

Contrôle optimal des phénomènes de transfert par des modèles d'ordre réduit adaptatifs

Cyrille ALLERY, LaSIE, UMR 7356 CNRS, Université de La Rochelle

Mourad OULGHELOU, LaSIE, UMR 7356 CNRS, Université de La Rochelle

Le contrôle optimal des phénomènes de transfert nécessite de résoudre les équations décrivant ces phénomènes et leurs équations adjointes de nombreuses fois, ce qui entraîne des temps de calcul très longs et des capacités de stockage importantes. Il n'est donc pas possible d'envisager de faire du contrôle en temps réel ou quasi-réel avec les techniques de résolution classiques (éléments finis, volumes finis, etc). Afin de diminuer drastiquement les temps de calcul et la taille des données stockées, il est possible d'utiliser des méthodes de réductions de modèle. Ces approches consistent à écrire la solution du problème dans une base de taille réduite, puis à projeter les équations décrivant les phénomènes de transfert sur cette base afin d'obtenir un système d'équations différentielles de petite taille dont la résolution, très rapide, permet d'accéder à la dynamique temporelle. La POD (Proper Orthogonal Decomposition) est la méthode de réduction de modèle la plus utilisée. L'inconvénient majeur de l'approche POD réside dans le fait que la base construite n'est valable que pour la gamme de paramètres pour laquelle elle a été construite. Cet aspect est handicapant notamment à l'intérieur d'une boucle de contrôle où le paramètre varie. Dans le contexte du contrôle optimal, l'approche POD a entre autres été utilisée par Bergmann et al. [2] pour minimiser la traînée d'un écoulement autour d'un cylindre. Basée sur la méthode des régions de confiance, l'approche proposée nécessite de construire une nouvelle base POD pour chaque itération de l'algorithme de contrôle où la solution est en dehors de la région de validité du ROM précédent, et donc par suite à faire des simulations classiques des équations de Navier-Stokes, ce qui est coûteux. Tallet et al. [4] ont quant à eux utilisé l'approche pour contrôler un écoulement anisotherme. Pour cela ils ont considéré une base POD fixe construite à l'aide de clichés issus de simulations balayant une large plage de paramètres de contrôle. Les simulations se font en temps quasi-réels mais l'approche ne permet pas d'avoir un paramètre cible trop éloignée de ceux utilisés pour la construction de la base. Dans ce papier, afin de s'affranchir de ces difficultés, deux techniques de mise à jour de base sont proposées. La première est la PGD (Proper Generalized Decomposition), introduite par Ammar et al. [1], qui est une technique itérative d'enrichissement de bases. Ainsi à chaque itération de l'algorithme de contrôle la base est mise à jour par quelques itérations PGD. La seconde approche est quant à elle une technique d'interpolation de bases, robuste, basée sur le calcul des géodésies dans la variété de Grassmann. Cette approche, introduite par Amsallem et Farhat [3] dans le contexte de l'aéro-élasticité, permet d'obtenir rapidement par interpolation une nouvelle base à chaque itération de l'algorithme de contrôle. Ces différentes approches seront appliquées pour contrôler les phénomènes décrits par les équations de Burger et les équations de Stokes à l'intérieur d'une cavité dans laquelle des sources existent. L'objectif est de retrouver l'intensité des sources, qui sont les paramètres de contrôle, correspondant à une valeur cible du phénomène. La robustesse et le potentiel de ces approches en termes de précision et de temps de calcul seront présentés.

Références

- [1] A. AMMAR, MOKDAD, F. CHINESTA ET R. KEUNINGS, *A new family of solvers for some classes of multidimensional partial differential equations encountered in kinetic theory modeling of complex fluids*, Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, vol 139(3),p. 153-176, 2006.
- [2] D. AMSALLEM ET C. FARHAT, *An Interpolation Method for Adapting Reduced-Order Models and Application to Aeroelasticity*, AIAA Journal, vol 46(7), p. 1803-1813, 2008.
- [3] D. AMSALLEM ET C. FARHAT, *Optimal control of the cylinder wake in the laminar regime by trust-region methods and POD reduced-order models*, Journal of Computational Physics, vol 227(16), p. 7813-7840, 2008.
- [4] A. TALLET, C. ALLERY ET C. LEBLOND, *Optimal flow control using a POD based Reduced-Order Model*, Numerical Heat Transfer, Part B, vol 170, p. 1-24, 2016.

Cyrille ALLERY, LaSIE, UMR 7356 CNRS, Université de La Rochelle Pôle Science et Technologie Avenue Michel Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex 1, France
callery@univ-lr.fr