

Transfert de champs entre maillages de type éléments finis et applications numériques en mécanique non linéaire des structures

A. Bérard^{1,2,3},

P. Hild², V. Cano¹, S. Meunier^{1,3}

¹ EDF Recherche et Développement, Clamart, France, {alexandre.berard,valerie.cano,sebastien.meunier}@edf.fr

² Laboratoire de Mathématiques de Besançon, UMR CNRS 6623, Université de Franche-Comté, Besançon, France, patrick.hild@univ-fcomte.fr

³ Laboratoire de Mécanique des Structures Industrielles Durables, UMR CEA-CNRS-EDF 2832, Clamart, France

Résumé — En mécanique des milieux continus, les occasions de transférer des données d'un maillage sur un autre sont nombreuses : études chaînées lors de problèmes multi-physiques, remaillages lors de suivis de propagation de fissures ou lors de mesures de qualité d'un résultat, approches multi-modèles. Dans un calcul utilisant la méthode des éléments finis, deux types de champs sont concernés : ceux connus aux nœuds et ceux connus aux points de Gauss. Nous nous proposons ici de transférer de tels champs et de faire hériter aux champs transférés certaines propriétés des champs initiaux.

Mots clés — maillages incompatibles, interpolation, projection, optimisation sous contraintes.

1 Introduction

Considérons un solide occupant un ensemble Ω . Sur une première discrétisation de Ω , qualifiée de *maillage initial*, supposons connu un ensemble de *champs*. Le problème posé (réf. [1], [4]) est le *transfert* de ces champs du maillage initial vers une seconde discrétisation de Ω , le *maillage final*.

Deux classes de champs sont à transférer : ceux connus aux nœuds, comme les déplacements ou la température, et ceux connus aux points de Gauss, comme les déformations, les contraintes ou les variables internes. Chaque classe possède une nature particulière et réclame donc un traitement qui lui est propre : en effet, les champs de déplacement disposent d'une interpolation continue, ce qui n'est pas le cas des champs localisés aux points de Gauss.

D'autre part, il peut être intéressant de s'interroger sur les propriétés que peuvent conserver ces champs lors du transfert : condition de positivité, préservation des conditions aux limites, *etc.* Plus généralement, est-il envisageable de transférer tous les champs associés à une structure donnée en préservant l'ensemble des relations de dépendance entre ces champs ?

2 Transfert de champs connus aux nœuds

Il est possible de dégager trois grandes familles de transfert pour les champs connus aux nœuds : des méthodes « naïves », comme celle du plus proche voisin ; des méthodes d'interpolation (réf. [5]), utilisant ou non les fonctions de forme de l'un des maillages ; des méthodes de minimisation, discrètes (réf. [7]) ou continues (réf. [6]). Dans ce travail, chaque famille a été enrichie de nouvelles méthodes.

3 Transfert de champs connus aux points de Gauss

En ajoutant au transfert de champs entre nœuds une méthode d'extrapolation sur le maillage initial et une méthode d'interpolation sur le maillage final, il est possible de transférer des champs entre points de Gauss (réf. [2]). Toutefois, un tel détour n'est pas très satisfaisant : chaque opération ne fait qu'entacher d'erreur le champ initial. Dans cette optique, nous proposons et testons d'autres idées : création de maillages hybrides, où les points de Gauss deviennent des nœuds ; éclatement de chaque maille initiale, en autant de sous-mailles que de points de Gauss contenus dans cette maille ; méthode de préservation des champs polynomiaux, n'utilisant que les coordonnées des points de Gauss.

4 Transferts de champs sous contraintes

Toutes les méthodes décrites précédemment n'assurent pas nécessairement que les champs transférés restent dans le domaine physiquement admissible. Dans certains cas, il est donc nécessaire d'imposer des contraintes *a priori*. Le transfert de champs sous contraintes reste un problème encore largement ouvert à l'heure actuelle (réf. [3]). Dans ce travail, nous nous focalisons sur des transferts conservant le caractère minoré, voire borné, d'une quantité : il est par exemple essentiel que la déformation plastique cumulée reste positive, ou que l'endommagement soit compris entre 0 et 1. Deux outils sont envisagés : une méthode de pénalisation et une méthode de multiplicateurs de Lagrange.

