



Cut-off analysis of coherent vortical structure identification in a three-dimensional external flow

Anthi Miliou^a, Iraj Mortazavi^{b,*}, Spencer Sherwin^a

^a Department of Aeronautics, Imperial College London, South Kensington Campus, London SW7 2AZ, UK

^b Mathématiques appliquées de Bordeaux UMR 5466 CNRS, université Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence, France

Received 27 November 2003; accepted after revision 21 September 2004

Available online 25 January 2005

Presented by Michel Combarneous

Abstract

Vortical structure identification has more recently been applied in the study of the transport of vortical structures in low Reynolds number three-dimensional complex geometry flows. An important issue in this identification procedure is to choose an appropriate cut-off value λ_2 which takes into consideration the finite precision vortex interfaces. This cut-off choice is studied in this Note and applied to an external flow around a curved cylinder. The vortex identification technique at different cut-off values is compared to the threshold of the vorticity field showing the efficiency of choosing the optimal tolerance gap. The computations are performed with a fully three-dimensional spectral/*hp* element method. **To cite this article:** A. Miliou et al., *C. R. Mecanique* 333 (2005).

© 2004 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

Résumé

Analyse des seuils de coupure pour identifier des structures cohérentes dans un écoulement tridimensionnel externe. Ce travail est consacré à l'identification des structures cohérentes présentes dans l'écoulement tridimensionnel d'un fluide visqueux aux bas nombres de Reynolds avec des géométries complexes. Une des issues importantes de ce processus d'identification est le besoin de spécifier un seuil numérique λ_2 pour tenir compte des limites de précision de ce genre de calcul, en ce qui concerne l'interface des structures identifiées. Dans ce travail, ce seuil a été étudié et appliqué à un écoulement externe autour de tuyaux courbés. Les choix sont ensuite comparés aux résultats de la méthode du seuil de la vorticité mettant en évidence l'importance du choix approprié d'un seuil optimal. Tous les calculs sont effectués par une méthode tridimensionnelle du type 'spectral/*hp* element'. **Pour citer cet article :** A. Miliou et al., *C. R. Mecanique* 333 (2005).

© 2004 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

Keywords: Computational fluid mechanics; Vortex identification technique; Spectral/*hp* element method

Mots-clés : Mécanique des fluides numérique ; Identification des structures cohérentes

* Corresponding author.

E-mail address: Iraj.Mortazavi@math.u-bordeaux1.fr (I. Mortazavi).

Version française abrégée

L'identification des structures cohérentes représente un élément important dans la dynamique des écoulements réels. En effet, ces structures sont principalement convectées par l'écoulement, et constituent des entités qui demeurent quasi intactes au cours du temps. Elles transportent de plus une bonne partie de l'enstrophie [13]. Plusieurs stratégies d'identification existent. La plus naturelle consiste en la visualisation des isovalues de la vorticité. Si cette première méthode permet de se faire une bonne idée de la localisation des tourbillons, elle n'est toutefois pas suffisamment précise dès qu'il s'agit d'isoler ces tourbillons. Un critère de détection utilisant un seuil de vorticité fixé aussi, a priori, ne donne pas des résultats fiables. En effet, si par définition, il permet d'isoler les parties de l'écoulement dans lesquelles la vorticité est la plus forte (en valeur absolue), ce critère ne permet pas toujours de distinguer les zones cohérentes des zones non cohérentes. Les Figs. 2(e) et 2(f) montrent comment ce type de détection confond des zones cisailées non-cohérentes avec des structures concentrées, transportées dans l'écoulement. Jeong et Hussain ont alors proposé [5] une méthode plus satisfaisante pour un fluide incompressible, qui consiste à identifier les noyaux tourbillonnaires en fonction du principe de pression minimale dans la rotation d'un fluide parfait. Cela revient à considérer la nature des valeurs propres du tenseur $S^2 + \Omega^2$, dont la deuxième plus grande valeur propre doit être négative (S et Ω correspondent aux composantes symétrique et antisymétrique du tenseur de gradient de vitesse). Comparé à l'usage direct des isocontours de vorticité, ce critère a l'avantage d'isoler des structures rotationnelles telles que des tourbillons, de zones non-cohérentes (la couche limite, ...) et irrotationnelles. Pour effectuer cette étude, on utilise une simulation numérique directe de l'écoulement d'un fluide visqueux incompressible autour d'un cylindre courbé (Fig. 1) par une méthode tridimensionnelle du type 'spectral/hp element' [14].

On montre que, même si le critère de Jeong et Hussain ne nécessite aucun seuil théorique donné a priori, il est cependant nécessaire de spécifier un seuil numérique pour sa mise en oeuvre. La détermination de ce paramètre est effectuée en considérant le pourcentage d'enstrophie contenue dans les zones cohérentes détectées par le critère de Hussain en fonction du paramètre λ_2 (Fig. 3). Trois différents comportements sont alors observés : pour des très petites valeurs du seuil, proche de la définition initiale, les résultats sont dominés par le bruit numérique qui rend le critère inutilisable (Figs. 2(a) et 3). Ensuite, on constate l'apparition d'une zone intermédiaire optimale identifiant des structures cohérentes présentes dans l'écoulement (Fig. 3). Dans cette gamme, plus on accroît la valeur de λ_2 , plus la taille des zones rotationnelles identifiées se voit réduite (Figs. 2(b) et 2(c)). On observe enfin, une région asymptotique. Cette région correspond physiquement aux couches de cisaillement contenant de très grandes quantités d'enstrophie sans pour autant correspondre à une structure cohérente (Figs. 2(d) et 3). Ces résultats confirment l'existence d'une région optimale intermédiaire pour le choix de λ_2 en dehors de laquelle on sera confronté soit aux zones rotationnelles mélangeant des structures cohérentes et non-cohérentes, soit à un manque d'informations sur la vorticité. Ce critère de détection, ayant finalement été validé, pourrait être utilisé de façon pertinente afin d'établir certaines propriétés intrinsèques aux tourbillons, en fonction du nombre de Reynolds : nombre et taille des tourbillons, pourcentage d'enstrophie de l'écoulement qu'ils transportent, etc.

1. Introduction

Bluff bodies are defined as those for which the flow separates from a large section of the body's surface [1]. Bluff bodies are encountered in many engineering applications i.e. offshore riser pipes, bridges, heat exchanger tubes etc. The study of the flow past these bodies is of great importance both in the research community and in the industrial world.

Once the boundary layers separate, they then become free shear layers. Above a body-dependent critical Reynolds number, the shear layers interact and roll up, resulting in vortices being shed from alternating sides of the bluff body. This produces the formation of two rows of discrete vortices in a staggered array in the wake commonly known as a von-Kármán vortex street and this process is called vortex shedding.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10426311>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10426311>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)