

**GEORGE Sijo**

## **TITRE DE LA THESE**

**Simulation numérique directe de la transition laminaire turbulent sur un hydrofoil flexible.**

### **Résumé**

Dans cette thèse, les vibrations induites par la transition laminaire turbulent sur un hydrofoil NACA66 à un nombre de Reynolds  $Re=450\ 000$  sont étudiées. Des simulations numériques directes (DNS) sont mises en place afin de prédire un écoulement de couche limite incompressible, qui sont couplées avec un hydrofoil en mouvement de rotation libre. Ainsi, un couplage fluide structure de type implicite est développé dans le code Nek5000. Du fait du caractère très amont de cette méthode, de nombreux cas de validations sont effectués, menant au cas des vibrations induites par la transition. Ensuite, les recherches se basent sur une étude paramétrique, consistant à mener des cas d'oscillation forcées (rotations imposées) et d'oscillations libres (mouvements du au chargement induit par l'écoulement). Cela permet d'analyser finement les interactions entre les vibrations de l'hydrofoil et son écoulement de couche limite transitionnel. A ce titre, de nouveaux paramètres adimensionnels sont mis en place, permettant de caractériser les interactions fluides structures sur ce type d'écoulement. Du point de vue de l'écoulement de couche limite, il a été observé que la localisation du point de transition est proportionnelle à l'amplitude des mouvements de rotation de l'hydrofoil, de sa vitesse de rotation ainsi que du ratio fréquentiel entre la fréquence naturelle du système et la fréquence de lâchers tourbillonnaire liée à la transition. La génération d'ondes TS (premier pas vers la transition de couche limite) est aussi sensible aux vibrations. Ensuite, les résultats ont montré que les structures cohérentes formées en aval de ces ondes TS, subissent une évolution spatiale dont la longueur d'onde transversale est proportionnelle à l'épaisseur de déplacement de la couche limite. Le déplacement de la région transitionnelle vers le bord d'attaque tend à réduire les fluctuations de pressions périodiques liées à cette transition, tandis que de celle-ci devient plus étendue dans la direction de l'écoulement. Finalement, lorsque la fréquence naturelle de l'hydrofoil se rapproche de la fréquence de lâcher du bulbe (ratio fréquentiel proche de 1), il a été observé une réponse multi-fréquentielle, liée à une forte interaction entre la transition et les vibrations de l'hydrofoil. L'étude suggère que dans ce cas précis, les interactions fluides structures tendent à perturber le comportement spatio-temporel de la transition laminaire turbulent. Cette analyse doit être confirmée expérimentalement. Cependant ce phénomène a déjà été identifié lors d'une campagne de mesure menée en tunnel hydrodynamique à l'Institut de Recherche de l'École Navale (IRENav), à un nombre de Reynolds cependant plus élevé.

**Mots-clés : Hydrofoil, Transition, DNS, 1 Degré de liberté, IFS, Ondes TS**