

Soutenance de thèse

Amath Waly NDIAYE soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA ACDC et intitulée «*Synthèse et validation de lois de commande avancées pour un système de freinage d'avion civil au sol*»

Le 3 juillet 2023 à 10h30, salle des thèses ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Jean-Marc BIANNIC	Directeur de recherche ONERA	Directeur de thèse
Mme Sophie TARBOURIECH	Directrice de recherche LAAS	Examinatrice
M. Michel BASSET	Professeur Université de Haute-Alsace	Rapporteur
M. Franck CAZAURANG	Professeur Université de Bordeaux	Rapporteur
M. Mario CASSARO	Chargé de recherche ONERA	Co-directeur de thèse
M. Adriano FAGIOLINI	Professeur Assistant Université de Palerme	Examineur

Résumé : La problématique traitée dans cette thèse concerne la synthèse de lois de commande pour les systèmes de freinage automatique sur piste des avions civils. Les méthodes développées visent à satisfaire les spécifications de performance et sécurité liées à la minimisation des distances de freinage ainsi que les exigences de robustesse vis-à-vis de conditions de piste variables et des défauts actionneurs. Le développement d'un modèle d'avion au sol destiné à la validation des lois de commande de freinage est dans un premier temps réalisé. L'effort de modélisation est porté sur le train d'atterrissage, de manière à représenter fidèlement l'interaction fortement non linéaire de l'avion avec la piste. En particulier, le modèle permet une prise en compte fine des comportements non linéaires associés aux « shock-absorbers » (suspensions de l'avion). La modélisation proposée démontre, lors de sa validation, un comportement très représentatif, capable de capturer des phénomènes critiques tels que le couplage dynamique des efforts longitudinaux et verticaux appliqués aux roues. La synthèse de quatre correcteurs régulant le glissement des roues est ensuite réalisée. Ces lois de commande sont obtenues par des approches purement non linéaires (modes glissant du second ordre) ou par des approches linéaires séquencées. Les propriétés de robustesse du régime glissant sont un atout majeur ici compte tenu des niveaux élevés d'incertitudes qui affectent la modélisation des contacts pneumatiques/piste. D'autre part, la synthèse linéaire séquencée offre des propriétés de convergence particulièrement intéressantes sous certaines conditions. Le problème de synthèse est particulièrement délicat en raison de la bande passante limitée des servovalves actionnant les freins par rapport à la dynamique élevée (variant en outre très rapidement) du glissement. Ces lois de commande sont complétées par un observateur à états étendus permettant l'estimation des moments d'adhérence, à partir des seules mesures de pressions de freinage et de vitesses de rotation des roues. Enfin, deux superviseurs permettent chacun de générer les consignes de glissement optimal à suivre, afin de maximiser l'efficacité du freinage tout en évitant les départs en blocage. Dans un volet expérimental de la thèse, on s'intéresse à la validation du système de freinage au moyen de simulations HIL faisant intervenir le modèle développé et intégrant le véritable actionneur électro-hydraulique des freins. Une liste complète de scénarios est considérée pour comparer les différentes solutions selon plusieurs métriques de performances. Les résultats révèlent un très bon comportement nominal mais un niveau assez faible

de robustesse de l'estimateur vis-à-vis des méconnaissances importantes qui affectent la chaîne d'actionnement. La campagne de validation suggère ainsi la nécessité d'un recours aux données inertielles permettant une meilleure adaptation des lois de commande en glissement et donc une moindre sensibilité à la méconnaissance des actionneurs.

Mots-clés : Estimation, Système de freinage avion, Commande robuste, Glissement, ABS, Commande non linéaire

Summary: This thesis aims at developing an optimized aircraft antiskid braking system, taking into account performances and efficiency criteria as well as robustness and non-linearities. Particularly, a control law will be proposed to achieve a target deceleration allowing to meet the setpoint braking conditions ordered by the pilot.

Keywords: Estimation, Aircraft antiskid control laws, Tyre slip, Robust control, Nonlinear control, Antilock braking systems (ABS)