

# JNRR'09 - Session : Robots Volants

## 1. Estimation d'état pour les drones aériens

**Auteurs : P. Martin et E. Salaün**

**Organismes : P. Martin: Centre Automatique et Systèmes, MINES ParisTech, Paris.**

**E. Salaün : Decision and Control Laboratory, School of Aerospace Engineering, Georgia Tech, USA.**

### *Résumé :*

L'estimation de l'état (ou plus exactement de l'attitude et du vecteur vitesse) est primordiale pour le bon fonctionnement des drones aériens, en particulier à voilure tournante. En effet ces drones sont instables en boucle ouverte ; pour les piloter facilement et a fortiori pour les faire fonctionner de manière autonome, il est donc nécessaire de les stabiliser par un algorithme de commande en boucle fermée, algorithme qui utilisera forcément de manière directe ou indirecte une estimation de l'état.

De nombreux capteurs sont susceptibles d'être utilisés : capteurs inertiels (cad gyroscopes et accéléromètres), GPS, magnétomètres, capteurs de pression, télémètres, radar Doppler, systèmes de vision, etc., chacun avec ses avantages et inconvénients. Les informations provenant des différents capteurs sont ensuite « fusionnées » en temps réel avec un modèle dynamique du système par l'algorithme d'estimation, afin de fournir (une estimation de) l'état du drone.

On peut distinguer essentiellement deux approches du problème, avec également des avantages et des inconvénients :

- les estimateurs « génériques », qui supposent d'une manière ou d'une autre que les forces et/ou moments agissant sur le drone sont directement mesurés, et n'ont donc pas besoin d'en avoir une modélisation explicite
- les estimateurs « spécifiques », qui utilisent explicitement une telle modélisation.

L'exposé se propose d'aborder de manière synthétique les différents choix et compromis qui se posent pour la conception d'estimateurs, à la fois en termes de capteurs, d'approche et d'algorithmes d'estimation.

### *Biographies :*

**Philippe Martin** est Maître de Recherches MINES ParisTech (Centre Automatique et Systèmes). Il s'intéresse à la fois aux aspects fondamentaux de l'Automatique (en particulier commande et estimation non-linéaires) et à ses applications industrielles (en particulier machines électriques et engins volants).

**Erwan Salaün** a récemment obtenu son doctorat à MINES ParisTech (Centre Automatique et Systèmes) et est actuellement chercheur post-doctoral à Georgia Tech (Decision and Control Laboratory, School of Aerospace Engineering). Il s'intéresse en particulier aux algorithmes d'estimation et de commande pour les engins volants.

## 2. Commande par retour d'état pour des engins volants de type VTOL: résultats et perspectives

**Auteurs : M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin, C. Samson**

**Organismes : T. Hamel: I3S-CNRS / M.-D. Hua, P. Morin, C. Samson: INRIA Sophia Antipolis**

### ***Résumé :***

La commande des véhicules sous-actionnés suscite depuis de nombreuses années un grand intérêt pour des applications diverses et variées. Dans cet article nous nous intéressons plus spécifiquement aux véhicules aériens de type VTOL ("Vertical Take-Off and Landing"). Dans un premier temps, nous présenterons une synthèse des méthodes de commande classiquement utilisées pour ces engins (linéarisation entrées-sorties, backstepping, commande hiérarchique, etc). Nous présenterons ensuite une méthode générique récemment développée qui exploite la structure d'actionnement commune à la plupart de ces systèmes, à savoir une seule commande en poussée dans une direction privilégiée du véhicule et un actionnement complet de la dynamique de rotation. Cette structure d'actionnement caractérise la plupart des véhicules conçus par l'homme : avions, bateaux, aéroglisseurs, sous-marins, et bien évidemment VTOLs. La méthode de synthèse, qui ne se limite donc pas au seul cas des VTOLs, est présentée de façon incrémentale afin d'adresser différents modes opérationnels : stabilisation de la direction de poussée, de la vitesse, et enfin de la position du véhicule autour de consignes spécifiques. Les deux premiers objectifs correspondent typiquement à un fonctionnement en mode joystick. Le dernier est associé à un fonctionnement complètement autonome. Une action intégrale spécifique est incorporée dans la loi de commande afin de garantir un comportement robuste vis-à-vis de perturbations extérieures (vent, courant, etc). Les développements réalisés seront illustrés sur le HoverEye : véhicule de type VTOL développé par Bertin Technologies.

