
Modèle d'ordre réduit paramétrique pour la simulation des écoulements turbulents autour d'un obstacle

Antoine Monnier*¹, Jean Charles Poirier², Claudine Béghein¹, and Cyrille Allery¹

¹Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE) – CNRS : UMR7356, Université de La Rochelle, Université de La Rochelle – France

²SIREHNA – Technocampus Océan 5 rue de l'Halbrane 44340 BOUGUENNAIS - FRANCE – France

Résumé

Lors du dimensionnement de structures immergées (navire, hydrolienne ...) la maîtrise de la propagation des incertitudes liées à l'écoulement et leur quantification sur la pression hydrodynamique pariétale au voisinage de la structure est prépondérante. Il est donc nécessaire de connaître l'évolution temporelle de la pression pariétale en fonction de la variabilité des paramètres (vitesse de l'écoulement, inclinaison de la structure...). L'obtention de cette pression pariétale nécessite la connaissance de l'écoulement turbulent environnant et par suite la résolution des équations de Navier-Stokes pour chaque valeur des paramètres considérés. Ces simulations étant très coûteuses en tant de calcul et en stockage il n'est pas possible d'envisager de les faire pour une grande gamme de variabilité des paramètres.

Afin de s'affranchir de ces difficultés, nous proposons dans ce travail d'utiliser des techniques de réduction de modèle basées sur la POD (Proper Orthogonal Decomposition). Pour cela, la simulation de l'écoulement autour de l'obstacle est réalisée pour quelques valeurs des paramètres (nombre de Reynolds Re , angle d'incidence de la vitesse sur l'obstacle

θ) gouvernant l'écoulement. Pour chacune de ces simulations, une base spatiale réduite (de petite taille M) en vitesse et en pression, optimale au sens énergétique, est construite par POD. La solution approximée sur cette base réduite s'écrit alors comme une somme de N produits de coefficients temporels et des vecteurs de base. En injectant cette solution approximée dans les équations de la conservation de la quantité de mouvement il apparaît un résidu. Le modèle réduit est alors obtenu par projection de Galerkin, c'est à dire que le résidu est supposé orthogonal à chacun des vecteurs de la base réduite. La résolution de ce modèle d'ordre réduit (MOR), qui est un système d'équations différentielles de taille réduite M , est très rapide comparée à la résolution des équations de Navier-Stokes. La solution peut alors être reconstruite grâce aux coefficients temporels qui viennent d'être calculés par MOR et des vecteurs de la base POD. L'objectif est de prédire l'écoulement associé à un nouveau jeu de paramètres (Re , θ) pour lesquels aucune simulation n'a été faite, à partir des bases réduites associées aux paramètres $\{Re_i, \theta_i\}_{i=1..n_b}$. L'utilisation de techniques d'interpolation usuelles (RBF, Lagrange...) s'avèrent peu efficaces car elle. Cette approche sera appliquée au cas de l'écoulement turbulent autour d'un cylindre et/ou d'un profil NACA.

Mots-Clés: POD, MOR, ITSGM

*Intervenant