5 Application numérique : adaptation de maillage

Certaines des méthodes présentées dans les parties précédentes ont été implantées dans le code de calcul par éléments finis *Code_Aster*, développé au centre R&D d'EDF. L'application numérique présentée ici est celle du raffinement d'un quart de plaque trouée, en dimension 2 et en élastoplasticité ; une dizaine d'adaptations est effectuée. Le transfert utilisé permet de réduire le nombre d'itérations nécessaires pour l'équilibrage en le ramenant au nombre d'itérations nécessaires pour le calcul (FIG. 1).

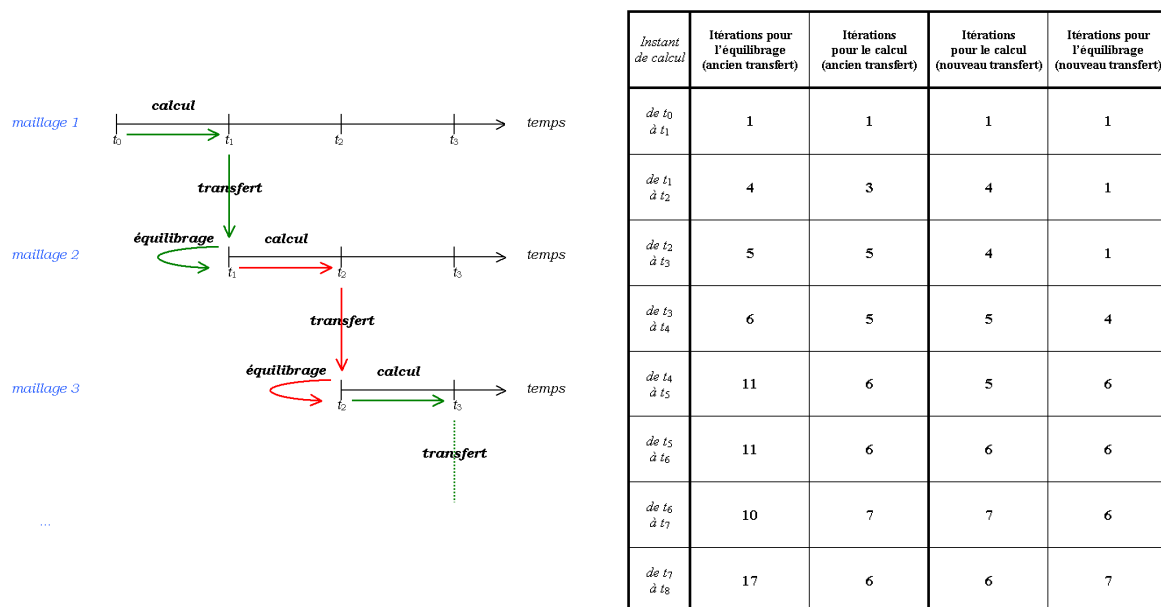


FIG. 1: Schéma du processus d'adaptation et nombre d'itérations de Newton lors des phases d'équilibrage et de calcul

Références

- [1] P. HILD, *Problèmes de contact unilatéral et maillage éléments finis incompatibles*, Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier, 1998.
- [2] D. NÉRON, *Sur une stratégie de calcul pour les problèmes multiphysiques*, Thèse de doctorat de l'École Normale Supérieure de Cachan, 2004.
- [3] R.H. NOCHETTO, L.B. WAHLBIN, *Positivity preserving finite element approximation*, Math. Comput. (71), 1405-1419, 2001.
- [4] M. ORTIZ, J.J. QUIGLEY, *Adaptive mesh refinement in strain localization problems*, Comput. Methods. Appl. Mech. Engrg. (90), 781-804, 1991.
- [5] D. PERIC, C. HOCHARD, M. DUTKO, D.R.J. OWEN, *Transfer operators for evolving meshes in small strain elastoplasticity*, Comput. Methods. Appl. Mech. Engrg. (137), 331-344, 1996.
- [6] G. RATEAU, *Méthode Arlequin pour les problèmes multi-échelles*, Thèse de doctorat de l'École Centrale de Paris, 2004.
- [7] P. VILLON ET AL., *Transfert de champs plastiquement admissibles*, C. R. Mécanique (330), 313-318, 2002.