### ***Biographies :***

**M.-D. Hua** est Doctorant à l'INRIA Sophia-Antipolis Méditerranée. Il s'intéresse à la commande non-linéaire, à l'estimation d'état, et à leurs applications à la commande de véhicules aériens.

**T. Hamel** est Professeur à l'I3S UNSA-CNRS, Université de Nice-Sophia Antipolis. Il s'intéresse à la théorie de la commande non-linéaire, à l'estimation, au contrôle référencé vision, et à leurs applications aux véhicules aériens autonomes.

**P. Morin** est Chargé de Recherche à l'INRIA Sophia-Antipolis Méditerranée. Il s'intéresse à la commande par retour d'état des systèmes non-linéaires et à ses applications aux systèmes mécaniques.

**C. Samson** est Directeur de Recherche à l'INRIA Sophia-Antipolis Méditerranée. Il s'intéresse à la théorie de la commande et à ses applications à la robotique.

### **3. ReSSAC Achievements and Perspectives : Autonomy, Dependability and Safety issues**

**Auteurs: P. Fabiani, V. Fuertes, G. Le Besnerais, R. Mampey, A. Piquereau, F. Teichteil, Y.**

**Watanabe**

**Organismes: P. Fabiani, V. Fuertes, R. Mampey, A. Piquereau, F. Teichteil, Y. Watanabe:**

**ONERA-DCSD, équipe ROBOTIS, Toulouse; G. Le Besnerais: ONERA-DTIM, équipe ROBOTIS, Châtillon**

**Résumé :** The ReSSAC project at Onera achieved the development and demonstration of an autonomous helicopter equipped with embedded information processing capabilities and decision making algorithms. After the achievement of the project, ReSSAC has now become the name of the laboratory for Recherches et expérimentations sur les Systèmes de drones et systèmes embarqués Sûrs Autonomes et Coopérants, composed of fixed wing and Vertical Take-Off and Landing Uninhabited Air Vehicles equipped with autonomous decision-making functions and complex information processing algorithms. Current research projects at Onera are open to collaboration and presently cover the following :

- image processing for obstacle avoidance, terrain following and landing site characterization ;
- action and flight re planning in an uncertain and ill-known environment ;
- safety demonstrations and improvement of mission efficiency and system's adaptivity and robustness to the environment.

Developing such autonomy capabilities should not be considered as a goal in itself and must be replaced in a more global perspective and matched to more crucial issues : efficiency, reliability, and, last but not least, safety. Those feasibility demonstrations raised several questions, and brought corresponding answers, which drew a number of follow up projects at Onera. VTOL UAV will operate close to the ground and buildings in urban environments and therefore they need to become able to navigate in close vicinity to obstacles with robust detection and relative positioning capabilities, especially robust to a temporary loss of GPS-based navigation capability. The SPIDER project is dedicated to the development of image processing algorithms and vision-based control functions for such purposes. We present some preliminary results obtained using the ReSSAC VTOL UAV platform performing simultaneous visual-based air-to-ground target tracking and optical flow based ground speed estimation. VTOL UAVs might very well be operated in close cooperation with other robotic or software agents. The ACTION and ROSACE projects focus on robots and agents cooperating and communicating in a dynamic uncertain urban-like environment, thus projecting an interactive multi-asset version of the ReSSAC project. VTOL UAVs might very well be useful when operated in the vicinity of populated area, thus in compliance with very strict safety constraints and regulations. It will be particularly important to be able to prove the safety properties of embedded systems and especially regarding the flight, navigation and mission control avionics. The IDEAS project will study the proof tools needed for such purpose.

**Biographie:** Patrick Fabiani is the present Director of the Systems Control and Flight Dynamics Department (DCSD) of ONERA. He has been the manager of the ReSSAC autonomous helicopter project at ONERA and more generally in charge of the autonomous unmanned aircraft research and studies. His research activity is on models, methods, and tools for sequential decision making and planning under uncertainty with application to autonomy for UAVs.

He graduated from :

- Ecole Polytechnique in Paris,
- SupAéro Aerospace Engineering School in Toulouse with a
- MSc in Automatic Control
- PhD in Artificial Intelligence.

He was a Visiting Scholar in the Computer Science Dept. Robotics Lab. At Stanford University working on autonomous mobile robots in 1997-99. He is teaching Tools and Methods for Decision Making at SupAéro.