

Soutenance de thèse

Thibault XAVIER soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Simulation numérique directe de l'impact de SLD (Supercooled Large Droplet) sur une paroi*»

Le 17 février 2020 à 10h30, Auditorium ONERA

devant le jury composé de

M. Christophe JOSSERAND	Directeur de Recherche LADHYX	
M. Sébastien TANGUY	Maître de Conférences Université Paul Sabatier Toulouse	
M. Stéphane VINCENT	Professeur Université Paris-Est Marne-la-Vallée	
Mme Lisl WEYNANS	Maître de Conférences Université de Brodeaux	
M. Alain BERLEMONT	Directeur de Recherche CORIA	Rapporteur
M. David LE TOUZE	Professeur Ecole Centrale Nantes	Rapporteur
M. Davide ZUZIO	Ingénieur de Recherche ONERA	Co-directeur de thèse
M. Jean-Luc ESTIVALEZES	Ingénieur de Recherche ONERA	Directeur de thèse

Résumé : La lutte contre la formation de givre en vol est un enjeu majeur en aéronautique en tant que source majeure d'accidents. Lors de la collision avec les gouttes d'eau surfondue présentes dans les nuages, l'accrétion de givre engendrée peut détériorer les performances aérodynamiques de l'appareil ou obstruer les capteurs. Dans ce contexte, la compréhension détaillée du processus d'impact de goutte est encouragée par l'évolution des normes de certification pour adapter les dispositifs de protection.

L'utilisation d'un outil de simulation numérique directe (DNS) permet d'accéder à des grandeurs physiques difficilement accessibles par l'expérience et de fournir des données pour la modélisation. Néanmoins, les impacts à haute vitesse demandent des méthodes numériques à la fois précises, conservatives et robustes tout en exigeant un coût de simulation élevé.

Dans cette thèse, on contribue à la compréhension de la physique de l'impact de goutte à basse et haute vitesse sur différents types de cible, parois sèche ou mouillée. Ceci est fait à travers le développement et l'utilisation du code DNS DYJEAT, qui résout les équations de Navier-Stokes incompressibles diphasiques. Une approche centrée sur les méthodes Level-Set et Volume-of-Fluid permettent de répondre aux défis de ce type de simulation. A l'aide de ce code, on étudie d'abord le phénomène d'étalement en implémentant une modélisation des effets capillaires en paroi. On s'intéresse par la suite à la formation d'une couronne liquide lors d'un impact sur une épaisseur liquide. L'instrumentation du code réalisée permet de caractériser finement la couronne et les structures secondaires formées lors de l'impact.

A partir du post-traitement d'expériences à haute vitesse menées à l'ONERA, on a réalisé une campagne de simulations sur des configurations à haute énergie, jusqu'à présent peu explorées en littérature. Ces campagnes de calculs permettent en particulier d'explorer l'effet de la nature de la paroi, de l'angle d'impact ou de la pression ambiante sur le phénomène de splash. Ces calculs nécessitent des maillages pouvant dépasser le milliard de points et impliquent l'adaptation des pratiques de calcul décrites aussi dans ce travail, et appliquées lors de l'utilisation des supercalculateurs au niveau régional ou national.

Mots-clés : Simulation numérique Directe, Impact, Goutte

Summary: In-flight icing prevention is a major issue in the aeronautical world, since it's one of the major causes of accidents. When supercooled droplets impact the airfoil, icing accretion occurs and can dramatically deteriorate the aeronautical performances or obstruct sensors. In this context, a deep understanding of drop impact phenomenon is needed to answer the new regulations from certification agencies and at the same time to improve the efficiency of ice protection devices.

Using a Direct Numerical Simulation (DNS) tool allows us to provide physical quantities hard to access by experimental means. However, high-velocity impacts demand the use of precise, conservative and stable numerical methods, as well as high computational resources.

In this PhD, we make a contribution to the understanding of drop impact on different targets (dry wall or liquid film) with both low and high impact velocity. This work has been accomplished by developing and using the DNS code DYJEAT based on incompressible Navier-Stokes equations for two-phase flows. The use of both Level-Set and Volume-of-Fluid methods allows us to cope with this numerical challenge. First, spreading phenomenon is studied by implementing a law for capillary effects at the triple line. Then, the crown formation following the impact on a liquid film is analyzed. Specific methods for post-processing are developed to precisely characterize both geometrical crown topology and secondary droplets. From the analysis of high-velocity impacts recorded by ONERA lab, we devise and perform a series of simulations on configurations barely addressed by now in the literature. The influence of wettability, incidence angle and ambient pressure on splashing phenomenon are highlighted. This kind of simulation requires heavily refined mesh surpassing the billion mesh cells. In this high-performance context, calculation practices need to be reworked to efficiently perform simulation and post-processing on supercomputer at a regional or national level.

Keywords: Direct Numerical Simulation, Impact, SLD