

Stratégies de contrôle d'erreur en calcul de structures industrielles.

Mise en œuvre d'estimation d'erreur en quantité d'intérêt et d'adaptation de maillage.

Thèse de doctorat présentée pour obtenir le titre de :

Docteur de l'Université de Picardie Jules Verne

Spécialité Mécanique

Par :

Josselin DELMAS

Soutenue le 17 avril 2008 devant le jury composé de MM. :

Rapporteurs :

Antonio HUERTA

Professor of Applied Mathematics (Làcan, UPC) ;

Serge PRUDHOMME

Research Scientist (ICES, University of Texas at Austin) ;

Examineurs :

Pierre-Bernard BADEL

Docteur Ingénieur (LaMSID et dépt. AMA, EDF R&D) ;

Patrice COOREVITS

Professeur des Universités (LTI, UPJV) ;

Mohamed GUESSASMA

Maître de Conférence (LTI, UPJV) ;

Patrick HILD

Professeur des Universités (Université de Franche-Comté) ;

Jean-Marc ROELANDT

Professeur des Universités (Laboratoire Roberval, UTC) ;

Dirigée par P. COOREVITS, Laboratoire des Technologies Innovantes (EA 3899) ;
Co-encadrée par M. GUESSASMA, Laboratoire des Technologies Innovantes (EA 3899) ;
Co-encadrée par P.-B. BADEL, Laboratoire de Mécanique des Structures Industrielles Durables (UMR 2832) et Département AMA, EDF R&D.

Stratégies de contrôle d'erreur en calcul de structures industrielles. Mise en œuvre d'estimation d'erreur en quantité d'intérêt et d'adaptation de maillage.

Résumé

Pour les problèmes linéaires, différentes démarches existent pour estimer la qualité de la solution éléments finis. Elles conduisent généralement à l'estimation d'une norme de l'erreur globale. Mais le choix d'une précision globale fondée sur une norme du déplacement est souvent délicat car il n'y a pas de lien direct quantitatif avec une erreur sur des quantités mécaniques locales ayant un intérêt pour l'ingénieur appelées quantités d'intérêt. L'objectif de ce travail est de développer et de mettre en œuvre dans *Code_Aster* une méthode d'estimation d'erreur en quantité d'intérêt pour le calcul de structures industrielles.

Une étude bibliographique a permis de situer l'état de l'art et de faire le point sur les méthodes d'estimation d'erreur globale et locale et sur les techniques d'adaptation de maillages afin de déterminer celles qui sont les plus adaptées pour le calcul de structures en milieu industriel.

Ensuite, une comparaison a été faite afin de déterminer la pertinence de l'utilisation de l'erreur en quantité d'intérêt dans un processus adaptatif par rapport à l'utilisation de l'erreur en norme de l'énergie, d'un raffinement uniforme ou d'un raffinement local dans la zone d'intérêt. L'étude a montré que l'utilisation de l'erreur en quantités d'intérêt est la stratégie qui permet toujours d'obtenir la meilleure précision pour un nombre d'éléments donné : cette stratégie est la plus pertinente dans un contexte de calcul de structures industrielles.

Compte tenu des résultats précédents, une méthode d'estimation d'erreur en quantité d'intérêt a été développée et implémentée dans *Code_Aster*. Elle est basée sur la relation fondamentale de l'erreur en quantité d'intérêt et sur un estimateur d'erreur globale en norme de l'énergie de type résidus explicites. Cet estimateur ne permettant pas d'accéder à des bornes de l'erreur mais à une valeur approchée, il s'apparente donc à un indicateur d'erreur. Pour réaliser cette estimation, la résolution d'un problème dual est nécessaire. Les chargements de ce problème, particulier pour chaque quantité d'intérêt considérée, sont fournis pour de nombreuses quantités d'intérêt (notamment pour la contrainte de Von Mises). Le calcul final de l'erreur en quantité d'intérêt, à partir du calcul primal et du calcul dual est automatique. Une quantité d'intérêt pour l'estimation de l'erreur sur les facteurs d'intensité des contraintes a également été développée en 2D et 3D. Des exemples numériques ont montré le bon comportement de cet indicateur pour guider un processus d'adaptation de maillage pour les différentes quantités d'intérêt.

Enfin, la stratégie de contrôle d'erreur développée a été utilisée, avec *Code_Aster*, dans le cadre d'études de structures industrielles. Deux études effectuées au département AMA, à EDF R&D sont présentées. La première consiste à étudier la contrainte de Von Mises dans un rotor HP, la seconde s'intéresse à la contrainte verticale dans les goujons d'un assemblage boulonné.

Mots-Clés : erreur *a posteriori* - erreur en quantité d'intérêt - résidus explicites - stratégie d'adaptation - contrainte de Von Mises - facteur d'intensité des contraintes - *Code_Aster* - structures industrielles.