

ED STIC - Proposition de Sujets de Thèse pour la campagne d'Allocation de thèses 2015

Axe Sophi@Stic :

Titre du sujet :

Mention de thèse :

HDR Directeur de thèse inscrit à l'ED STIC :

Co-encadrant de thèse éventuel :

Nom :

Prénom :

Email :

Téléphone :

Email de contact pour ce sujet :

Laboratoire d'accueil :

Description du sujet :

De nombreuses approches ont été développées pour la commande de véhicules aériens, dont les premiers vols effectifs datent du début du siècle dernier avec les frères Wright. L'automatisation de la commande de tels engins a quant à elle pris son essor avec les travaux allemands sur les V1 et V2, pendant la seconde guerre mondiale. De nos jours l'utilisation de pilotes automatiques dans les avions est devenue chose commune, presque banale. Il convient toutefois de réaliser que les conditions (l'enveloppe de vol) associées à l'utilisation de ces systèmes sont très restrictives (vol essentiellement horizontal, avec faible angle d'attaque, et vitesse suffisante et relativement constante). Ces conditions sont celles qui permettent l'application des techniques classiques de commande des systèmes linéaires. Dès qu'elles ne sont plus satisfaites, les pilotes automatiques deviennent inefficaces et la main est rendue au pilote humain dont l'expérience prévaut. Le passage au mode manuel est le plus souvent, fort heureusement, réalisé avec

succès. Un certain nombre de "crash" aériens tragiques révèlent cependant les limites du pilotage manuel et nous rappellent que le contrôle des véhicules aériens reste, dans le contexte le plus général, un problème n'ayant pas reçu de solution globale. Le pilotage automatique de véhicules à décollage et atterrissage vertical est quant à lui très peu répandu. Dans le domaine de la commande des engins aériens, il reste donc de nombreuses directions à explorer, et beaucoup de progrès à faire. Pour commencer, une meilleure compréhension de l'aérodynamique de ces systèmes est essentielle afin d'élargir l'enveloppe de vol, et améliorer la performance et la robustesse des techniques de commande. Cet aspect est d'autant plus critique que la tendance à la miniaturisation des drones met en exergue la sensibilité aux conditions aérologiques et qu'elle induit des fonctionnements très variés faisant intervenir des phénomènes aérodynamiques complexes. Dans la littérature spécialisée existante, ces phénomènes sont souvent ignorés en faisant l'hypothèse de conditions de vol très favorables comme, par exemple, le vol quasi-stationnaire à faible vitesse et vent nul pour les engins à décollage et atterrissage vertical. Des progrès significatifs sont réalisables en prenant mieux en compte les efforts aérodynamiques agissant sur ces systèmes. La diversité des véhicules aériens est aussi une source de nouveaux problèmes de recherche, tel que la gestion efficace et sûre de la transition entre vol stationnaire et vol en palier avec portance ou encore l'implication pratique des drones dans des environnements encombrés faisant appel à des stratégies de commandes référencées capteurs robustes.

Le coeur du sujet est la commande non-linéaire de drones aériens robotisés évoluant en milieu extérieur avec comme objectif scientifique sous-jacent le développement d'une méthodologie de synthèse générale et unificatrice. Parallèlement aux aspects propres à l'algorithmique de commande, le sujet comprend l'étude de stratégies de commande référencée-capteurs robustes (utilisant la vision en particulier). La motivation applicative du projet réside dans l'émergence d'applications toujours plus nombreuses impliquant le contrôle de véhicules aériens miniatures (prises de vues aériennes, surveillance de sites, inspection d'ouvrages d'art, etc). La partie validation expérimentale s'appuie sur un drone convertible de 2m d'envergure (véhicule aérien capable de vol stationnaire, comme un hélicoptère, et de vol de croisière, comme un avion) acquis dans le cadre du projet d'équipement ROBOTEX du programme Equipex à l'I3S.

Le sujet de recherche proposé exige une solide formation théorique en automatique. Des compétences en aéronautique, robotique et en modélisation des systèmes sont de réels atouts.

Directeurs de thèse :

- Claude Samson est Directeur de Recherches à l'INRIA, au centre de Sophia Antipolis où il a été responsable de l'équipe-projet ICARE dans les domaines de la Robotique et de l'Automatique pendant une quinzaine d'années.
- Tarek Hamel est Professeur des Universités à l'I3S. Il est responsable de l'équipe OSCAR (Observers and Sensory Control of Aerial Robots).

Références en lien avec le sujet de thèse :

- [1] M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, and C. Samson, A control approach for thrust-propelled

underactuated vehicles and its application to VTOL drones. Regular paper, IEEE Trans. on Aut. Cont., Vol 54, No 8, pp. 1837-1853, 2009.

[2] M.D. Hua, T. Hamel, P. Morin, C. Samson, Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles. IEEE Control System Magazine, Vol. 33, no 1, 61-75, 2013.

