

Proposition de projet de mastère spécialisé

Design des Matériaux et des Structures

Année 2017-2018

Encadrement

Oana Alexandra Ciobanu et Augustin Parret-Fréaud (Safran Tech), Basile Marchand et David Ryckelynck (Centre des Matériaux -Mines ParisTech)

Titre

Stratégie d'estimation d'erreur a posteriori et d'adaptation en milieu hétérogène

Contexte

Les bureaux d'études ont de plus en plus recours aux simulations numériques lors des processus de dimensionnement des pièces aéronautiques. Si les progrès effectués en la matière permettent de simuler des systèmes physiques de plus en plus complexes, il est nécessaire de pouvoir évaluer le degré de fiabilité des simulations, et d'améliorer la précision des résultats tout en gardant un coût de calcul raisonnable. Il apparaît alors le besoin de contrôle de la qualité d'une simulation numérique au regard des différentes sources d'erreur : discrétisation spatiale (finesse de maillage) et temporelle (algorithmes d'évolution), erreurs de modèle physique et mécanique, etc.

La méthode des éléments finis (EF) est la plus répandue pour le calcul des structures industrielles. Dans ce cadre, on s'intéressera à l'erreur de discrétisation spatiale, qui est définie comme l'écart entre la solution exacte et la solution obtenue par résolution EF du problème discret. En pratique, la solution exacte est rarement connue et la manière dont elle est approchée permet de distinguer les techniques d'estimation de l'erreur à posteriori. Une fois l'obtention d'une cartographie de l'erreur commise, ces techniques permettent par la suite la localisation des zones critiques et la détermination de consignes en vue d'une procédure d'adaptation de maillage automatique, le tout afin d'optimiser les ressources des simulations et atteindre une solution à une précision demandée.

L'estimateur d'erreur par lissage ou de type Zienkiewicz et Zhu (ZZ2) [[Zienkiewicz921]] est parmi les plus populaires dans l'industrie. Son fonctionnement repose sur un post traitement du champ de contrainte à caractère non intrusif, ce qui facilite son implantation. Il est ainsi disponible dans des plusieurs codes métiers (Abaqus, Z-set, etc.). Initialement développé dans le cadre de problèmes linéaires, il a également été étendu à certains types de non-linéarités.

Néanmoins, le développement croissant de matériaux à microstructures complexes (composites tissés, alliages polycristallin, etc.) fait apparaître des structures présentant des hétérogénéités entre matériaux. En particulier, dans le cas d'alliages polycristallins, ces hétérogénéités sont localisées au niveau des joints de grains où une estimation précise des champs paraît cruciale afin d'évaluer les mécanismes d'endommagement. Ce type de problèmes constitue un nouveau défi pour ces estimateurs et nécessite un traitement adapté des interfaces [[González-Estrada2014]] entre les matériaux en présence de discontinuités de certains champs. En outre, une sélection de certaines composantes suffisante pour l'évaluation de l'erreur pourrait simplifier l'analyse. [[Sydenstricker:2005]].

Objectif et travail proposé

L'objectif de ce stage est d'analyser la robustesse des estimateurs d'erreur de type ZZ2 en milieu hétérogène et d'en proposer des améliorations le cas échéant. Les travaux seront

réalisés au sein de la suite logicielle EF Z-set, qui est dotée de plusieurs estimateurs d'erreur de type ZZ2. Ces estimateurs seront appliqués à des problèmes représentatifs, dans un cadre linéaire élastique, puis non linéaire en présence de plasticité. Les calculs seront effectués en présence de solveurs séquentiels, puis parallèles par décomposition de domaines. Enfin, l'ensemble sera intégré dans un processus d'adaptation de maillage automatique.

Les différentes étapes de ce stage seront :

- Une étude bibliographique des méthodes d'estimation de l'erreur en milieu hétérogène ;
- L'application des estimateurs ZZ2 sur des cas métiers représentatifs (composites tissés, aube de turbine polycristalline) afin d'en identifier les limites ;
- Proposition et implantation d'améliorations de la méthode afin de s'affranchir des limites identifiées ;
- En fonction du temps restant, on envisagera la mise en place d'un processus d'adaptation de maillage automatique en milieu hétérogène, ainsi que le pilotage de la convergence de solveurs itératif de type décomposition de domaine par l'information remontée par l'estimateur.

Profil demandé

Le sujet convient à un candidat ayant un profil mécanique des matériaux et des structures ou mathématiques appliquées, et qui souhaite mettre en œuvre ces connaissances dans des calculs de structures, analyse numérique et programmation (C/C++).

Contact

oana-alexandra.ciobanu@safrangroup.com

augustin.parret-freud@safrangroup.com

Références

- [1] O. C. Zienkiewicz et J. Z. Zhu, «The superconvergent patch recovery and a posteriori error estimates. Part 1: the recovery technique,» *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 33, pp. 1331-1364, 1992.
- [2] O. A. González-Estrada, E. Nadal, J. J. Ródenas, P. Kerfriden, S. P. A. Bordas et F. J. Fuenmayor, «Mesh adaptivity driven by goal-oriented locally equilibrated superconvergent patch recovery,» *Computational Mechanics*, vol. 53, pp. 957-976, 2014.
- [3] R. M. Sydenstricker, A. L. G. A. Coutinho, M. A. D. Martins, L. Landau et J. L. D. Alves, «A Posteriori Error Estimate for Stress Analysis of Homogeneous and Heterogeneous Materials: An Engineering Approach,» *Finite Elem. Anal. Des.*, vol. 42, pp. 171-188, #dec# 2005.