

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Robustification de l'analyse des comportements aux grandes incidences

Référence : **MFE-DAAA 2020-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2020

Date limite de candidature : avril 2020

Mots clés Décrochage - Dynamique du vol – Robustesse de prévision – Systèmes non-linéaires

Profil et compétences recherchées

Ingénieur grande école master II en automatique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le comportement des avions dans le domaine de vol décroché se caractérise par sa forte dépendance à une aérodynamique complexe, de nature tourbillonnaire, comportant non linéarités, hystérésis, et couplant l'ensemble des degrés de liberté du mouvement. Dans ce domaine de vol les moyens de contrôle voient leur efficacité fortement réduite voire inexistante. La prévision de ces comportements - enjeu de sécurité majeur - est donc fortement liée au modèle de représentation aéromécanique du véhicule.

La recherche proposée s'intéresse à la détermination de ces prévisions et à leur dépendance aux modèles.

En effet les modèles aérodynamiques sont généralement issus d'expériences (essais en soufflerie) ou de calculs CFD, dans les deux cas les données sont entachées d'incertitudes mal connues et dépendantes du domaine de vol. Les modèles peuvent être de niveau de fidélité varié, de structure par table ou non, faire l'impasse sur des termes inaccessibles ou difficiles à estimer. La question sous jacente posée est "quel est le bon niveau de représentation du modèle (le "noyau" du modèle) pour capter les principaux comportements typiques en vol décroché (vrille, auto rotation, deep stall etc) ?"

La détermination des comportements est généralement conduite en deux étapes: 1) la détermination des états asymptotiques remarquables et leur stabilité, 2) la dynamique d'évolution entre le vol normal et ces états asymptotiques, ou entre états asymptotiques.

Les questions posées sont donc:

- la reconnaissance d'états attractifs dans lesquels l'avion peut rester bloqué pendant un temps long
- la confiance qu'on peut accorder à l'évolution simulée entre un vol normal et un état "asymptotique" (ex: entrée en vrille) ou entre un état asymptotique et le vol normal (ex: sortie de vrille)

En plus de ces deux questions vient se greffer le problème de la "modification minimale" de l'avion pour lui donner un comportement conforme au cahier des charges de l'avionneur dans le domaine haute incidence.

Les avions modernes dont on doit évaluer les performances aux grandes incidences ont souvent une aérodynamique complexe ce qui souvent se traduit par un modèle dynamique lacunaire pour l'analyse du comportement en vol (ne serait-ce que pour des raisons de coût d'essais). Dans ce type de situation, les outils standards d'analyse des surfaces d'équilibre sont souvent délicats à utiliser notamment pour la prévision de la stabilité des états d'équilibres. De même, la méthodologie actuelle d'étude de transitoires basée sur des simulations localisées en nombre restreint n'apporte pas de garantie quantitative quant aux résultats obtenus.

L'organisation de la recherche s'effectuera comme suit :

- un travail bibliographique préliminaire sur l'étude des systèmes dynamiques non linéaires et les outils d'analyse existants permettra de guider la réflexion sur des approches complémentaires ou alternative permettant de statuer avec une marge de garantie suffisante sur la stabilité des états d'équilibres et qui devraient permettre d'obtenir rapidement un sous-ensemble du domaine d'attraction au voisinage des branches d'équilibres considérées. On peut notamment penser à l'utilisation d' approximations polynomiales pour obtenir une représentation LFR réduite, qui permet d'utiliser les outils d'analyse de la robustesse de système, et notamment la μ -analyse donnant accès à une approximation du plus petit défaut pouvant déstabiliser le système. On s'intéressera aussi aux métriques permettant de mesurer de manière pertinente la distance entre comportements transitoires.

- le développement d'une méthodologie d'étude de la sensibilité des comportements en vol décroché à des variantes de modèles de représentation. On définira au préalable les classes de modèles pertinents. Il est proposé de conduire le travail selon les deux étapes mentionnées précédemment: impact de variantes de modèles sur les états asymptotiques dans un premier temps, sur la dynamique des comportements dans un second temps. On s'intéressera également à la typologie des comportements (quels critères pour différencier deux comportements?) et aux techniques pour les déterminer. On recherchera des métriques permettant d'évaluer et de comparer d'une part des "cartes" des états asymptotiques, d'autre part des ensembles de simulations temporelles du mouvement.

Le travail sera réalisé sur une configuration d'avion pour lequel une importante base de données est disponible.

Les contributions théoriques majeures porteront sur

- la dépendance de la stabilité aux incertitudes de modèle
- la détermination des domaines d'attraction pour des systèmes complexes
- les métriques associées aux comportements transitoire

Collaborations envisagées

LMFL, INRIA Lille

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Aérodynamique, Aéroélasticité, Acoustique

Lieu (centre ONERA) : LILLE

Contact : Dominique FARCY, Laurent PLANCKAERT

Tél. : +33 3 20 49 69 22 / +33 3 20 49 69 18 Email :

dominique.farcy@onera.fr, laurent.planckaert@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : A. Polyakov (INRIA)

Laboratoire : Inria Lille Nord-Europe

Tél. : +33 3 59 57 78 02

Email : andrey.polyakov@inria.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>