

FOLIO ADMINISTRATIF

THÈSE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON

NOM : BOUCLIER

DATE de SOUTENANCE : 30 septembre 2014

Prénoms : Robin, Benjamin

TITRE : Éléments finis isogéométriques massifs coque sans verrouillage pour des simulations en mécanique non linéaire des solides

NATURE : Doctorat

Numéro d'ordre : 2014-ISAL-0090

École doctorale : MEGA

Spécialité : Mécanique - Génie Mécanique - Génie Civil

Cote B.I.U. - Lyon : T 50/210/19 / et bis

CLASSE :

RÉSUMÉ :

Avec l'arrivée de l'Analyse IsoGéométrique (IGA), le calcul de coque est devenu possible en utilisant la géométrie exacte pour des maillages grossiers. Pour cela, les polynômes de Lagrange sont remplacés pour l'interpolation par des fonctions NURBS (technologie la plus courante en conception assistée par ordinateur). De plus, ces fonctions possèdent une continuité supérieure ce qui offre une meilleure précision qu'un calcul éléments finis à nombre de degrés de liberté égal. L'IGA a déjà été développée pour les formulations coques. Elle n'a été cependant que très peu étudiée pour les modèles massifs coque. Pourtant, cette deuxième approche est très utilisée par l'ingénieur car elle permet de calculer des structures minces à l'aide d'éléments continus 3D, c'est-à-dire en faisant intervenir uniquement des inconnues en déplacements.

La difficulté en calcul de coque est de faire face au verrouillage qui conduit à une forte dégradation de la convergence de la solution. Le cadre NURBS ne permet pas lui-même de résoudre ce problème. La meilleure efficacité de l'approximation NURBS ne peut donc être atteinte sans le développement de techniques particulières pour supprimer le verrouillage. C'est le but de cette thèse dans le cadre des éléments massifs coque.

Le premier travail a consisté, sur un problème de poutre courbe, à étendre les méthodes sans verrouillage habituelles au contexte NURBS. Deux nouvelles stratégies ont alors été développées pour les NURBS : la première est basée sur une technique d'intégration réduite tandis que la seconde fait appel à une projection \bar{B} . Le formalisme général des méthodes \bar{B} semblant plus adapté, c'est celui-ci que nous avons développé ensuite pour les éléments massifs coque. Plus précisément, nous avons mis en place une formulation mixte de laquelle nous avons pu dériver la projection \bar{B} équivalente. Cette démarche constitue d'un point de vue théorique le résultat principal du travail : une méthode systématique pour construire une projection \bar{B} consistante est de passer par une formulation mixte.

D'un point de vue mise en œuvre, l'idée principale pour traiter le verrouillage des éléments massifs coque a été de modifier l'interpolation de la moyenne dans l'épaisseur de la coque des composantes du tenseur des contraintes. Un contrôle de hourglass a aussi été ajouté pour stabiliser l'élément dans certaines situations. L'élément obtenu est de bonne qualité pour un interpolation de bas degrés et des maillages grossiers : la version quadratique semble plus précise que des éléments standards NURBS de degré 4. La méthode proposée conduit à une matrice de rigidité globale de petite taille mais pleine. Ce problème est inhérent aux NURBS. Il a pu être limité ici en utilisant une procédure de type moindres carrés locaux pour approcher la projection \bar{B} .

Finalement, l'élément mixte a été étendu avec succès en non linéaire géométrique ce qui témoigne du potentiel de la méthode pour mener des simulations complexes.

MOTS-CLÉS : élément massif coque, analyse isogéométrique, verrouillage, méthode mixte, projection \bar{B} , intégration réduite, contrôle de hourglass, flambage, non linéaire.

Laboratoire(s) de recherche : Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Solides

UMR CNRS 5514 - INSA de Lyon

20, avenue Albert Einstein

69621 Villeurbanne Cedex FRANCE

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Alain COMBESURE

Composition du jury : Jean-Louis BATOZ
Farid ABED-MERAIM
Bruno COCHELIN
Alain COMBESURE

René DE BORST
Manfred BISCHOFF
Antoine LEGAY
Thomas ELGUEDJ