

# 3CV3060 - Automatique Appliqué au Contrôle d'un Avion

Responsables : **Antoine RENAUD**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **21**

Année académique : **2024-2025**

## Présentation, objectifs généraux du cours :

L'objet de cette étude est de découvrir des techniques de conception d'un contrôleur digital (ou numérique, ou encore en temps discret) au travers d'une application consistant à élaborer la boucle de contrôle numérique pour la stabilisation d'un avion (lois de contrôle). On s'intéressera ici à la stabilisation du mode d'oscillation d'incidence de l'avion (mouvement longitudinal rapide autour de son centre de gravité) et à la commande de l'angle d'incidence de façon à conférer à l'avion de bonnes qualités de vol. Le cheminement progressif de l'étude, en lien avec les cours d'automatique et de mécanique du vol, conduira à aborder tout d'abord le traitement préalable des signaux mesurés à bord de l'avion pour garantir la qualité de leur nécessaire numérisation, puis différentes lois de contrôle discrétisées de l'avion seront développées, testées et analysées, et enfin ces lois seront augmentées d'un observateur discrétisé permettant de s'affranchir de certaines mesures.

La finalité de ce cours est la sensibilisation à l'essentiel des problématiques rencontrées par les ingénieurs automaticiens en charge du contrôle de systèmes.

## Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SM10

## Prérequis :

aucun

## Plan détaillé du cours (contenu) :

### 1 : Étude détaillée d'un filtre Filtre Passe-bas Numérique

- mise en équation
- analyse temporelle (simulation), analyse fréquentielle (Bode, Nichols)
- discrétisation (Euler, Tustin, transformée en  $z$ , bloqueur d'ordre quelconque)
- étude détaillée de l'effet du blocage (filtrage anti-repliement)
- généralisation de ces méthodes à un système linéaire continu d'ordre quelconque

### 2 : Réalisation de compensateurs numériques par retour d'état

- mise en équations du mouvement longitudinal d'un avion autour de son centre de gravité en un point de vol donné, et développement du modèle linéaire continu associé
- analyse modale et stabilité du système
- conception d'une loi de contrôle dans le domaine continu : placement de pôles et contrôle optimal par retour d'état statique complet, compensateur dynamique avance-retard (retour de

- sortie)
- tests de la boucle fermée (simulation) et étude des marges (Nichols)
- numérisation des contrôleurs et tests de la boucle fermée
- étude de l'effet d'un vent vertical, et de l'influence de la marge statique de l'avion

### **3 : Contrôle numérique par retour de sortie et observateur**

- étude et développement d'un observateur (Luenberger)
- analyse modale et tests de la boucle fermée (simulation)
- éléments de robustesse et performance (action intégrale)

## **Déroulement, organisation du cours :**

Le cours est délivré dans une salle standard équipée de moyens de vidéo projection.

L'activité comprend 8 séances présentiels de 3h (+ une pause de 15 mn). Les séances 1 à 3 traitent le point 1 du plan du cours, les séances 4 à 6 traitent le point 2 et les séances 7 et 8 sont consacrées au point 3. Chaque séance débute brièvement par une présentation interactive de plusieurs aspects du métier d'ingénieur en conception de lois de contrôle d'un avion, suivie d'une déclinaison des notions académiques fondamentales de l'automatique dans le milieu industriel. La majorité du temps est ensuite consacré aux exercices de mise en œuvre directe sur l'application aéronautique décrite ci-dessus, avec l'assistance continue des enseignants. La description détaillée des sujets à traiter et leur déroulement séquentiel font l'objet d'un document qui sera remis à chaque étudiant à la première séance, de même qu'un support de cours. Une feuille de présence est à signer à chaque séance.

Les étudiants sont répartis en binômes. Chaque binôme doit être équipé d'un PC personnel doté du logiciel Matlab/Simulink.

## **Organisation de l'évaluation :**

L'évaluation de l'acquisition des connaissances est effectuée sur la base de documents de type « rapport d'ingénieur » rédigés par chaque binôme et remis aux enseignants. La participation et la motivation des étudiants sont prises en compte dans l'évaluation de l'activité des binômes.

## **Acquis d'apprentissage visés dans le cours :**

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :

- développer et analyser une boucle élémentaire de contrôle sur un système dynamique linéaire
- spécifier les caractéristiques des sous-systèmes supportant la fonction de contrôle (actionneurs, capteurs, calculateur) en relation avec les performances visées du système
- maîtriser les simulations temporelles de systèmes dynamiques quelconques avec Simulink, et utiliser les fonctionnalités de Matlab appliquées au contrôle
- comprendre les notions essentielles de l'Automatique Industrielle