

---

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Numerical simulations of the flow around tandem circular cylinders in the subcritical and postcritical regimes[BR]- Integration internship**

**Auteur :** Martin, Loïc

**Promoteur(s) :** Andrianne, Thomas

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

**Année académique :** 2020-2021

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/11564>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

## Abstract

### NUMERICAL SIMULATIONS OF THE FLOW AROUND TANDEM CIRCULAR CYLINDERS IN THE SUBCRITICAL AND POSTCRITICAL REGIMES

**Author:** Loïc MARTIN

**Academic supervisor:** Ph.D. Thomas ANDRIANNE (ULiège)

**Members of the jury:** Ph.D. Chandan BOSE (ULiège)

Elena DI SILVESTRO (CRM-Group)

Pr. Vincent TERRAPON (ULiège)

**University:** ULiège

**Faculty:** Applied Sciences

**Section:** Aerospace Engineering

**Academic year:** 2020-2021

As idealized as it may seem, the structures with tandem circular cylindrical profiles are widely found in engineering applications. As the action of the wind does not spare any buildings, the aerodynamic study of these structures is necessary. Therefore, the challenging unsteady flow around smooth and rough tandem cylinders in the subcritical and postcritical regimes is studied through numerical simulations with a rigorous methodology. This thesis aims to assess the ability of 2D URANS simulations to capture the mean and fluctuating quantities and the flow behavior. Experimental data are introduced as principal reference results. The use of wall function boundary conditions is also assessed in both flow regimes, and only very small center-to-center spacings between cylinders are considered. Two turbulence models are employed in the URANS simulations: the  $k - \omega$  SST model and the Langtry-Menter 4-equation Transitional SST model. On the one hand, from preliminary studies, the former model is more suitable for the postcritical regime with wall function boundary conditions. On the other hand, the second model with a resolved viscous layer is more adapted for the subcritical regime as the boundary layer on the upstream cylinder is laminar before separation. For the smooth case, URANS simulations yield very accurate estimations of main quantities in the subcritical regime. In the postcritical regime, the mean flow quantities are captured, and the global wake is narrower as the upstream separation is delayed, which allows using wall functions. The simulations predict the expected shear layer reattachment on the downstream cylinder for both regimes. Regarding roughness, it is only modeled by wall functions. For both regimes, the flow around rough cylinders is simulated thanks to the  $k - \omega$  SST model. High discrepancies appear with experimental data for the subcritical regime as wall functions are not adapted for such separated flow. In the postcritical regime, wall functions yield satisfactory results compared to experiments, especially for the upstream cylinder. Notwithstanding the necessary improvements for simulating the flow around rough tandem cylinders in the subcritical regime, the present methodology can be used for further applications on the flow around tandem cylinders.

## Abstract

### SIMULATIONS NUMÉRIQUES DE L'ÉCOULEMENT AUTOUR DE CYLINDRES CIRCULAIRES EN TANDEM DANS LES RÉGIMES SOUS-CRITIQUE ET POST-CRITIQUE

**Auteur:** Loïc MARTIN

**Promoteur académique:** Ph.D. Thomas ANDRIANNE (ULiège)

**Membres du jury:** Ph.D. Chandan BOSE (ULiège)

Elena DI SILVESTRO (Groupe CRM)

Pr. Vincent TERRAPON (ULiège)

