



Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID: 9880

To link to this article:

URL: http://website.ec-nantes.fr/actesjh/images/12JH/Annexe/prothin_jh12.pdf

To cite this version: Prothin, Sebastien and Djeridi, Henda and Billard, Jean-Yves *Effet d'un tourbillon longitudinal sur le comportement d'un profil portant bidimensionnel*. (2010) In: 12ème Journées de l'Hydrodynamique, 17 November 2010 - 19 November 2010 (Nantes, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr

Effet d'un tourbillon longitudinal sur le comportement d'un profil portant bidimensionnel.

S. Prothin^a, H. Djeridi^b, J-Y. Billard^a

- a. Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav EA 3634), Département Mécanique et Energétique en Environnement Naval, CC 400, 29240 BREST Cedex 9
- b. Laboratoire de Physique des Océans (LPO, UMR 6523, CNRS, IFREMER, IRD, UBO), Université Européenne de Bretagne, Université de Brest / UFR Science, 6 Av. Le Gorgeu, BP 809, 29285 Brest Cedex.
sebastien.prothin@ecole-navale.fr

Une situation classique, dans l'agencement du système propulsif d'un navire, consiste à placer le safran de gouvernail à l'aval du propulseur, dans son sillage. Cette situation permet, en particulier, de tirer profit, dans les phases de manœuvre, de l'effet de « coup de fouet » obtenu en augmentant brutalement la vitesse de rotation (ou le pas) du propulseur pendant une durée très brève. Les interactions qui existent entre le propulseur et le safran de gouvernail ont fait l'objet de diverses études [1, 2, 3, 4, 5] tant expérimentales que numériques. En route libre les tourbillons générés en pied de pale, au voisinage du moyeu, viennent se regrouper sur l'ogive du propulseur pour constituer ce qu'il est convenu d'appeler le tourbillon d'ogive. Ce tourbillon est ensuite convecté au voisinage immédiat du safran et la question se pose des interactions éventuelles de ce tourbillon avec l'écoulement portant sur le safran. En particulier le comportement du safran à forte incidence est, en raison des normes en vigueur, l'objet d'une attention particulière de l'architecte naval. Deux paramètres sont analysés : d'une part la portance du safran à forte incidence et son angle de décrochement et d'autre part les vibrations et instationnarités pouvant apparaître lors d'une mise en forte incidence. L'un des objectifs de cette étude est d'analyser l'effet du tourbillon d'ogive sur les performances hydrodynamiques du safran dans ces conditions extrêmes.

Le travail présenté concerne une situation expérimentale simplifiée où un tourbillon est généré par un profil NACA0020 de forme en plan elliptique (Pichon [6]) placé en amont d'un profil NACA0015 bidimensionnel. Une attention particulière est portée sur la dynamique du décollement (allée de Kàrmàn, couche de cisaillement et nombre de Strouhal) pour un nombre de Reynolds basé sur la longueur de corde du profil NACA0015 de $0,5 \cdot 10^5$. Afin de comprendre les mécanismes sous-jacents, des mesures locales du champ de vitesse et des mesures globales d'effort ont été réalisées. Les mesures de PIV 2D-3C ont été réalisées afin d'analyser la topologie de l'écoulement suivant différents plans transverses de part et d'autre du tourbillon pour des incidences de 5° , 10° , 12.5° , 15° , 20° et 25° , permettant ainsi de comprendre l'influence de la position du tourbillon par rapport au safran.

La configuration d'interaction est représentée sur la *figure 1*. La présence du tourbillon à proximité de l'extrados du profil aval détermine deux zones, la zone « Outflow » où le vortex induit un champ de vitesse dirigé depuis la paroi vers l'écoulement non perturbé et la zone « Inflow » où le vortex induit un champ de vitesse dirigé vers la paroi.