[3] D. Pucci, T. Hamel, P. Morin and C. Samson, Nonlinear Control of PVTOL Vehicles subjected to Drag and Lift. 50th IEEE-Conference on Decision and Control (CDC'11), Orlando, FL, USA, Dec. pp:6177-6183, 2011.

[4] Guenard N., Hamel T., and Mahony R., Practical Visual Servo Control for a Unmanned Aerial Vehicle. IEEE-Transactions on Robotics and Automation, Vol 24, No 2, pp. 331 - 340, 2008.

[5] D. Pucci, T. Hamel, P. Morin and C. Samson, Nonlinear feedback control of axisymmetric aerial vehicles, Automatica, vol. 53, 72-78, 2015.

[6] M.D. Hua, T.Hamel, P. Morin and C. Samson, Control of VTOL vehicles with thrust-tilting augmentation, Automatica, 52, 1-7, 2015.

English version:

English version:

Numerous approaches have been developed for the control of aerial vehicles whose first true flights date from the beginning of the last century with the Wright brothers. Automatic control of such devices expanded from the German works on V1 and V2 rockets during the Second World War. Nowadays the use of automatic pilots for airplanes has become commonplace. However, it matters to realize that the conditions (flight envelop) associated with the use of these systems are very restrictive (essentially horizontal flight, with small angles of attack, and almost constant, large enough, longitudinal velocity). These conditions are the ones that allow for the application of classical control techniques for linear systems. As soon as they are no longer met, autopilots become ineffective and control is given back to the human pilot whose experience prevails. The passage to manual mode is most of the time, and fortunately, successful. Nevertheless a number of tragic airplane crashes point out the limits of human piloting and remind us that controlling aerial vehicles remains, in the most general context, a problem which has not yet received a global solution. As for vehicles with Vertical Take-Off and Landing capabilities (VTOL vehicles), autopilots are still uncommon. The domain of controlling aerial vehicles thus contains numerous avenues that remain to be further explored, with much room left for progress. To begin with, a better understanding of the aerodynamics of these systems in relation to what is needed to design automatic controllers with improved robustness, performance, and enlarged flight envelope, is essential. This aspect is all the more critical that the current trend of drone miniaturization highlights the sensitivity to aerological conditions and induces a number of different modes involving complex aerodynamic phenomena. In the existing specialized literature, these phenomena are often ignored by considering very favorable flight conditions such as, for instance, quasi-stationary flight with reduced longitudinal velocity and no wind in the case of VTOL devices. Significant progresses are achievable by better taking aerodynamic forces acting on these systems into account. The diversity of aerial vehicles is also a source of new research problems, such as effective and safe monitoring of transitions between hovering and lift-based cruising flight, or the use of drones in cluttered environments that call for robust sensory-based control strategies.

The core of this PhD subject is the nonlinear control of robotic aerial drones evolving outdoors, with the development of a unifying and general methodology as the long-term underlying scientific objective. In parallel with aspects proper to control algorithmic, the subject addresses the study of robust sensor-based (vision-based, in particular) control strategies. The applicative motivation of this research lies in the emergence of ever more numerous applications involving the control of miniaturized aerial vehicles (aerial photography, site surveillance, civil engineering structures inspection, etc.). The experimental validation will be performed on a convertible UAV major 2m (aerial vehicle able to hover like a helicopter and to perform cruising flight, like a plane) acquired in the framework of ROBOTEX- Equipex project.

The proposed research requires a strong theoretical background in automatic control. Skills in aeronautics, robotics and system modeling are real assets.

References related to the thesis:

- [1] M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, and C. Samson, A control approach for thrust-propelled underactuated vehicles and its application to VTOL drones. Regular paper, IEEE Trans. on Aut. Cont., Vol 54, No 8, pp. 1837-1853, 2009.
- [2] M.D. Hua, T. Hamel, P. Morin, C. Samson, Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles. IEEE Control System Magazine, Vol. 33, no 1, 61-75, 2013.
- [3] D. Pucci, T. Hamel, P. Morin and C. Samson, Nonlinear Control of PVTOL Vehicles subjected to Drag and Lift. 50th IEEE-Conference on Decision and Control (CDC'11), Orlando, FL, USA, Dec. pp: 6177-6183, 2011.
- [4] Guenard N., Hamel T., and Mahony R., Practical Visual Servo Control for a Unmanned Aerial Vehicle. IEEE-Transactions on Robotics and Automation, Vol 24, No 2, pp. 331 - 340, 2008.
- [5] D. Pucci, T. Hamel, P. Morin and C. Samson, Nonlinear feedback control of axisymmetric aerial vehicles, Automatica, vol. 53, 72-78, 2015.
- [6] M.D. Hua, T.Hamel, P. Morin and C. Samson, Control of VTOL vehicles with thrust-tilting augmentation, Automatica, 52, 1-7, 2015.