

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Développement d'architectures de commande sûres pour un véhicule terrestre autonome

Référence : **TIS-DTIS-2021-18**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2021

Date limite de candidature : Mai 2021

Mots clés

Architecture de pilotage/guidage sûre, allocation de commande, véhicule terrestre autonome (automobile, avion au sol)

Profil et compétences recherchées

Etudiants des grandes écoles et universités, avec des compétences solides en automatique et en mathématiques appliquées, une bonne connaissance des systèmes automobiles et/ou aéronautiques et du logiciel Matlab/Simulink, ainsi qu'un excellent niveau d'anglais

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

De nombreuses phases de vol ont été automatisées sur les avions de transport civils. Cependant, après l'atterrissage, le mouvement de l'avion reste généralement contrôlé manuellement par le pilote, et une étude a montré que le nombre de sorties sur piste n'a pas diminué au cours des 20 dernières années. Malgré des avancées récentes, il n'existe à l'heure actuelle pas d'architecture de commande intégrée globale permettant des opérations totalement autonomes au sol, ce qui en fait une problématique d'actualité dans l'industrie et la recherche aéronautique. L'objectif principal est de renforcer la sécurité en allégeant la charge de travail du pilote, qui jouera à terme un rôle de supervision et sera capable de gérer l'appareil sans l'aide d'un copilote (*single pilot operations*).

Cette problématique de contrôle des véhicules terrestres est naturellement une thématique de recherche prépondérante dans le milieu automobile depuis plusieurs décennies, et elle semble promise à un bel avenir. Le véhicule à délégation de conduite (autonome ou sans conducteur) est en effet devenu une réalité, et est considéré aujourd'hui comme la forme la plus prometteuse pour le transport intelligent avec une prévision d'utilisation de 75% d'ici à 2040. Cette nouvelle forme de mobilité ouvre des perspectives très intéressantes en termes de mobilité pour tous, et en particulier pour les seniors et les personnes en situation de handicap. Cependant, un nombre important de défis scientifiques et technologiques doivent encore être relevés avant d'envisager une démocratisation de cette nouvelle technologie notamment en zone urbaine. Et comme dans l'aéronautique, l'aspect sécurité représente un enjeu très important.

Afin de répondre à ces défis, de nombreux travaux de recherche sont menés au niveau international. L'institut de recherche IRIMAS contribue depuis plus de 25 ans à ce champ d'application par le biais de travaux en modélisation, observation, commande. Notamment, il développe de nouvelles architectures de commande garantissant une navigation sûre : celles-ci traitent le guidage et la stabilisation du véhicule via le contrôle global du châssis par allocation de commande. De son côté, l'ONERA développe depuis deux décennies des architectures de commande sûres pour des drones à voilure fixe ou tournante, et dispose d'une flotte d'une douzaine d'appareils. Il mène également depuis une quinzaine d'années des recherches sur la modélisation et le contrôle de l'avion au sol, en collaboration avec les principaux industriels du secteur (Airbus, Safran...).

Un renforcement des collaborations entre le monde de l'automobile et celui de l'aéronautique apparaît donc naturel et bénéfique. La thèse proposée s'inscrit dans ce contexte, et les travaux envisagés se situent dans la continuité des activités menées à l'IRIMAS et à l'ONERA via les thèses de Mohamed BOUDALI [1] et Edouard SADIEN [2]. Ils visent à apporter une contribution originale en matière de conception et d'analyse de stratégies de commande garantissant simultanément les objectifs de guidage et ceux de stabilisation du véhicule en présence de défaillances ou de pertes d'efficacité des actionneurs ou des capteurs.

Actuellement, les systèmes de sécurité embarqués dans les véhicules terrestres sont conçus de façon indépendante pour répondre à un des objectifs donnés (ABS, ESP pour l'automobile, anti-skid pour l'avion au sol...). L'idée ici est de proposer et concevoir de nouvelles architectures de commande plus génériques, permettant de s'adapter plus rapidement à la topologie du véhicule (nombre de roues motrices, directrices...).

Il s'agira de proposer de nouveaux algorithmes de coordination et de commande, structurés, qui répondent aux situations de conduite rencontrées tout en gérant le.s conflit.s éventuel.s entre les actions de commande générées. Pour cela, les techniques d'allocation de commande supervisées seront mises à profit afin de répondre à ces objectifs de stabilité, de conflit possible avec les actionneurs... L'interaction entre le véhicule et son environnement, ainsi que le couplage fortement non linéaire entre les dynamiques latérale et longitudinale, représentent les principaux verrous scientifiques à lever dans le cadre de ces travaux de thèse. Le développement d'outils théoriques pour l'analyse et la conception de stratégies d'allocation FTC (Fault Tolerant Control) pour des systèmes non-linéaires sur-actionnés constitue quant à lui la principale contribution théorique envisagée. Enfin, afin de rendre les architectures proposées exploitables dans un contexte aéronautique, des contraintes fortes en termes de certification et d'embarquabilité devront être prises en considération.

Une phase de validation expérimentale de certains résultats théoriques obtenus sera effectuée, dans un premier temps sur des simulateurs réalistes d'automobile et d'avion au sol, puis à l'aide du véhicule d'essais instrumenté de l'IRIMAS. Les travaux de recherche envisagés constituent ainsi un apport aussi bien sur un plan théorique qu'applicatif.

[1] Mohamed Boudali. Contributions au guidage d'un véhicule autonome en situations non conventionnelles de conduite. PhD Thesis, Université de Haute-Alsace, 2019.

[2] Edouard Sadien. Design of aircraft integrated ground control laws. PhD Thesis, Université de Haute-Alsace, 2020.

Collaboration envisagée

Thèse co-encadrée avec Michel BASSET et Rodolfo ORJUELA du laboratoire IRIMAS de l'Université de Haute-Alsace (Mulhouse)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'Information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Mario CASSARO et Clément ROOS

Tél. : +33 5 62 25 27 79

Email : mario.cassaro@onera.fr

Tél. : +33 5 62 25 27 69

Email : clement.roos@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Michel BASSET

Laboratoire : UHA/IRIMAS

Tél. : +33 3 89 33 69 45

Email : michel.basset@uha.fr

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