



**Prise en compte de la transition laminaire / turbulent  
dans un code Navier-Stokes éléments finis non structurés**

**Soutenance de thèse de Raphaël GROSS**

**le mardi 27 octobre 2014 à 14 h 00  
salle de visioconférence/MTG de l'Onera - TOULOUSE**

**Devant le jury :**

- Chris ATKIN de l'Université de Londres**
- Jean-Christophe ROBINET de l'ENSAM/Paris**
- Tony ARTS du VKI/ Bruxelles**
- Olivier VERMEERSCH de l'Onera/DMAE**
- Daniel ARNAL**
- Jean-Claude COURTY**

**Résumé :**

Avec la hausse du coût des carburants et des exigences environnementales plus rigoureuses, les avionneurs se tournent vers le potentiel des nouvelles technologies dans la conception des aéronefs. Intégrer la transition laminaire / turbulent dans les codes CFD est l'un des problèmes majeurs de ces dernières décennies. La prise en compte de la transition permet dans un premier temps de déterminer de manière rigoureuse le coefficient de traînée et dans un second temps d'optimiser le design via l'élaboration de voilures dites laminaires afin de réduire la traînée de frottement de l'avion (en théorie une réduction de traînée totale de l'ordre de 15 % est escomptée).

En condition de vol (faible taux de turbulence extérieure et de bruit, sans défauts de surface apparents), la transition est dite naturelle et est déterminée par un mécanisme identifié. Les perturbations externes ou les défauts de surface vont activer un phénomène appelé réceptivité. La réceptivité génère des instabilités dans la couche limite qui se caractérisent par leurs fréquences et leurs longueurs d'onde. Deux types d'instabilités peuvent provoquer la transition : les instabilités de Tollmien-Schlichting dépendantes du profil de vitesse longitudinal et amplifiées par un gradient de pression positif ou les instabilités crossflow générées par le profil de vitesse transversal. Ces instabilités sont amplifiées dans la direction de l'écoulement jusqu'à atteindre une amplitude critique qui déclenche la transition. La transition naturelle peut être déterminée à l'aide de critères semi-empiriques basés sur les valeurs intégrales de la couche limite. Par exemple, l'Onera a développé le critère AHD pour les ondes de Tollmien-Schlichting ou le critère C1 pour les tourbillons crossflow. Une méthode de prévision de transition plus sophistiquée appelée la méthode des paraboles a également été développée : elle permet de déterminer la transition en se basant sur le taux l'amplification des instabilités.

La thèse vise à intégrer ces critères de transition dans le solveur Navier-Stokes non structuré Aether utilisé chez Dassault Aviation. Une méthodologie de prévision de la transition laminaire/turbulent a été élaborée et implémentée dans le solveur RANS Aether. Deux stratégies de calcul de transition ont été testées. Soit Aether est couplé avec le code de couche limite de l'Onera 3C3D. Soit la position de transition est calculée en utilisant directement les profils de vitesse RANS. Les deux méthodes ont été testées pour des écoulements subsoniques et transsoniques.

**Mots-clés :** *SOLVEUR RANS NON STRUCTURE ; ELEMENTS FINIS D'ORDRE ELEVE STABILISE ; TRANSITION LAMINAIRE TURBULENTE ; CRITERE DE TRANSITION ; METHODE DES PARABOLES ; METHODE  $e^N$*