

Méthodes isogéométrique multipatch pour des coques épaisses non linéaires avec contact

Par :

Nicolas ADAM, Laboratoire de Mécanique des Solides, Ecole Polytechnique

Directeur de thèse :

Patrick LE TALLEC, Laboratoire de Mécanique des Solides, Ecole Polytechnique

Co-encadrant :

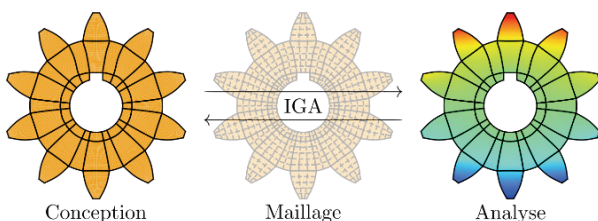
Malek ZARROUG, Direction Scientifique et Technologies Futures, Groupe PSA

L'analyse isogéométrique (IGA), introduite par Hughes et al. en 2005 [1], permet d'unifier la conception à l'analyse en utilisant les mêmes modèles géométriques pour la création et la simulation numérique. Dans l'idéal, un module IGA pourrait directement être intégré aux logiciels existant en utilisant les mêmes fonctions splines régulières, sans introduire de nouvelles fonctions de base qui, en plus de facétiser la géométrie, nécessite un temps de préparation supplémentaire. De par la construction des fonctions splines, la géométrie issue d'un logiciel de conception est nécessairement composée de plusieurs domaines (ou patches). La majeure partie des applications visées par les travaux publiés à ce jour concerne des pièces simples, constituées de quelques patches voir même d'un seul. Les objectifs de ce travail ont été de développer des méthodes multipatch, en IGA, adaptées aux coques épaisses soumises à des grandes rotations de normale ainsi qu'à du contact non frottant.

Trois formulations de couplage multipatch ont été proposées et comparées. La méthode par pénalité a été délaissée pour des raisons de précision et robustesse. La formulation duale (multiplicateurs de Lagrange) n'a pas été retenue car elle est fastidieuse de mise en oeuvre pour des géométries complexes [2]. Une méthode de type lagrangien augmenté a été développée avec un espace des multiplicateurs de Lagrange adapté au contexte industriel: elle est simple de mise en oeuvre, robuste aux géométries complexes, de faible coût numérique et vérifie directement les conditions d'unicité de la solution en déplacement.

L'énergie de déformation pour des coques épaisses étant composée de termes d'ordre différent (membrane, flexion et cisaillement), un verrouillage numérique apparaît dès lors que l'on essaye d'intégrer ces contributions avec un même nombre de points d'intégration. Afin de palier à cette difficulté, une règle d'intégration réduite [3] a été étendue au cas des géométries multipatch. Les méthodes multipatch et règles d'intégration sont détaillées dans [4].

Un modèle de coque non linéaire a été proposé avec en particulier la prise en compte des grandes rotations de normale. Une formulation lagrangienne totale, avec une paramétrisation



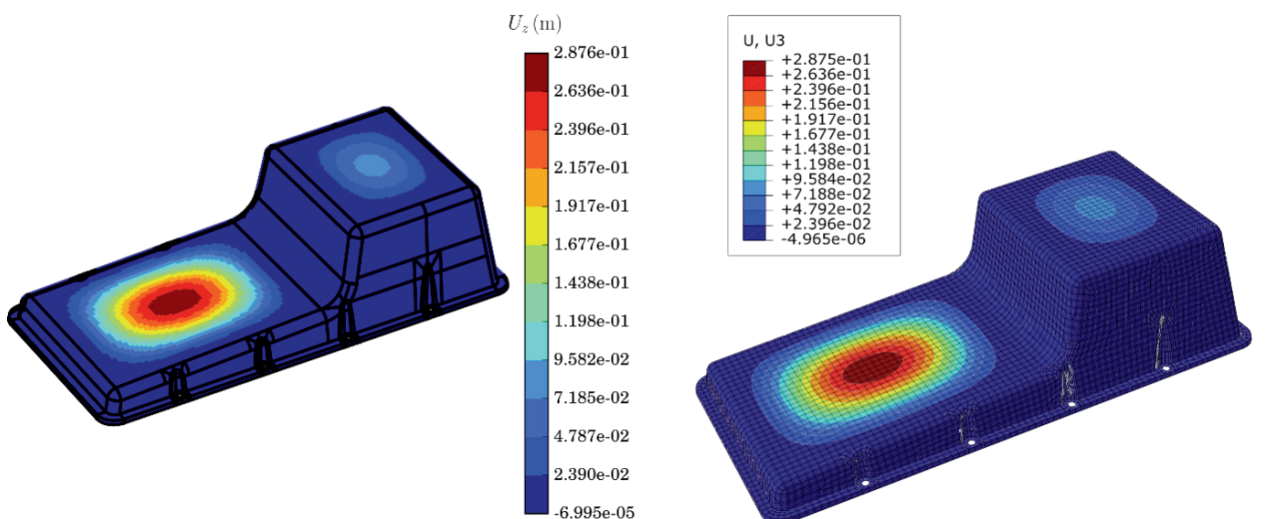
axio-angulaire des rotations, a été mise en oeuvre car elle permet d'évaluer les efforts intérieurs de manière exacte en plus d'induire un faible coût numérique.

Pour la prise en compte du contact, une méthode originale, basée sur une discrétisation noeud-segment (KTS), a été mise en place. Les méthodes KTS consistent à assurer les conditions de contact en un nombre prédéfini de points de collocation. Elles s'opposent aux méthodes de type mortier qui assurent les conditions de contact au sens faible. En introduisant un espace de multiplicateurs de Lagrange, nous avons proposé une méthode hybride KTS-mortier qui présente l'avantage d'être simple de formulation et d'implémentation pour un coût numérique contenu.

De nombreux essais de validation ont été proposés face à des solutions reconnues. L'exemple industriel d'un carter d'huile encastré sur son socle et soumis à une pression verticale a démontré une bonne précision pour une mise en oeuvre facilitée comparée à un logiciel par éléments finis (FEA) classique. La structure est composée de 279 patches et 525 interfaces. Cette étude permet de montrer la précision de la méthode multipatch augmentée, de l'intégration réduite et plus généralement la robustesse du développement numérique.

N.A.

Déplacement vertical pour un carter d'huile modélisé par des coques épaisses



IGA - 4428 éléments quadratiques avec intégration réduite

FEA - 5824 éléments quadratiques avec intégration réduite

Références

- [1] T.J.R. Hughes, J.A. Cottrell and Y. Bazilevs. Isogeometric analysis : CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 194, no. 39, pages 4135–4195, 2005.
- [2] E. Brivadis, A. Buffa, B. Wohlmuth and L. Wunderlich. Isogeometric mortar methods. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 284, pages 292–319, 2015.
- [3] C. Adam, S. Bouabdallah, M. Zarroug and H. Maitournam. Improved numerical integration for locking treatment in isogeometric structural elements. Part II : Plates and shells. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 284, pages 106–137, 2015.
- [4] N. Adam, P. Le Tallec and M. Zarroug. Multipatch isogeometric mortar methods for thick shells. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 372, 2020.