

Table des matières

Avant-propos	1
Liste des notations	5
Chapitre 1. Représentation des systèmes : un point de vue historique	13
1.1. Fonctions et matrices de transfert	13
1.1.1. Fonctions de transfert	13
1.1.2. Matrices de transfert	15
1.1.3. Cas du temps discret	18
1.2. Représentation d'état	19
1.2.1. Systèmes d'état à temps continu	19
1.2.2. Systèmes d'état à temps discret	20
1.2.3. Commandabilité, observabilité	20
1.2.4. Pôles d'un système d'état	24
1.2.5. Stabilité des systèmes linéaires stationnaires	26
1.3. Approche « géométrique »	27
1.3.1. Formalisme de l'approche géométrique	27
1.3.2. Sous-espaces atteignable et non observable	28
1.3.3. Commandes à retour d'état, observateurs	28
1.3.4. Décomposition canonique de Kalman, stabilisabilité et détectabilité	30
1.4. Description par matrices polynomiales	34
1.4.1. Test PBH (critère de Hautus)	34
1.4.2. Représentation de Rosenbrock	35
1.5. L'approche comportementale	39

- 1.5.1. Commandabilité sans variables de commande 39
- 1.5.2. Le comportement d'un système 40
- 1.5.3. Commandabilité et autonomie 40
- 1.5.4. Observabilité dans l'approche comportementale 44
- 1.6. Module d'un système 45
 - 1.6.1. Utilisation des modules en automatique 45
 - 1.6.2. Approche fließsienne 46
 - 1.6.3. Caractérisation en termes de modules de la commandabilité et de l'observabilité 47
- 1.7. Le formalisme de l'analyse algébrique 48
 - 1.7.1. Nature de l'analyse algébrique 48
 - 1.7.2. La contribution d'Oberst et ses conséquences 49

Chapitre 2. Systèmes linéaires : notions et résultats généraux 57

- 2.1. Systèmes de commande 57
 - 2.1.1. Le formalisme des systèmes de commande 57
 - 2.1.2. Matrice de transfert : cas général 59
 - 2.1.3. Représentation d'état d'un système de commande 60
- 2.2. Équivalence stricte des systèmes de Rosenbrock 64
 - 2.2.1. Représentations de Rosenbrock admissibles 64
 - 2.2.2. Équivalence stricte 66
- 2.3. Commandabilité, observabilité et leur dualité : point de vue algébrique 69
 - 2.3.1. Commandabilité algébrique 69
 - 2.3.2. Commandabilité algébrique des systèmes d'état (temps continu) 72
 - 2.3.3. Commandabilité algébrique des systèmes d'état (temps discret) 78
 - 2.3.4. Dualité algébrique 81
 - 2.3.5. Observabilité algébrique et principe de dualité algébrique 89
- 2.4. Atteignabilité, observabilité et leur dualité : point de vue kalmanien 93
 - 2.4.1. Commandabilité complète d'un système d'état (temps continu) 93
 - 2.4.2. Atteignabilité et commandabilité complètes d'un système d'état (temps discret) 99
 - 2.4.3. Observabilité des systèmes d'état (temps continu) 101
 - 2.4.4. Observabilité et constructibilité complètes des systèmes d'état (temps discret) 106

Chapitre 3. Pôles et zéros des systèmes linéaires, interconnexion et stabilisation 113

- 3.1. Pôles et zéros des systèmes linéaires invariants continus ou discrets 113
 - 3.1.1. Pôles du système, pôles et zéros de transmission 113
 - 3.1.2. Zéros de découplage en entrée-sortie et modes cachés 124

3.1.3. Relations entre pôles, pôles de transmission et modes cachés . . .	127
3.1.4. Zéros invariants	129
3.1.5. Interprétation dynamique des différents pôles et zéros	134
3.2. Pôles et zéros des systèmes interconnectés	135
3.2.1. Diagramme d'un système de commande	135
3.2.2. Interconnexion des systèmes	135
3.2.3. Interconnexion en série	137
3.2.4. Interconnexion en parallèle	142
3.2.5. Interconnexion par bouclage	144
3.2.6. Paramétrisation des compensateurs stabilisants de Youla-Kučera .	150

Chapitre 4. Systèmes aux équations différentielles

aux différences	161
4.1. Systèmes régis par des équations différentielles fonctionnelles	161
4.1.1. Équations différentielles fonctionnelles de type retardé	162
4.1.2. Équations différentielles fonctionnelles de type neutre	163
4.1.3. Cas de retards infinis	166
4.1.4. Équations différentielles fonctionnelles linéaires	167
4.1.5. Stabilité des équations différentielles fonctionnelles	173
4.2. Systèmes linéaires stationnaires à retards groupés	176
4.2.1. Définition et mise en forme simplifiée	176
4.2.2. Commensurabilité ou incommensurabilité des retards	179
4.2.3. Cas de retards commensurables	179
4.2.4. Questions homologiques	182
4.3. Systèmes linéaires stationnaires à retards distribués	189
4.3.1. L'anneau \mathcal{H} : cas de retards non commensurables	189
4.3.2. Les anneaux \mathcal{H} et \mathcal{H}_0 : cas de retards commensurables	197
4.3.3. Commandabilité et observabilité des \mathcal{H} -systèmes	199
4.3.4. Stabilité des \mathcal{H} -systèmes	199
4.3.5. Pôles et zéros des \mathcal{H} -systèmes	203

Annexe. Mathématiques de la théorie des systèmes 205

A.1. Transformation de Laplace	205
A.2. \mathcal{C}_0 -semi-groupes d'opérateurs	228
A.3. Variations sur le thème des cogénérateurs injectifs	245
A.4. Compléments d'algèbre linéaire	272

Bibliographie 287

Index 299