

2-004-125-1

2-004-125-1

Problèmes d'automatique

par

Jean-Pierre ELLOY

Jean-Marie PLASCO

*Maîtres-assistants
au Laboratoire d'Automatique
de l'École Nationale Supérieure de Mécanique
de Nantes*

Dunod

Table des matières

PRÉFACE	5
NOTATIONS ET SYMBOLES	7
1 ASSERVISSEMENTS LINÉAIRES	9
1.1 MISE EN EQUATIONS, DIAGRAMME FONCTIONNEL, ETUDE DE SYSTEMES SIMPLES	9
1.1.1 Système de bacs	9
1.1.2 Régulateur pneumatique	11
1.1.3 Asservissement hydraulique	13
1.1.4 Etude d'un asservissement de position	15
1.1.5 Etude du vol symétrique d'un avion au voisinage du vol horizontal	17
1.1.6 Filtre électrique	23
1.2 SYSTEMES EN BOUCLE OUVERTE ET EN BOUCLE FERMEE, REGLAGE DU GAIN, LIEU D'EVANS	27
1.2.1 Exemple 1 de réglage de gain	27
1.2.2 Exemple 2 de réglage de gain	29
1.2.3 Appareil à gouverner hydraulique	31
1.2.4 Lieu des pôles (Evans) de quelques systèmes bouclés	36
1.2.5 Etude d'une régulation de niveau	40
1.3 STABILITE DES SYSTEMES ASSERVIS	43
1.3.1 Stabilité de quelques systèmes asservis à retour unitaire	43
1.3.2 Exemple d'utilisation des critères de Routh et Nyquist	48
1.3.3 Etude du pilote automatique d'un avion	50

1.3.4	Asservissement de la conductivité d'une solution	58
1.3.5	Asservissement de cap d'un navire	62
1.3.6	Asservissement de l'assiette d'un avion	63
1.4	PRECISION ET CORRECTION DES SYSTEMES ASSERVIS	67
1.4.1	Exercice 1 sur la précision d'un asservissement	67
1.4.2	Exercice 2 sur la précision d'un asservissement	69
1.4.3	Etude d'un asservissement de vitesse	72
1.4.4	Réglage du gain et précision d'un système asservi	78
1.4.5	Mélangeur	80
1.4.6	Correction d'un système asservi par un réseau à avance ou un réseau à retard de phase	82
1.4.7	Etude du pilote automatique d'un véhicule spatial	86
2	ASSERVISSEMENTS NON LINÉAIRES	89
2.1	METHODE DU PREMIER HARMONIQUE	89
2.1.1	Calcul du gain équivalent et oscillations limites	89
2.1.2	Relais tout ou rien avec hystérésis	94
2.1.3	Relais tout ou rien avec seuil et hystérésis	96
2.1.4	"Collage" d'un régulateur pneumatique	101
2.1.5	Relais tout ou rien avec seuil	104
2.1.6	Etude d'un système asservi à gain non-linéaire	107
2.2	METHODE DU PLAN DES PHASES	110
2.2.1	Méthode des isoclines	110
2.2.2	Asservissement de position à relais	114
2.2.3	Asservissement de position en présence de frottements	118
2.2.4	Exercice 2.1.1 résolu par la méthode du plan des phases	124

2.3	PROBLEMES	126
2.3.1	Pilotage automatique d'un avion	126
2.3.2	Etude d'un réseau correcteur non-linéaire à avance de phase	136
3	ESPACE DES ÉTATS	141
3.1	EQUATION D'ETAT	141
3.1.1	Transmittance à pôles multiples	141
3.1.2	Processus multivariable	143
3.1.3	Système électrique	145
3.1.4	Groupe Ward - Leonard	146
3.1.5	Passage d'équation d'état à transmittance	150
3.2	CHANGEMENT D'ETAT	151
3.2.1	Diagonalisation de la matrice d'état	151
3.2.2	Simplification de l'équation d'état	153
3.2.3	Valeurs propres multiples	156
3.2.4	Valeurs propres complexes	160
3.3	OBSERVABILITE, COMMANDABILITE	162
3.3.1	Processus monovariable	162
3.3.2	Observateur	164
3.4	RÉPONSE D'UN SYSTEME DECRIT SOUS FORME D'EQUATION D'ETAT	167
3.4.1	Calcul de la matrice de transition	167
3.4.2	Réponse indicielle sans conditions initiales	169
3.4.3	Réponse indicielle avec conditions initiales	171
3.4.4	Valeurs propres complexes	172
3.4.5	Calcul direct par les modes propres	175
3.5	METHODE DE LYAPUNOV	178
3.5.1	Stabilité	178
3.5.2	Stabilité d'un système bouclé	179
3.5.3	Calcul d'une loi de commande	180
3.5.4	Asservissement d'un moteur	182