

Méthode de Galerkin Discontinue isogéométrique avec interfaces mobiles

Centre de Recherche Inria Sophia Antipolis - Méditerranée
Equipe-Projet ACUMES
2004 Route des Lucioles, BP 92, 06902 Sophia Antipolis Cedex, France

Contexte

L'équipe-Projet ACUMES (<http://team.inria.fr/acumes>) est une équipe commune du Centre de Recherche Inria Sophia Antipolis Méditerranée et du laboratoire de mathématiques Jean-Alexandre Dieudonné de l'Université de Nice. Les recherches qui y sont menées concernent l'analyse et l'optimisation de systèmes régis par des équations aux dérivées partielles, avec des applications allant de la mécanique des fluides et des structures à la modélisation de phénomènes biologiques, du trafic routier et piétonnier. Dans ce contexte, le développement de schémas numériques efficaces occupe une activité importante de l'équipe.

Depuis quelques années, un nouveau paradigme de simulation est en train d'émerger, l'*analyse isogéométrique*, qui consiste à résoudre les équations aux dérivées partielles par une approche variationnelle, à l'aide de bases NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) issues du domaine du CAD (Computer-Aided Design). Cette approche a l'avantage de permettre la résolution des équations sans approximation géométrique, i.e. avec un domaine de calcul reposant *exactement* sur la géométrie issue du CAD, contrairement à l'utilisation d'un maillage classique qui approche la géométrie du problème par linéarisation locale. Par conséquent, l'analyse isogéométrique permet une représentation unique d'ordre élevé pour la géométrie et les champs à résoudre, ce qui conduit à un gain en terme de précision et une facilité d'interaction. L'approche a été popularisée par T. Hughes [CHB09], principalement pour des problèmes elliptiques et paraboliques.

L'équipe-Projet ACUMES a proposé récemment une formulation pour les équations hyperboliques, reposant sur une méthode de Galerkin Discontinue [Duv18]. Cette approche a été appliquée à l'aérodynamique compressible dans le cadre des équations d'Euler, puis Navier-Stokes, incluant des stratégies de raffinement local et capture de choc.

Objectif de la thèse

Le but de cette thèse est d'étudier l'extension de la méthode de Galerkin Discontinue isogéométrique aux problèmes avec interfaces mobiles, pour lesquels le domaine de calcul est soumis à des déplacements. Différents problèmes sont visés, comme par exemple les problèmes d'analyse de sensibilité géométrique, pour lesquels on cherche à déterminer les modifications de la solution dues à des perturbations géométriques locales, ou les problèmes avec des corps déformables ou en mouvements solides (translation, rotation), pour lesquels un déplacement global est imposé explicitement. On pourra également étudier les problèmes d'interaction fluide-structure pour lesquels le déplacement est dicté par un couplage physique. On s'intéressera tout particulièrement à la précision de l'approche proposée, en comparant avec les méthodes classiques avec maillage. Les gains liés à l'utilisation d'un domaine de calcul d'ordre élevé et géométriquement exact seront quantifiés.

Travail à réaliser

Le doctorant sera intégré à l'équipe-Projet ACUMES du Centre de Recherche Inria Sophia Antipolis Méditerranée. Il devra tout d'abord formaliser les extensions visées dans le contexte de la méthode de Galerkin Discontinue isogéométrique. Concernant l'analyse de sensibilité géométrique, il s'appuiera sur la méthode de l'équation de sensibilité continue, qui consiste à résoudre un ensemble d'équations aux dérivées partielles additionnelles issues de la dérivation des équations d'état par rapport à la géométrie [DP06]. Cette approche est a

priori bien adaptée aux représentations NURBS d'ordres élevés. Concernant l'analyse avec domaine en mouvement, le doctorant s'appuiera sur une formulation de type ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian) [PPB09], qui devra être étendue aux représentations NURBS d'ordres élevés.

Sur la base du code de calcul existant (langage C++) permettant la résolution des équations d'Euler/Navier-Stokes sur domaines NURBS, le doctorant implémentera les approches proposées et conduira un ensemble de tests numériques basés sur des problèmes académiques puis industriels, de manière à qualifier les méthodes et quantifier leur précision. Les applications visées concernent les écoulements compressibles autour de profils aéronautiques ou d'aubes de turbine.

Profil recherché

Le candidat devra être titulaire d'un master (ou équivalent) en calcul scientifique / mathématiques appliquées. Une connaissance du langage C++ est nécessaire. Une expérience en simulation numérique, calcul intensif, schémas d'ordres élevés est un plus.

Direction: Regis Duvigneau

Contact: regis.duvigneau@inria.fr

Lien: <http://team.inria.fr/acumes>

Durée: 3 ans

Lieu: Centre de Recherche Inria Sophia Antipolis - Méditerranée

Salaire mensuel: environ 2000€(brut)

References

- [CHB09] J.A. Cottrell, T.J.R. Hughes, and Y. Bazilevs. *Isogeometric analysis : towards integration of CAD and FEA*. John Wiley & sons, 2009.
- [DP06] R. Duvigneau and D. Pelletier. On accurate boundary conditions for a shape sensitivity equation method. *Int. J. for Numerical Methods in Fluids*, 50(2), 2006.
- [Duv18] R. Duvigneau. Isogeometric analysis for compressible flows using a Discontinuous Galerkin method. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2018.
- [PPB09] P.-O. Persson, J. Peraire, and J. Bonet. Discontinuous Galerkin solution of the Navier–Stokes equations on deformable domains. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 198(17-20):1585–1595, 2009.