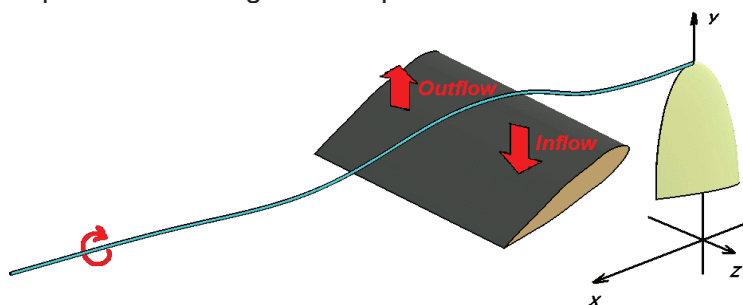


Figure 1: Configuration expérimentale.

La *figure 2* montre la modification du coefficient de portance en présence du tourbillon. En particulier on remarquera que la chute brutale de la portance liée au décrochement statique du profil a disparue pour être remplacée par un plateau de portance qui est identique que l'on soit en phase d'augmentation ou de diminution de l'incidence. Cette disparition de la boucle d'hystérésis est caractéristique de l'interaction entre le tourbillon et le profil aval.

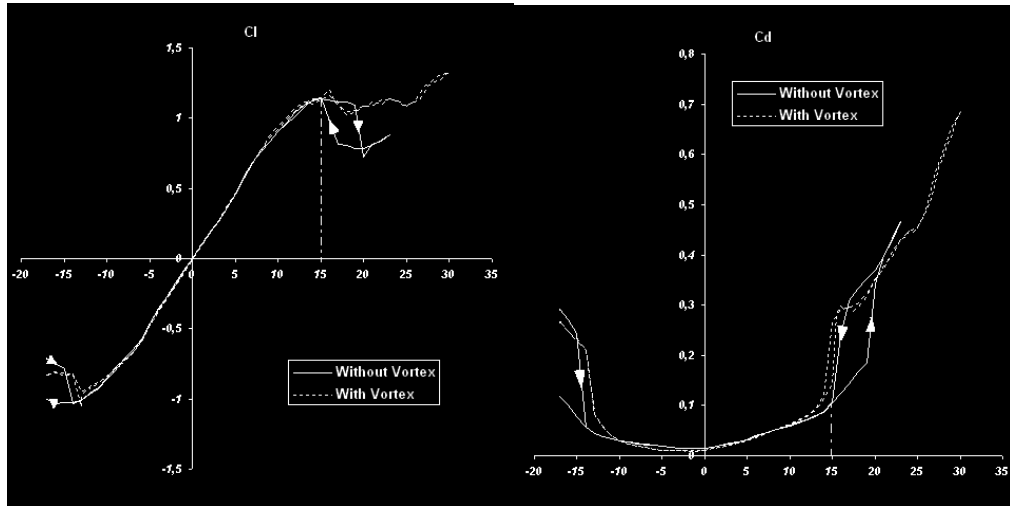


Figure 2 : Coefficients de portance et de traînée du profil 2D avec et sans tourbillon.

La *figure 3* montre les iso-contours des composantes longitudinale et verticale de la vitesse, sans vortex dans le plan médian et avec vortex dans les zones de *Inflow* et *Outflow*. Sans tourbillon, on observe une topologie d'écoulement décollé avec éjection périodique d'un tourbillon de bord de fuite et de bord d'attaque. En présence du tourbillon, dans la région de *Outflow* le détachement est plus épais et le sillage est dévié vers le haut, dans la région de *Inflow* le décollement est inhibé, et le sillage est dévié vers le bas. Le basculement de la nappe tourbillonnaire est caractéristique de l'influence du tourbillon.

