



# Hybrid Polynomial Global Aerodynamic Modelling of an Autonomous Aeroplane during Stall

--

## Modélisation Hybride Polynomiale Globale pour la Dynamique d'un Avion Autonome en Décrochage

Soutenance de thèse – Vincent Guibert

6 Juillet 2023 – 9h30

Salle des thèses ISAE-SUPAERO, Toulouse

### Devant le jury composé de :

Guillaume Mercère (Rapporteur)  
Mark Lowenberg (Rapporteur)  
Isabelle Fantoni (Examinatrice)  
Charles Poussot-Vassal (Examinateur)  
Mathieu Brunot (Invité)  
Jean-Philippe Condomines (Directeur de thèse)  
Jean-Marc Biannic (Co-directeur de thèse)

### Résumé

Controlling an aeroplane during stall has long been a major problem in aeronautics, and one which has received renewed interest recently following the development of urban mobility. The main pitfall facing an author tackling this subject is the lack of reliable modelling of aeroplane behaviour. Indeed, although multiple studies have been conducted, none has yet emerged as the preferred solution. Moreover, local methods (CFD, splines, etc.), which are often the most accurate, are complex and not well adapted to control applications. Furthermore, few methods were developed with UAVs in mind, and results do not scale accurately from full-scale aeroplanes. The objective of this study is thus to propose a global data-driven model of the dynamics of an autonomous aeroplane over an extended flight envelope. Hybrid models are particularly well suited to this task. Indeed, they can model hysteresis, one of which is present during stall, while maintaining a low number of modes, minimizing their impact in control applications. When combined with polynomial submodels, they also make it possible to avoid providing any a priori information in the identification process. This thesis therefore proposes several hybrid polynomial models for static and dynamic stall, all identified from experimental data obtained at ENAC, showing their capability to accurately model such a complex phenomenon.

--

Le contrôle d'un avion en phase de décrochage est depuis longtemps un problème majeur de l'aéronautique. Il a même récemment connu un regain d'intérêt suite au développement de la mobilité urbaine. Le principal écueil auquel est confronté un auteur qui s'attaque à ce sujet est l'absence de modélisation fiable du comportement de l'avion. En effet, bien que de multiples études aient été menées, aucune ne s'est encore imposée comme solution privilégiée. De plus, les méthodes locales (CFD, splines, etc.), souvent les plus précises, sont complexes et peu

adaptées aux applications de contrôle. De plus, peu de méthodes ont été développées spécifiquement pour les drones malgré des différences significatives par rapport aux avions de transport. L'objectif de cette étude est donc de proposer un modèle global, basé sur des données, de la dynamique d'un avion autonome sur une enveloppe de vol étendue. Les modèles hybrides sont particulièrement bien adaptés à cette tâche. En effet, ils peuvent modéliser les hystérésis, une étant présente lors du décrochage, tout en conservant un faible nombre de modes, ce qui minimise leur impact dans les applications de contrôle. Combinés à des sous-modèles polynomiaux, ils permettent également de s'affranchir de toute information a priori dans le processus d'identification. Cette thèse propose ainsi plusieurs modèles hybrides polynomiaux pour le décrochage statique et dynamique, tous identifiés à partir de données expérimentales obtenues à l'ENAC, montrant leur capacité à modéliser avec précision le phénomène complexe du décrochage.

### **Mots clés**

Autonomous Aeroplane; Modelling; Stall; Hybrid Modelling; Polynomial Modelling

--

Avion autonome ; Modélisation ; Décrochage ; Modélisation Hybride ; Modélisation Polynomiale

Vous êtes invité à rejoindre la web-conférence ZOOM via le lien ci-dessous :

<https://zoom.us/j/3314790112?pwd=Vke2QW9GUEZKSHRoWGhJRjNubHR4UT09>

Meeting ID: 331 479 0112

Passcode: 086358