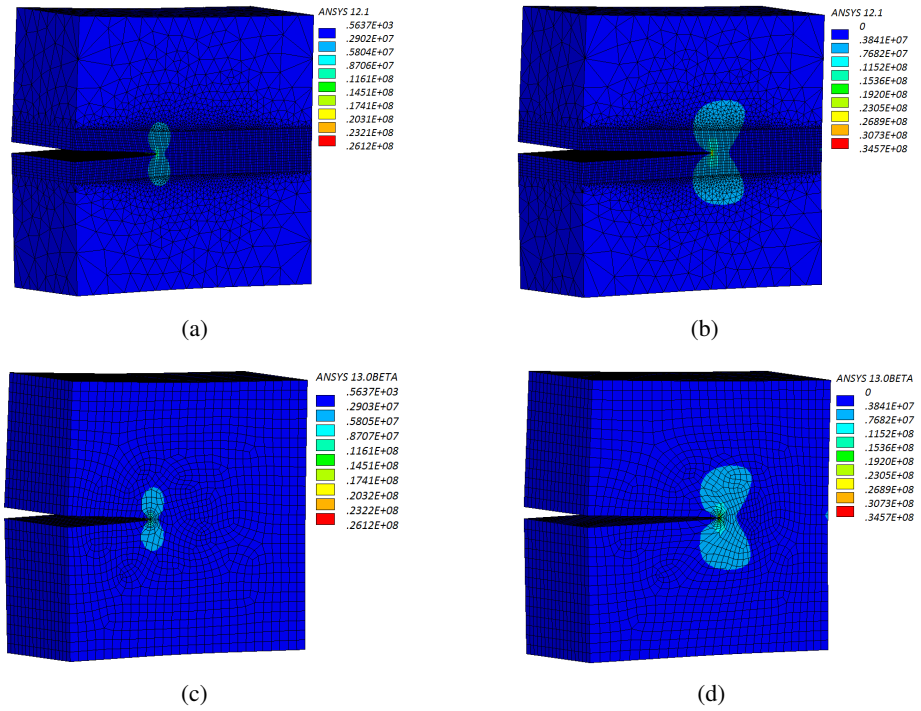

FIGURE 1 – Contraintes de Von Mises obtenues au cours de la simulation de croissance des fissures. Les résultats sont présentés pour les deux configurations initiales et finales sur les modèles utilisant la technique de libération de noeud (a) - (b)et la technique de morphing (c) - (d).

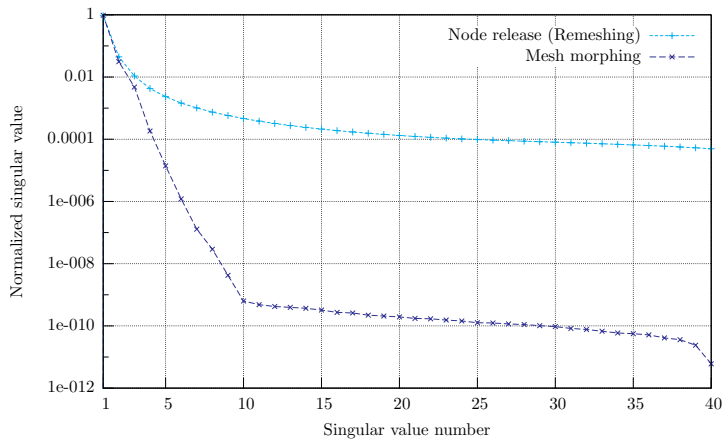

FIGURE 2 – valeurs singulières normalisées de l'ensemble des 40 vecteurs déplacements successifs pour le problème de croissance de fissure..

d'envisager un technique de base réduite. Au contraire, le taux de convergence très élevé des valeurs singulières associées à la technique de morphing encourage le couplage avec des stratégies de réduction de modèle.

Références

[1] W. Elber. *The significance of crack closure*, ASTM STP 486, 230–242, 1971.

[2] O. Wheeler. *Spectrum load and crack growth*, Journal of Basic Engineering, 4 :181–186, 1972.

[3] R. Hamam, S. Pommier, F. Bumbieler. *Variable amplitude fatigue crack growth, experimental results and modeling*, International Journal of Fatigue, 29(9-11) :1634–1646, 2007.

[4] D. Ryckelynck, F. Chinesta, E. Cueto, A. Ammar. *On the a priori model reduction : Overview and recent developments*, Archives of Computational Methods in Engineering, 13(1) :91–128, 2006.