

Sommaire :

Introduction

- Présentation générale et philosophie de l'approche par espace d'état.
- Intérêt de l'approche temporelle par rapport à l'approche fréquentielle classique.

Chapitre 1 : Modélisation des systèmes

- Définition des variables d'état et du vecteur d'état.
- Passage des équations physiques (équations différentielles) à la forme d'état $\dot{x} = f(x, u)$.
- Notion de systèmes multivariables (MIMO - *Multiple-Input Multiple-Output*).
- Exemples d'application (systèmes mécaniques, électriques, robotiques).

Chapitre 2 : Simulation

- Principes de la simulation numérique des équations différentielles d'état.
- Algorithmes d'intégration numérique (méthode d'Euler, méthodes de Runge-Kutta).
- Implémentation et analyse du comportement temporel à l'aide de scripts.

Chapitre 3 : Systèmes linéaires

- Formalisation des systèmes Linéaires Temps-Invariant (LTI) : $\dot{x} = Ax + Bu$ et $y = Cx + Du$.
- Résolution de l'équation d'état (matrice de transition, exponentielle de matrice).
- Propriétés structurelles fondamentales :
 - **Stabilité** (calcul des valeurs propres).
 - **Commandabilité** (matrice de Kalman).
 - **Observabilité** (matrice d'observabilité).

Chapitre 4 : Commande des systèmes linéaires

- Synthèse de lois de commande dans l'espace d'état.
- Commande par **retour d'état linéaire** ($u = -Kx$).
- Méthode du **placement de pôles** (formule d'Ackermann).
- Suivi de consigne et rejet de perturbations (gains de pré-compensation).
- Conception d'**observateurs d'état** (Observateur de Luenberger) pour estimer les variables non mesurées.

Chapitre 5 : Commande linéaire des systèmes non linéaires

- Notion de points de fonctionnement et d'équilibres.
- **Linéarisation locale** des systèmes non linéaires par calcul des matrices Jacobiennes.
- Stabilisation locale d'un système non linéaire par retour d'état calculé sur son approximation linéaire (ex. commande d'un pendule inversé ou d'un Segway).

Chapitre 6 : Commande non linéaire des systèmes non linéaires

- Méthodes avancées de commande s'affranchissant de la linéarisation.
- **Linéarisation par bouclage** (*Feedback Linearization* / Commande linéarisante).
- Introduction aux notions de stabilité globale (méthodes de Lyapunov).
- Applications directes à la robotique mobile (guidage de véhicules autonomes, bateaux à voile, satellites).

Annexes

- Bibliographie et Webliographie.
- Glossaire des termes d'automatique.
- Index des notions et des exemples traités.