

Sommaire :

Partie I : Analyse et Commande dans l'Espace d'État (Commande Modale)

- **Chapitre 1 : Description des systèmes par variables d'état**
 - Concepts fondamentaux et définitions de l'espace d'état.
 - Formes canoniques de représentation (canonique de commande, d'observabilité, diagonale/Jordan).
 - Passage de la fonction de transfert à la représentation d'état (et inversement).
 - Résolution de l'équation d'état (matrice de transition d'état e^{At}).
- **Chapitre 2 : Gouvernabilité et Observabilité des systèmes linéaires**
 - Définition et critères mathématiques de la gouvernabilité (Matrice de Kalman).
 - Définition et critères d'observabilité (Grammien d'observabilité).
 - Dualité entre gouvernabilité et observabilité.
 - Décomposition canonique d'un système non complètement gouvernable ou dynamique.
- **Chapitre 3 : Synthèse des lois de commande par retour d'état (Commande Modale)**
 - Principe du retour d'état linéaire.
 - Calcul de la matrice de gain par la formule d'Ackermann.
 - Placement de pôles pour imposer les performances dynamiques (amortissement, rapidité).
 - Introduction à la commande optimale linéaire quadratique (LQ / LQR).
- **Chapitre 4 : Reconstruction d'état : Les Observateurs**
 - Nécessité de la reconstruction (lorsque le vecteur d'état n'est pas entièrement mesurable).
 - Structure et synthèse de l'Observateur de Luenberger (ordre entier et ordre réduit).
 - Le **Principe de séparation** : validation de l'association Commande + Observateur.

Partie II : Identification Paramétrique Récursive

- **Chapitre 5 : Identification des processus en ligne**
 - Formulation mathématique des modèles de comportement discrets (modèles ARX, ARMAX).
 - Méthode des Moindres Carrés Classiques.
 - Développement de l'algorithme des **Moindres Carrés Récurrents (MCR)** pour l'estimation en temps réel.
 - Technique du facteur d'oubli pour la poursuite de paramètres variants.

Partie III : Systèmes de Commande Adaptative

- **Chapitre 6 : Typologie et concepts de la commande adaptative**
 - Limites des correcteurs à paramètres fixes face aux variations non linéaires ou temporelles.
 - Architecture générale d'un système adaptatif (boucle interne de commande et boucle externe d'adaptation).

- **Chapitre 7 : Commande Adaptative Référencée Modèle (MRAC)**
 - Structure générale et définition du système de référence idéal.
 - Règle du MIT (approche par gradient) et ses limites.
 - Conception de lois d'adaptation stables basées sur la **théorie de stabilité de Lyapunov**.
 - Conception basée sur l'**hyperstabilité de Popov** (systèmes passifs stricts).
- **Chapitre 8 : Commande Adaptative Auto-Ajustable (STC - Self-Tuning Regulators)**
 - Principe de la séparation entre identification et loi de commande (approche indirecte).
 - Algorithmes de commande auto-accordables par placement de pôles récurrent.
 - Régulateurs à variance minimale adaptatifs.
 - Problèmes pratiques d'implémentation industrielle (initialisation, conditionnement des matrices, phénomènes de "coquille vide" ou d'explosion de la covariance).