

Sommaire

A	Concepts de base	9
I	La boucle fermée	11
1	Rôle de la boucle fermée	11
2	Qualités d'une boucle fermée	13
2.1	Stabilité	13
2.2	Précision	14
2.3	Rapidité	14
2.4	Robustesse	15
3	Architecture de la boucle fermée	16
4	Du schéma au schéma bloc	17
5	Entraînement	20
6	A retenir	22
II	La modélisation	23
1	Nécessité d'un modèle	23
2	Identification en boucle ouverte	23
2.1	Réponse indicielle stable	26
2.2	Système intégrateur	31
3	Entraînement	32
4	Principe de superposition	38
5	Entraînement	42
6	A retenir	44
B	Les correcteurs PID	47
III	Action Proportionnelle (P)	51
1	Le correcteur proportionnel	51
1.1	L'idée	51
1.2	L'effet	51
2	Méthodes de réglage	59
2.1	Réglages de Broïda	59
2.2	Méthode du pompage limite	60
2.3	Méthode du régleur	60
3	Réalisation industrielle	62
3.1	Limitation	62
3.2	Bande proportionnelle (<i>Proportional band</i>)	63
3.3	Centrage de bande (<i>Manual reset</i>)	63
3.4	Sens d'action	66
4	Entraînement	69
4.1	Régulation de température	69
4.2	Pilote automatique	70
5	A retenir	76

IV Action Intégrale (I)	79
1 Le correcteur intégral	79
1.1 L'idée	79
1.2 L'effet	80
2 Le correcteur PI	84
2.1 Structure parallèle	85
2.2 Structure série	85
2.3 Equivalence	86
2.4 Symbole	86
3 Méthodes de réglage	87
3.1 Compensation d'une constante de temps	87
3.2 Réglages de Broïda	87
3.3 Méthode du pompage limite	88
3.4 Méthode du régleur	88
4 Réalisation industrielle	91
4.1 Cas d'un correcteur numérique	91
4.2 Dispositif anti-emballement (<i>Anti-windup</i>)	98
4.3 Dispositif sans à-coup (<i>Bumpless</i>)	99
5 Cas des systèmes intégrateurs	100
6 Entraînement	106
6.1 Régulation de température	106
6.2 Pilote automatique	106
6.3 Implémentation d'un PI numérique	107
7 A retenir	114
V Action dérivée (D)	117
1 Le correcteur dérivé	117
1.1 L'idée	117
1.2 L'effet	117
2 Le correcteur PID	120
2.1 Structure parallèle	120
2.2 Structure mixte	120
2.3 Structure série	121
2.4 Equivalence	121
2.5 Symbole	123
3 Méthodes de réglage	124
3.1 Correction idéale	124
3.2 Réglages de Broïda	125
3.3 Méthode du pompage limite	125
3.4 Méthode du régleur	126
4 Réalisation industrielle	131
4.1 Bande morte (<i>Dead band</i>)	131
4.2 Filtrage de l'action dérivée	132
4.3 Filtrage de la mesure	134
4.4 Démarrage doux (<i>Soft start</i>)	135
4.5 Le correcteur PID numérique	136
4.6 Alarmes et mode Repli	141
5 Entraînement	142
5.1 Régulation de température	142
5.2 Pilote automatique	142
5.3 Implémentation d'un PID numérique	143
6 A retenir	146

VI	Deux degrés de liberté	153
1	Le correcteur à deux degrés de liberté	153
1.1	L'idée	153
1.2	L'effet : IP versus PI	154
2	Pondération de la consigne (<i>Setpoint weighting</i>)	159
3	Méthode de réglage	161
3.1	Un cas particulier	161
3.2	Cas général	164
4	Réalisation industrielle	167
4.1	Action dérivée sur la mesure	167
4.2	Pondération de la consigne numérique	167
5	Entraînement	171
6	A retenir	173
VII	Action de tendance	175
1	De l'inversion de modèle...	176
2	... à la commande a priori (<i>feedforward</i>)	178
3	La loi de commande Avance-Retard (<i>Lead-Lag</i>)	184
4	Méthodes de réglage	186
4.1	En boucle fermée	186
4.2	D'après l'identification	187
4.3	Méthode du régleur	189
5	Réalisation industrielle	191
5.1	Le Lead-Lag numérique	191
5.2	Correcteur adaptatif à gains tabulés (<i>Gain scheduling</i>)	194
6	Entraînement	197
7	A retenir	200
VIII	Mise en œuvre	203
1	Environnement	203
1.1	Matériel	204
1.2	Montage	204
1.3	Structure du programme	205
2	Pilotage en boucle ouverte	206
2.1	Génération de la commande	206
2.2	Acquisition de la mesure	210
2.3	Le traceur	212
3	Implémentation de la loi de commande	213
3.1	Un PI série	213
3.2	Un PID mixte	222
3.3	Un PID à gains tabulés	230