**Université:** ULiège

**Faculté:** Sciences Appliquées

**Section:** Ingénierie Aérospatiale

**Année académique:** 2020-2021

Aussi idéalisées qu'elles puissent paraître, les structures à profil cylindrique circulaire en tandem sont très répandues dans les applications techniques. Comme l'action du vent n'épargne aucun bâtiment, l'étude aérodynamique de ces structures est nécessaire. Par conséquent, l'écoulement instationnaire complexe autour de cylindres lisses et rugueux en tandem dans les régimes sous-critique et post-critique est étudié par le biais de simulations numériques basées sur une méthodologie rigoureuse. Cette thèse vise à évaluer la capacité des simulations URANS 2D à estimer les quantités moyennes et fluctuantes, ainsi que le comportement de l'écoulement. Des données expérimentales sont introduites comme principaux résultats de référence. L'utilisation des conditions aux limites dites "wall function" est également évaluée dans les deux régimes d'écoulement. De très petits espacements de centre à centre entre les cylindres sont considérés. Deux modèles de turbulence sont utilisés dans les simulations URANS : le modèle SST  $k - \omega$  et le modèle SST transitoire à 4 équations de Langtry-Menter. D'une part, d'après des études préliminaires, le premier modèle est plus approprié pour le régime post-critique avec des conditions limites "wall function". D'autre part, le second modèle avec une couche visqueuse résolue est plus adapté au régime sous-critique car la couche limite sur le cylindre amont est laminaire avant la séparation. Concernant les cylindres lisses dans le régime sous-critique, les simulations URANS donnent des estimations très précises des quantités principales. Dans le régime post-critique, les quantités de l'écoulement moyen sont estimées correctement, et le sillage global est plus fin car la séparation en amont est retardée, ce qui permet d'utiliser des "wall functions". Les simulations prédisent le rattachement attendu des couches de cisaillement sur le cylindre aval pour les deux régimes. En ce qui concerne la rugosité, elle est uniquement modélisée par des "wall function". Pour les deux régimes, l'écoulement autour des cylindres rugueux est simulé grâce au modèle SST  $k - \omega$ . De fortes divergences apparaissent avec les données expérimentales pour le régime sous-critique car les "wall functions" ne sont pas adaptées à un écoulement aussi séparé. Dans le régime post-critique, les "wall function" donnent des résultats satisfaisants par rapport aux expériences, en particulier pour le cylindre amont. Malgré les progrès nécessaires pour la simulation de l'écoulement autour de cylindres rugueux en tandem en sous-critique, la méthodologie présentée peut être utilisée pour d'autres applications sur l'écoulement autour de cylindres en tandem.

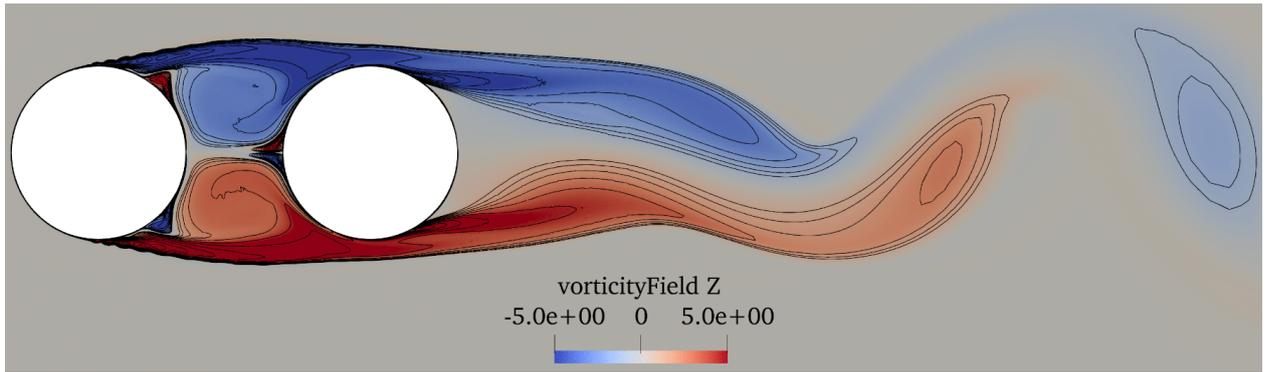


Figure 0.1: Vorticity contours for smooth tandem cylinders in the subcritical regime. Contours de vorticité pour un tandem de cylindres lisses dans le régime sous-critique.

