

Simulation de la stabilisation d'un problème fluide–structure

Guillaume DELAY, Institut de Mathématiques de Toulouse

Michel FOURNIÉ, Institut de Mathématiques de Toulouse

Introduction On s'intéresse à stabiliser par feedback un problème d'interaction fluide–structure. Le fluide est représenté par les équations de Navier–Stokes, la structure dépend d'un nombre fini de paramètres. L'existence de solutions au problème continu et leur stabilisation ont été étudiées récemment [1]. Dans ce travail, nous présentons des simulations numériques associées à ce problème de stabilisation qui requièrent un traitement particulier nouveau. La méthode utilisée est de type domaine fictif, c'est-à-dire que le maillage ne s'appuie pas sur la structure et ne change pas au cours du temps.

Le problème abordé Nous considérons un modèle d'interaction fluide–structure où le fluide satisfait les équations de Navier–Stokes. Les équations de la structure sont obtenues à l'aide du principe des travaux virtuels [1]. Le domaine global représente une veine de soufflerie (voir Figure 1).

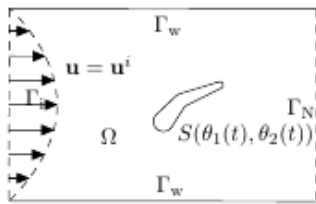


Figure 1: Géométrie

L'originalité du modèle utilisé vient du fait que la structure est déformable et ne dépend que de deux degrés de liberté [1].

Nous présentons les simulations numériques associées à la stabilisation du problème continu. La principale difficulté de cette étude est qu'il faut fournir un contrôle par feedback à un système dont la configuration évolue au cours du temps. Nous montrerons comment mettre en œuvre de façon efficace un tel feedback en utilisant une méthode basée sur des éléments finis coupés.

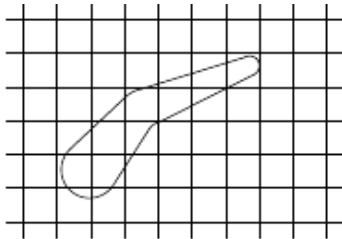


Figure 2: Le domaine fictif

Nous adoptons une approche partitionnée, à chaque pas de temps on résout d'abord les équations de la structure puis celles du fluide. Les équations de Navier–Stokes en domaine mobile sont discrétisées sur un maillage fixe à l'aide d'une level-set localisant le bord de la structure (voir Figure 2) et d'éléments finis coupés (XFEM). Les conditions de Dirichlet sont prises en compte avec des multiplicateurs de Lagrange. Pour assurer une convergence optimale du schéma, on ajoute un terme de stabilisation sur le bord de la structure. L'analyse numérique de la version stationnaire de cette méthode a été effectuée dans [2].

Le contrôle est calculé à partir de la solution d'une équation de Riccati portant sur un modèle réduit de faible dimension. Ce modèle réduit est déterminé en analysant le linéarisé des équations écrites dans un domaine fixe. L'originalité de notre travail vient du fait que l'on peut calculer un contrôle dans un domaine mobile à partir d'une matrice de feedback qui est définie sur un domaine fixe. La méthode utilisée peut facilement être étendue à d'autres problèmes d'interaction fluide–structure.

Les simulations numériques du système en boucle fermée sont effectuées avec la bibliothèque GetFEM++ pour des nombres de Reynolds de l'ordre de 200.

Références

- [1] GUILLAUME DELAY, *Analyse de la stabilisation d'un problème d'interaction fluide–structure*, thèses de l'Université Paul Sabatier, 2018.
- [2] MICHEL FOURNIÉ, ALEXEI LOZINSKI, *Inf-sup stable unfitted extended finite element methods with Lagrange multipliers for the Stokes equations*, the conference proceedings volume 'Geometrically Unfitted Finite Element Methods and Applications - Proceedings of the UCL Workshop 2016'

Guillaume DELAY, Institut de Mathématiques de Toulouse, Université Paul Sabatier – 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cédex 9, France.

guillaume.delay@math.univ-toulouse.fr

Michel FOURNIÉ, Institut de Mathématiques de Toulouse, même adresse.

michel.fournie@math.univ-toulouse.fr