

Estimation des paramètres de vol d'un avion par capteurs virtuels Préserver la disponibilité de paramètres essentiels (type incidence/vitesse) même lorsque les capteurs mesurant ces informations sont en panne ou déficients

Domaines d'applications :

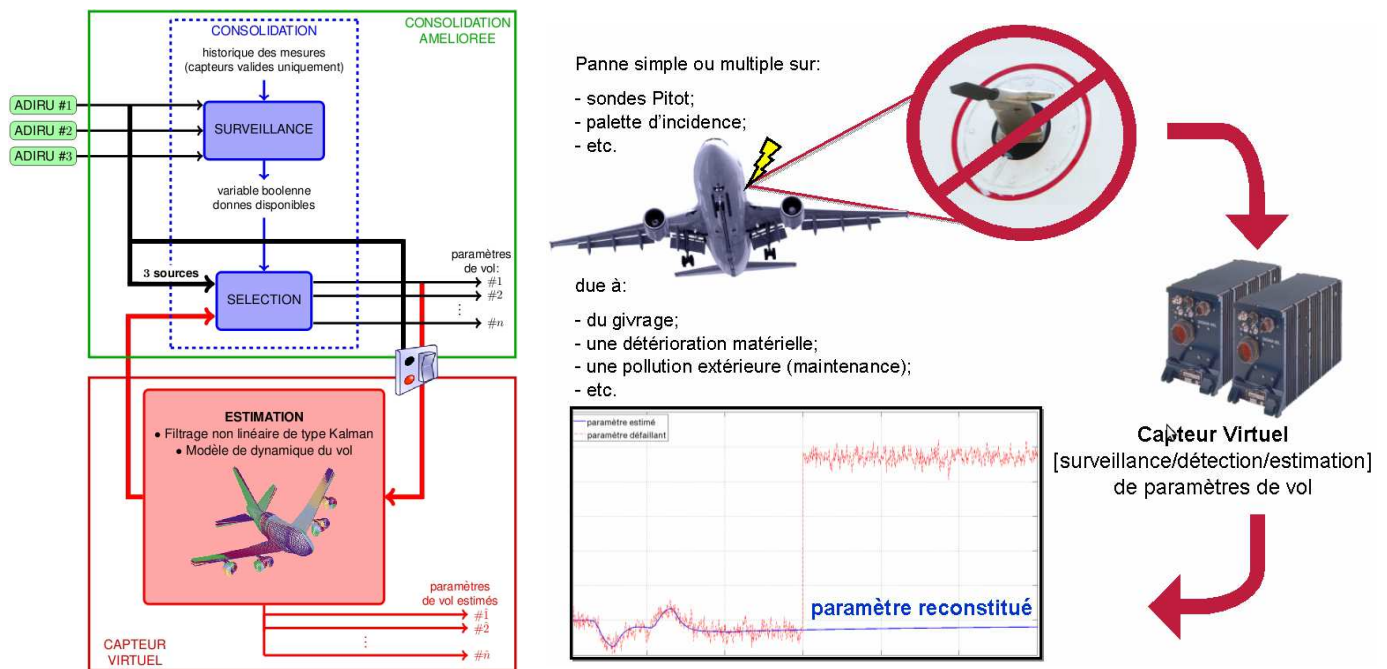
- tout avions civils ou militaires
- drones

Description Technique de l'invention :

L'objectif est de fournir une estimation fiabilisée de certains paramètres de vol (type incidence et vitesse de l'avion) permettant de compléter ou de remplacer, en cas de défaillances, les informations mesurées à bord par des capteurs spécifiques (anémo/baro/clinométriques). Les mesures étant généralement triplées sur avion, ces estimations peuvent donc être utilisées :

- Pour seconder les mécanismes de consolidation lorsqu'une partie des 3 sources n'est plus disponible,
 - Pour se substituer aux mesures lorsque plus aucune information n'est plus disponible via les capteurs traditionnels.
- C'est pourquoi on parle de capteurs virtuels à propos de ce type de techniques.

Pour réaliser cet objectif, le système développé s'appuie sur une modélisation intégrée de la mécanique du vol de l'avion (longitudinal en l'occurrence). Cette modélisation fait appel à une connaissance a priori des efforts aérodynamiques et de propulsion qui s'exercent sur l'avion au cours du vol. Cette connaissance permet de disposer d'une redondance supplémentaire entre d'une part les informations mesurées à bord par les capteurs, et d'autre part les grandeurs équivalentes simulées ou prédites grâce à cette modélisation. Concrètement, une technique de filtrage non linéaire, de type filtre de Kalman étendu, est mise en oeuvre afin de produire une estimation temps réel des grandeurs surveillées. En l'absence de pannes, ce système utilise l'ensemble des mesures disponibles, ce qui lui permet d'estimer certaines grandeurs non mesurées comme les composantes du vent. Par la suite, en cas de perte totale de certaines informations, le système est reconfiguré en adaptant son fonctionnement au nouvel ensemble restreint de grandeurs mesurées. Notons que le système pourrait également contribuer à détecter ces anomalies capteurs, mais que cette possibilité ne fait pas actuellement partie du périmètre de l'invention. Le système est donc reconfiguré en fonction d'un processus externe de détection des avaries.



