

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Quelques définitions	2
1.1.1	Notions de signal et de système	2
1.1.2	Quelques signaux importants	4
1.1.3	Quelques systèmes importants	5
1.2	Étapes de conception	6
1.3	Classification des systèmes de contrôle	7
1.3.1	Suivant le type de signaux	7
1.3.2	Suivant le type de structure	11
1.4	Exemples de systèmes de contrôle	13
1.4.1	Systèmes de commande séquentielle	13
1.4.2	Systèmes de commande continue	13
1.4.3	Systèmes de commande existant aussi bien en boucle ouverte qu'en boucle fermée	13
1.5	Constitution	14
1.5.1	Les différentes parties	14
1.5.2	Les capteurs	16
1.5.3	Les actionneurs	18
2	Systèmes à événements discrets	19
2.1	Logique classique et systèmes combinatoires	20
2.2	Systèmes séquentiels	25
2.3	Le Grafcet	28
2.3.1	Introduction au Grafcet	28
2.3.2	Définitions et représentations	29
2.3.3	Niveau de description et de spécification fonctionnelle	33
2.3.4	Règles d'évolution d'un Grafcet	34
2.3.5	Séquences multiples dans un Grafcet	35
2.3.6	Compléments sur le Grafcet	38

3	Systèmes continus – Généralités	41
3.1	Introduction	42
3.1.1	Quelques définitions	42
3.1.2	Exemple 1 : Commande d'un wagonnet	43
3.1.3	Exemple 2 : Commande d'une perceuse sans fil	45
3.1.4	Modèles	47
3.2	Modèles d'état	49
3.2.1	Présentation des modèles d'état	49
3.2.2	Dynamique d'état	52
3.2.3	Entrée, état et sortie	53
3.2.4	Systèmes invariants	54
3.3	Modèles entrées/sorties	56
3.3.1	Présentation des modèles entrées/sorties	56
3.3.2	Équations différentielles ordinaires	57
3.3.3	Distributions et opérateurs différentiels	58
3.4	Systèmes continus linéaires	61
3.4.1	Modélisation	61
3.4.2	Propriétés associées à la linéarité	61
3.4.3	Linéarisation	64
4	Systèmes continus – Exemples	71
4.1	Modélisation de systèmes électriques	73
4.1.1	Exemples de systèmes électriques d'ordre 1	74
4.1.2	Exemples de systèmes électriques d'ordre 2	76
4.2	Modélisation de systèmes mécaniques	78
4.2.1	Modèle entrée/sortie d'un système mécanique en translation	79
4.2.2	Modèle entrée/sortie d'un système mécanique en rotation	80
4.2.3	Modèle d'état d'un système mécanique MIMO	81
4.3	Modélisation de systèmes thermiques	82
4.4	Modélisation de systèmes hydrauliques	84
4.5	Modélisation de systèmes électromécaniques	86
4.5.1	Machine à courant continu	86
4.5.2	Contrôle en vitesse	88
4.5.3	Contrôle en position	91
4.5.4	Modélisation des réducteurs	93
5	Étude dans le domaine temporel	107
5.1	Étude des systèmes d'ordre 1	108
5.1.1	Régime libre et régime forcé	109
5.1.2	Réponse impulsionnelle et stabilité d'un système	112
5.1.3	Régime transitoire et régime permanent	115
5.1.4	Application à un circuit RL	116

5.2	Étude des systèmes d'ordre supérieur à 1	121
6	Étude dans le domaine fréquentiel	125
6.1	Méthode des complexes et séries de Fourier	128
6.2	Méthode de la transformée de Fourier	136
6.2.1	De la série à la transformée de Fourier	136
6.2.2	Propriétés de la transformée de Fourier	142
6.2.3	Équations différentielles ordinaires et fonctions de réponse en fréquence	144
6.2.4	Diagrammes de réponse en fréquence	145
6.2.5	Résumé sur la méthode des transformées de Fourier	147
6.3	Méthode de la transformée de Laplace	148
6.3.1	De la transformée de Fourier à la transformée de Laplace	149
6.3.2	Propriétés de la transformée de Laplace	151
6.3.3	Équations différentielles ordinaires et fonctions de transfert	153
6.3.4	Résumé sur la méthode des transformées de Laplace	156
6.3.5	Fonction de transfert et réponse impulsionnelle	156
6.3.6	Convolution dans le domaine temporel et multiplication dans le domaine de Laplace	157
6.3.7	Stabilité d'un système dynamique linéaire invariant	160
6.3.8	Diagramme de Bode et diagramme de réponse en fréquence	165
7	Signaux et systèmes élémentaires	167
7.1	Signaux élémentaires	168
7.1.1	Le signal impulsionnel ou fonction de Dirac	168
7.1.2	Le signal échelon ou fonction indicielle de Heaviside	170
7.1.3	Le signal de rampe causale	171
7.1.4	Le signal sinusoïdal	172
7.1.5	Le signal cosinusoidal	173
7.1.6	Le signal retardé	173
7.1.7	La combinaisons de différents signaux	173
7.2	Systèmes élémentaires	175
7.2.1	Système à gain pur	176
7.2.2	Système intégrateur	176
7.2.3	Système dérivateur (système non causal)	180
7.2.4	Système du premier ordre	181
7.2.5	Système du second ordre	186
7.2.6	Système avec retard	194

8	Contrôle des systèmes continus	197
8.1	Principes des systèmes de contrôle continu	198
8.2	Systèmes de contrôle en boucle fermée	204
8.2.1	Fonction de transfert d'un système en boucle fermée à retour unitaire	204
8.2.2	Fonction de transfert d'un système de contrôle en boucle fermée avec anticipations	204
8.3	Performances	207
8.3.1	Stabilité	207
8.3.2	Précision et erreur	208
8.3.3	Rapidité et amortissement	211
9	Correcteurs standards	213
9.1	Présentation des correcteurs standards	215
9.1.1	Le correcteur P	215
9.1.2	Le correcteur PI	219
9.1.3	Le correcteur PID	224
9.2	Réglage des correcteurs standards	233
9.2.1	Les méthodes de réglage empirique et semi-empirique . . .	233
9.2.2	Les méthodes de réglage par placement de pôles	240
9.2.3	Les méthodes de réglage robuste fréquentiel	248