

Interaction fluide-structure en milieu périodique : une modélisation multi-échelles et homogénéisée par transformée en ondelettes continue

Samy MOKHTARI, CEA Cadarache

Guillaume RICCIARDI, CEA Cadarache

Vincent FAUCHER, CEA Cadarache

Pierre ARGOUL, IFSTTAR

Lucas ADELAIDE, IFSTTAR

Mots-clés : interaction fluide-structure, compressible, multi-échelles, homogénéisation, ondelettes.

La simulation de l'interaction fluide-structure (IFS) repose généralement sur un traitement séparé de chaque milieu. Dès lors, il est nécessaire de gérer l'interface, et d'échanger les informations relatives aux conditions aux limites [1]. Afin de contourner cette difficulté, des modélisations homogénéisées de l'IFS ont été développées [2], en particulier dans le cas de milieux périodiques. Inspirée des milieux poreux, des écoulements diphasiques, ou de la Simulation des Grandes Échelles en turbulence, cette approche repose sur un moyennage spatial des équations locales. Elle offre l'avantage de faire disparaître les interfaces, et rend dès lors possible l'utilisation de maillages plus grossiers. Cependant, ces techniques de filtrage présentent deux limitations majeures : tout d'abord, elles prennent mal en compte les conditions aux limites dans le cas d'écoulements bornés, en raison de la non-commutativité entre l'opérateur de filtrage et les dérivées spatiales; par ailleurs, elles induisent une perte d'informations à l'échelle microscopique, ce qui implique l'ajout d'un modèle de fermeture pour traiter les interactions entre échelles. En IFS, cette fermeture représente l'effort exercé par le fluide sur la micro-structure.

Afin de répondre à ces problématiques, les auteurs proposent un nouveau formalisme de filtrage spatial, basé sur la transformée en ondelettes continue (TOC). À la différence de ses usages les plus courants (adaptation de maillage a posteriori, analyse multi-résolution, post-traitement), la TOC est ici appliquée aux équations locales de chaque milieu, afin de dériver un système d'EDPs portant sur des variables filtrées et homogénéisées : les coefficients en ondelettes. La TOC offre l'avantage majeur de répondre à l'enjeu de fermeture des équations filtrées, sans recourir à un modèle ad hoc. Cela est rendu possible par sa capacité à reconstruire un signal à l'échelle micro à partir de ses coefficients en ondelettes. Appliquée à un cas d'étude, portant sur l'interaction entre un fluide parfait en écoulement compressible et des assemblages combustibles au sein de réacteurs à eau pressurisée, la TOC ouvre donc la voie à une reconstruction du champ de pression à l'échelle micro, à partir d'une résolution des équations filtrées à des échelles bien choisies. Un premier cas test numérique 2D démontre la capacité de la TOC à bien reconstruire, avec un nombre limité d'échelles mésoscopiques, l'effort exercé par le fluide sur une micro-structure, sur la base d'une solution microscopique de référence calculée avec le code de dynamique rapide EUROPLEXUS.

Références

- [1] FAUCHER, V., CROUZET, F. AND DEBAUD, F., *Mechanical consequences of LOCA in PWR : full scale coupled 1D/3D simulations with fluid-structure interaction.*, Nuclear Engineering and Design, 270:359-378, 2014.
- [2] RICCIARDI, G., BELLIZI, S., COLLARD, B. AND COCHELIN, B., *Row of fuel assemblies analysis under seismic loading: modelling and experimental validation.*, Nuclear Engineering and Design, 239:2692-2704, 2009.

Samy MOKHTARI, CEA Cadarache, DEN/DTN/STCP/LTHC, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance, France
samy.mokhtari@cea.fr

Guillaume RICCIARDI, CEA Cadarache, DEN/DTN/STCP/LTHC, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance, France
guillaume.ricciardi@cea.fr

Vincent FAUCHER, CEA Cadarache, DEN/DTN, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance, France
vincent.faucher@cea.fr

Pierre ARGOUL, IFSTTAR, MAST/EMGCU, 14-20 boulevard Newton, 77455 Marne-la-Vallée Cedex, France
pierre.argoul@ifsttar.fr

Lucas ADELAIDE, IFSTTAR, MAST/EMGCU, 14-20 boulevard Newton, 77455 Marne-la-Vallée Cedex, France
lucas.adelaide@ifsttar.fr