Avantages – nouveautés :

L'amélioration des performances d'un avion, la diminution de son empreinte environnementale, ainsi que la diminution de la charge de travail des pilotes, nécessitent une complexité accrue des systèmes avioniques qui équipent les nouveaux avions. Cette complexification génère de nouvelles contraintes, par exemple celle de garantir la disponibilité permanente de certaines informations désormais indispensables aux fonctionnalités les plus évoluées des systèmes de commande de vol, comme l'incidence ou la vitesse. Pour obtenir cette garantie, l'architecture des systèmes embarqués est fondée aujourd'hui sur une forte redondance matérielle (de type triplex pour l'aviation civile), assurant la transparence à un ou plusieurs niveaux de pannes et permettant ainsi de satisfaire les exigences requises en particulier par le processus de certification. Cette redondance existe aussi bien au niveau des actionneurs qui servent à commander les gouvernes de manière à guider et piloter l'avion sur sa trajectoire, qu'au niveau des capteurs qui transmettent les informations nécessaires pour appréhender l'état de l'avion. Elle est exploitée par les systèmes, comme les commandes de vol électriques généralisées par Airbus depuis l'A320, à la fois dans le but :

- de détecter les pannes et les anomalies en procédant de manière logicielle à des tests de cohérence et à une validation croisée des signaux, permettant de consolider les informations mesurées par exemple selon des mécanismes de vote majoritaire;
- et d'être tolérant aux pannes en reconfigurant l'architecture au niveau de ses composants matériels (actionneurs secondaires couplés en mode passif, calculateurs dédoublés fonctionnant en maître/esclave).

Cependant, en cas de pertes d'informations essentielles au fonctionnement nominal des lois de commande du système de guidage/pilotage, les exigences de contrôle sont satisfaites aujourd'hui en opérant une transition vers des modes fail-safe plus robustes, mais dont les niveaux de performances sont dégradés. Les lois de commande mises en oeuvre sont donc des lois plus robustes, mais le niveau d'assistance proposé aux pilotes par le système est progressivement réduit en conséquence.

Pour améliorer la disponibilité des paramètres de vol essentiels, il n'est guère envisageable de renforcer encore la redondance matérielle car celle-ci est évidemment préjudiciable au coût, au poids et à la maintenance des appareils. D'autres solutions innovantes doivent donc être imaginées pour introduire de la dissimilarité et de la redondance informationnelle dans le système, en exploitant d'autres sources d'information complémentaires en sus de celles existant déjà au niveau local des composants. Pour ce faire, on peut ainsi chercher à exploiter la redondance analytique qui provient des relations physiques reliant certains paramètres de vol, et qui fait appel à une modélisation de l'avion fondée sur une connaissance théorique issue des équations de la mécanique du vol. Les bénéfices potentiels à plus long terme se situent donc dans l'amélioration des performances (en réduisant par exemple le nombre de commutations de lois), et dans la diminution de la charge de travail des pilotes en accroissant encore la disponibilité des fonctions de haut niveau destinées à les seconder et à alléger leur tâche (protections du domaine de vol, PA, etc).

Etat de développement :

Des maquettes informatiques ont été développées dans un langage Matlab/Simulink[®] de façon à permettre une évaluation sur simulateurs industriels et à faciliter un codage ultérieur sur logiciels embarquables. Une série de validations sur données simulées et réelles (données A340-600) fournies par Airbus a été effectuée avec des résultats satisfaisants. Le niveau actuel correspond à un TRL 3/4 (passage de TRL en interne Airbus).

Les travaux se poursuivent dans le cadre d'un projet Européen RECONFIGURE et d'une thèse CIFRE afin de tenir compte des contraintes matérielles actuelles des calculateurs de bord (complexité algorithmique et coût calculatoire limités par le formalisme des spécifications SCADE/SAO utilisées pour le processus de validation/certification des logiciels embarqués). Le TRL visé est de niveau 5/6.

Partenaires souhaités :

Tous industriels du secteur aéronautique intéressés par une amélioration de la fiabilité et de la disponibilité des paramètres de vol nécessaires au fonctionnement des systèmes de commande de vol, en particulier lorsque la redondance matérielle des capteurs embarqués est faible ou inexistante pour des raisons de poids (drones faiblement équipés).