

Z-set/ZeBuLoN : une suite logicielle pour la mécanique des matériaux et le calcul de structures

D.M. Benziane², V. Chiaruttini¹, J.D. Garaud¹, F. Feyel¹, R. Foerch³, N. Osipov², S. Quillici², J. Rannou¹, A. Roos¹, D. Ryckelynck²

¹ Onera DMSM/CEMN, Châtillon, France, {vincent.chiaruttini,jean-didier.garaud,frederic.feyel,johann.rannou}@onera.fr

² MINES ParisTech, Centre des matériaux, CNRS UMR 7633, Evry, France, {nikolay.osipov,stephane.quillici}@ensmp.fr

³ NW Numerics, Coventry, RI, USA info@nwnumerics.com

Résumé — La suite Z-set/ZeBuLoN est un ensemble d'outils dédiés à la mécanique des matériaux et au calcul de structures co-développés par l'Onera, le Centre des Matériaux de l'ENSMP et par la société NW Numerics. Il intègre différents modules tels qu'un solveur éléments finis, une bibliothèque d'intégration de loi matériaux, un optimiseur permettant de déterminer les paramètres matériaux d'une loi à partir de données d'essais. Certains de ces modules sont indépendants et peuvent être utilisés par des codes commerciaux (Abaqus, Samcef, ...) sous la forme de plugins. Par ailleurs, le solveur éléments finis présente plusieurs niveaux de parallélisation et a été utilisé avec succès en couplage de codes, notamment pour des simulations d'interaction fluide-structure.

Mots clés — éléments finis, lois de comportement, calcul parallèle, fissuration, couplage de codes

1 Présentation générale de la suite Z-set/ZeBuLoN

La suite logicielle Z-set est un ensemble d'outils dédiés à la mécanique des matériaux et au calcul de structures. Elle est essentiellement articulée autour de deux modules :

- un solveur éléments finis généraliste
- Z-Mat, une bibliothèque matériaux et un langage de haut niveau pour la définition de lois de comportement personnelles.

D'autres modules plus spécifiques sont disponibles parmi lesquels nous pouvons citer :

- Z-Cracks, un outil dédié à la simulation de propagation de fissures 3-D
- Z-SimOpt, un outil d'aide à l'identification de paramètres de lois de comportement à partir de données d'essais

Ces outils sont conjointement développés par l'Onera, le Centre des Matériaux de l'ENSMP et par la société NW Numerics. Ils sont utilisés aussi bien en milieu universitaire qu'industriel.

2 Le solveur éléments finis

ZeBuLoN est un solveur éléments finis généraliste qui utilise un grand nombre de concepts modernes pour le calcul de structures. Il est tout d'abord adapté au calcul parallèle à la fois en mémoire partagée (multithreading) et en mémoire distribuée (solveur décomposition de domaines par exemple). ZeBuLoN présente une interface générique permettant de réaliser de manière peu intrusive (via un mécanisme de plugins) du couplage de code [1]. Cette technique a été utilisée avec succès pour des applications d'interaction fluide-structure via un couplage avec MSD et Cèdre (codes de mécanique des fluides de l'Onera)[3].

Des fonctionnalités spécifiques à la simulation de propagation de fissure sont également mises en œuvre. Deux concepts sont principalement utilisés [2] : (i) la méthode X-FEM associée au formalisme des fonctions de niveaux et (ii) une technique de remaillage conforme basée sur les outils de remaillage de l'INRIA [ref distene INRIA]. Un certain nombre de lois de propagations associées à des méthodes de type G- θ ou intégrales d'interaction (pour la détermination des quantités énergétiques de propagation)

sont mis en œuvre. Ces fonctionnalités peuvent être dissociées du solveur ZeBuLoN pour constituer le module Z-Cracks et être ainsi utilisées sous la forme d'un plugin dans Abaqus/Standard.

L'ouverture du code permettant la mise en œuvre des techniques de remaillage a également permis de développer des méthodes de réduction adaptative de modèle [4]. Ces méthodes offrent la possibilité de choisir entre des modèles détaillés ou des modèles à précision dégradée mais à coût numérique réduit.

3 Z-Mat

Cette librairie comprend un nombre important de lois de comportement génériques ou modulaires comme par exemple des lois élasto-visco-plastiques en petites et grandes déformations. Les utilisateurs ont en outre la possibilité d'écrire eux même une loi de comportement par l'intermédiaire d'un langage haut niveau appelé ZebFront. Les opérations d'intégrations temporelles (Runge-Kutta, θ -method) ou de résolution de systèmes non-linéaires locaux sont gérées de manière implicite pour les utilisateurs. Z-Mat est nativement intégré au solveur ZeBuLoN mais peut aussi être décliné sous la forme de plugin et être associé à des codes commerciaux tels Abaqus/Standard, Abaqus/Explicit, SAMCEF, LS-Dyna ou ANSYS.

Z-SimOpt est un module associé à Z-Mat qui permet, à l'aide d'algorithmes d'optimisation, d'identifier les paramètres d'une loi matériau à partir de résultats d'essais.

Références

- [1] J. D. Garaud, A. Roos *Design and implementation of code coupling methods for solving fluid-structure interactions problems*, European Congress on Computational Mechanics , 2010.
- [2] J. Rannou, V. Chiaruttini, F. Feyel, N. Osipov, S. Quilici *X-fem and explicit crack meshing techniques applied to industrial fracture mechanics problems*, European Congress on Computational Mechanics , 2010.
- [3] F.-X. Roux and J.-D. Garaud *Domain decomposition methodology with Robin interface matching conditions for solving strongly coupled fluid-structure problems*, International Journal for Multiscale Computational Engineering, 2009.
- [4] D. Ryckelynck, D. M. Benziane *Multi-level a priori hyper reduction of mechanical models involving internal variables*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2010.