

Proposition de thèse en Interaction Fluide Structure

Titre :

Homogénéisation de l'interaction fluide structure en faisceaux de tubes.

Contexte :

Ces travaux sont consacrés à la modélisation du comportement dynamique d'un système mécanique constitué de cylindres assemblés en un réseau immergé dans un fluide stagnant ou en écoulement. Ils s'inscrivent dans le cadre de l'optimisation des capacités prédictives des modèles dynamiques de cœurs de réacteurs nucléaires, des réacteurs Sodium RNR-Na dits de 4^{ème} Génération en particulier. L'homogénéisation a été introduite depuis de nombreuses années pour modéliser des systèmes physiques présentant certaines propriétés pouvant se décliner soit en terme de périodicité de comportement soit par la nature multi-phasique du milieu. A cet égard, le faisceau de tubes se prête particulièrement bien à ce type de représentation en raison de sa périodicité géométrique, sous l'hypothèse de linéarisation possible des conditions aux limites aux interfaces dans le cas dynamique, et de la présence de deux phases : le fluide dense et les solides qui peuvent être assimilés à un milieu continu homogène poreux équivalent. La résolution du système dynamique couplé fluide structure global par une méthode directe ou itérative peut conduire à la résolution d'un système algébrique de grande taille qui peut être mal conditionné. Elle est souvent limitée à la simulation de phénomènes d'échelles locales (Huvelin 1998). L'homogénéisation constitue une alternative intéressante pour le passage à l'échelle réelle.

Etat de l'art :

Le couplage entre l'équation d'élasto-dynamique et les équations de Laplace, de Stokes et d'Euler linéarisées en l'absence d'écoulement permanent a fait l'objet de nombreux développements en cours de trois dernières décennies et sa mise en oeuvre dans le cadre de l'homogénéisation a été abordée par plusieurs auteurs (Broc et al. 2008, Jacquelin et al. 1996). Parmi les notions clés, l'introduction de l'accélération de Darcy permet de modéliser les échanges de flux entre cellules voisines en cas de mouvements relatifs entre solides. La définition d'un amortissement de Rayleigh peut faciliter la modélisation de certains effets dissipatifs. Enfin l'hypothèse de répétitivité peut conduire à des simplifications de la modélisation de la turbulence. Par ailleurs, l'homogénéisation des équations de Navier-Stokes a été abordée dans le cadre de travaux récents (Chandesris 2007).

Objectif :

Les travaux proposés ont pour objectif de compléter les formulations précédentes et de construire un modèle homogénéisé pour les faisceaux de tubes basé sur un couplage entre l'équation d'élasto-dynamique et les équations de Navier-Stokes. Ils comprendront une phase de bibliographie et de simulations visant à appréhender la physique des écoulements dans les faisceaux de tubes mobiles, suivie de l'élaboration d'un prototype de couplage entre solveurs fluide et solide en formulations homogénéisées. Enfin ils aboutiront à la modélisation de la dynamique d'un cœur complet. Dans un premier temps, le périmètre d'étude sera restreint, à des fins de validation, au cadre des petits déplacements et à des régimes d'écoulement laminaire puis turbulent, sur la base de modèles RANS. Il pourra être étendu par la suite pour mieux rendre compte au niveau des modèles de certaines instationnarités liées à la turbulence et à des transitoires d'excitations pouvant se traduire par des grands déplacements dans le cas de mouvements d'ensemble ou de mouvements différentiels entre cylindres d'un même réseau.

Références :

Broc, D., Sigrist J.F., 2008, Dynamic analysis of a tube bundle with fluid-structure interaction modeling using a homogenisation method, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 197(9-12), 1080-1099.
Chandesris, M. 2007, Modélisation des écoulements turbulents dans les milieux poreux et à l'interface avec un milieu libre, *Thèse de doctorat*.
Huvelin, F., 2008, Couplage de codes en interaction fluide structure et application aux instabilités fluide-élastiques, *Thèse de doctorat*.
Jacquelin, E., Brochard, D., Trollat, C., Jézéquel, L., 1996, Homogenisation of non-linear array of confined beams, *Nuclear Engineering and Design*, 165(1-2), 213-223.

Cadre :

Institut Jean Le Rond d'Alembert

Université Pierre et Marie Curie-Paris 6
UMR CNRS 7190

LaMSID

UMR EDF CNRS CEA 2832

EDF R&D

Département MFEE

Contacts :

Pour tous renseignements :

Elisabeth LONGATTE

Email : elisabeth.longatte@edf.fr

Tel : 01 30 87 80 87