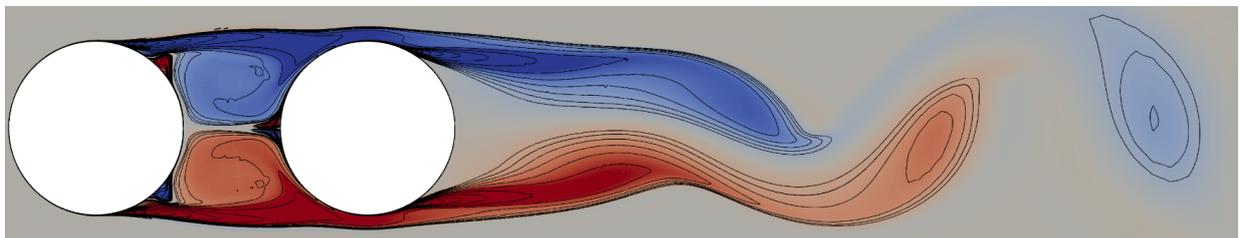


Figure 0.2: Vorticity contours for smooth tandem cylinders in the postcritical regime. Contours de vorticité pour un tandem de cylindres lisses dans le régime post-critique.

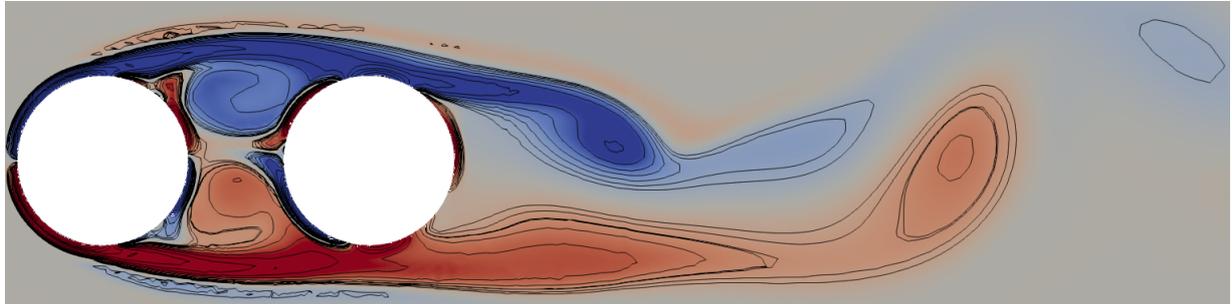


Figure 0.3: Vorticity contours for rough tandem cylinders in the subcritical regime. Contours de vorticité pour un tandem de cylindres rugueux dans le régime sous-critique.

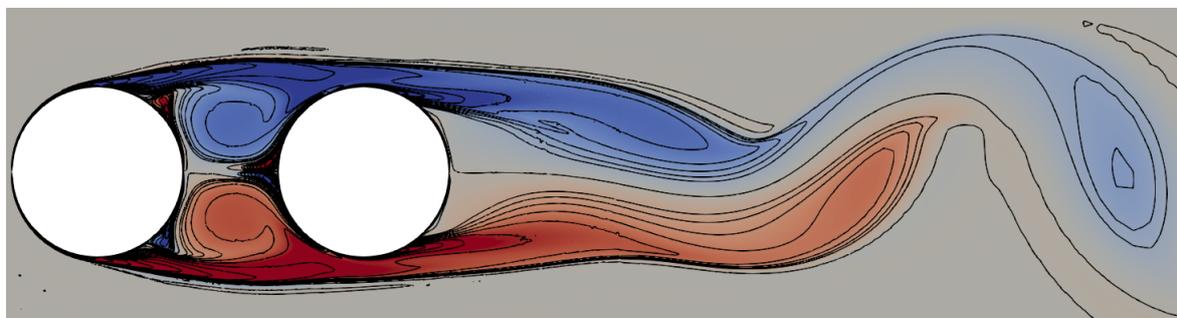


Figure 0.4: Vorticity contours for rough tandem cylinders in the postcritical regime. Contours de vorticité pour un tandem de cylindres rugueux dans le régime post-critique.