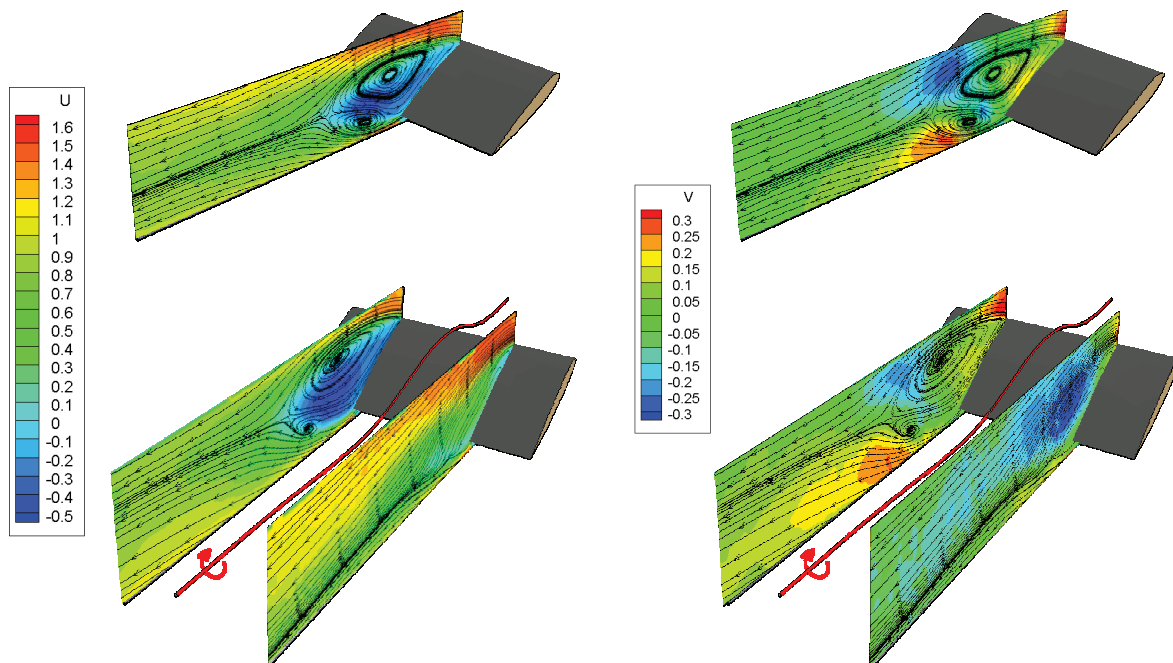


Figure 3 : Iso-contour des composantes U longitudinale à gauche, et verticales V à droite, pour une incidence de 25° superposé avec les lignes de courant 2D

Afin de mieux comprendre les mécanismes physiques de l'inhibition du lâché de Kàrmàn, du rattachement de la couche limite dans la zone *inflow*, des quantités turbulentes, de la topologie

de la couche de cisaillement et de la distribution d'énergie modale, seront étudiés par l'utilisation de la base de données complètes acquises à des incidences différentes.

Enfin, les modifications globales des efforts hydrodynamiques mesurés sur le profil bidimensionnel seront analysées à la lumière des résultats des mesures locales de vitesse réalisées dans la couche limite à l'extrados du profil.

REFERENCES

- [1] A.F. Molland, S.R. Turnock, *Marine rudders and control surfaces*. Elsevier, Butterworth-Heinemann, 2007.
- [2] A.F. Molland, S.R. Turnock, *Wind tunnel investigation of the influence of propeller loading on ship rudder performance*. University of Southampton, Science report n°46, 19 91
- [3] J-M. Laurens, F. Grosjean, *Numerical simulation of the propeller-rudder interaction*. Ship Technology Research. Vol. 49, n° 1, pp. 3-12, 2002
- [4] M. Felli, C. Roberto, G. Guj, *Experimental analysis of the flow field around a propeller-rudder configuration*. Experiments in fluid, Vol. 46, n° 1, pp 147-164.
- [5] H. Lee, S. A. Kinnas, H. Gu, S. Natarajan, *Numerical modeling of rudder sheet cavitation including propeller/rudder interaction and the effects of a tunnel*. Fifth International Symposium on Cavitation (CAV2003), Osaka, Japan, November 1-4, 2003
- [6] T. Pichon, *Contribution à l'étude de la Cavitation de Tourbillon Marginal*. PhD thesis, Ecole Centrale de Nantes, 1995.