

Avant-propos	11
PREMIÈRE PARTIE. P.I.D. CLASSIQUE	13
Chapitre 1. Généralités.	15
1.1. Contexte	15
1.2. Modèles de procédés	16
1.2.1. Autres systèmes	17
1.2.2. Choix d'un modèle.	19
1.3. Actions P.I.D.	19
1.3.1. Action proportionnelle	20
1.3.2. Action intégrale	20
1.3.3. Action dérivée	21
1.4. Différents type de P.I.D.	22
1.5. Equivalence des P.I.D.	29
1.5.1. Equivalence parallèle \leftrightarrow mixte	30
1.5.2. Equivalence série \leftrightarrow mixte	30
1.5.3. Equivalence parallèle \leftrightarrow série.	33
1.5.4. Cas d'une dérivée sur la mesure.	34
1.6. P.I.D. : réponse harmonique.	38
1.6.1. P.I.D. série dérivée pure	38
1.6.2. P.I.D. série dérivée filtrée	40
1.6.3. P.I.D. mixte dérivée pure.	42
1.6.4. P.I.D. mixte dérivée filtrée.	44
1.7. Notions de stabilité	47
1.7.1. Définition	47
1.7.2. Boucle fermée	48
1.7.3. Gain de boucle : critères harmoniques [GUY 89]	48
1.7.4. Critères temporels	51
1.7.5. Réglabilité	59

Chapitre 2. Méthodes de Ziegler et Nichols et similaires	53
2.1. Méthode en boucle fermée	53
2.2. Méthode en boucle ouverte	56
2.3. Méthode de Cohen et Coon	59
2.4. Méthode de Takahashi	60
2.5. Performances	61
2.5.1. Procédé stable	61
2.5.2. Procédé instable	62
2.5.3. Conclusion	63
Chapitre 3. Méthode de Dindeleux	67
3.1. Procédé stable	67
3.2. Procédé intégrateur	68
3.2.1. Méthode du pompage	69
3.3. Performances	69
3.3.1. Procédé stable	69
3.3.2. Procédé instable	70
3.3.3. Conclusion	71
3.4. Résumé	71
Chapitre 4. Méthode de compensation	79
4.1. Procédé stable	79
4.1.1. Rappel des caractéristiques	80
4.1.2. Etude générale	80
4.1.3. Dérivée pure : échelon de consigne.	83
4.1.4. Dérivée pure : échelon de perturbation.	86
4.1.5. Dérivée filtrée : échelon de consigne.	89
4.1.6. Dérivée filtrée : échelon de perturbation.	91
4.1.7. Résumé des réglages moyens	94
4.2. Procédé instable	96
4.2.1. Réponse indicielle	96
4.2.2. Action intégrale et régime établi	96
4.2.3. Etude générale	97
4.2.4. Régulateur P.D. : dérivée pure	100
4.2.5. Régulateur P.D. : dérivée filtrée.	103
4.2.6. P.I.D. : Dérivée pure échelon de consigne.	106
4.2.7. P.I.D. : Dérivée pure échelon de perturbation.	110
4.2.8. P.I.D. dérivée filtrée : échelon de consigne	115
4.2.9. P.I.D. dérivée filtrée : échelon de perturbation	121
4.2.10. Résumé des réglages moyens	128
Chapitre 5. Méthode de Naslin	131
5.1. Méthode générale	131
5.1.1. Premier exemple	134
5.1.2. Deuxième exemple	136

5.2. Méthode industrielle	138
5.2.1. Exemple.	138
5.2.2. Exemple d'application	140
Chapitre 6. Méthodes d'optimisation	155
6.1. Méthode du critère intégral	156
6.1.1. Etude de Rovira, Murrill et Smith	157
6.1.2. Etude de Miller, Lopez, Smith et Murril.	157
6.1.3. Etude de Kaya et Scheib	158
6.1.4. Exemple.	159
6.2. Méthode de Chien Hrones et Reswick.	161
6.3. Méthode Samal	165
Chapitre 7. Méthodes fréquentielles	173
7.1. Première méthode : marge de phase	174
7.2. Deuxième méthode : facteur de résonance	179
7.2.1. Exemples d'application.	181
7.2.2. Cas de systèmes intégrateurs	184
Chapitre 8. Méthode de Kessler	189
8.1. Procédé du second ordre	190
8.1.1. Procédé intégrateur	191
8.1.2. Procédé apériodique ($a = 1$)	192
8.2. Procédé du troisième ordre	193
8.2.1. Procédé intégrateur double ($a = b = 0$)	195
8.2.2. Procédé intégrateur ($a = 0, b = 1$)	195
8.2.3. Procédé apériodique ($a = b = 1$)	197
8.3. Performances	198
8.4. Résumé	201
8.5. Méthode KLV	201
Chapitre 9. Méthodes générales	205
9.1. Méthode de synthèse directe	205
9.1.1. Exemple de calcul.	207
9.1.2. Performances.	207
9.1.3. Tableau récapitulatif	209
9.2. Méthode de placement de pôles	210
9.2.1. Exemple d'application	211
9.2.2. Tableau récapitulatif	215
DEUXIÈME PARTIE. P.I.D. NUMÉRIQUE	217
Chapitre 10. Fonctions usuelles. Rappels	219
10.1. Intégration	220
10.2. Système du premier ordre	221

10.3. Retard pur	224
10.4. Système du second ordre	225
10.5. Système intégrateur et premier ordre	229
10.6. Système intégrateur avec retard	229
10.7. Réponse en temps fini	230
10.8. Dérivée	232
Chapitre 11. P.I.D. Numérique	235
11.1. Méthodologie	235
11.2. Equivalences usuelles	236
11.2.1. Intégrale	236
11.2.2. Dérivée pure	236
11.2.3. Dérivée filtrée	237
11.2.4. Produit ID : pour régulateur série	237
11.2.5. Tableaux récapitulatifs	238
11.3. P.I.D. numérique : dérivée pure	239
11.3.1. Forme P.I.D.	239
11.3.2. Forme RST	240
11.4. P.I.D. numérique : dérivée filtrée	240
11.4.1. Forme P.I.D.	241
11.4.2. Forme RST	241
Chapitre 12. Régulation numérique	253
12.1. Introduction	253
12.2. Régulateurs numériques	254
12.2.1. Régulateur RS	254
12.2.2. Régulateur RST	254
12.2.3. P.I.D. numérique	254
12.3. Choix de la période d'échantillonnage	255
12.4. Stabilité : rappels	255
12.5. Réponses type	257
12.5.1. Réponse du premier ordre	257
12.5.2. Réponse du second ordre	257
12.5.3. Réponse en temps fini	258
12.6. Méthode de compensation	258
12.6.1. Principe	258
12.6.2. Cas de zéros non compensables	258
12.6.3. Application	259
12.6.4. Tableau récapitulatif	263
12.7. Méthode de placement de pôles	267
12.7.1. Principe	267
12.7.2. Application	268
12.7.3. Placement de pôles avec RST	271
12.7.4. Tableau récapitulatif	272
12.8. Poursuite et régulation	276
12.8.1. Principe	276

12.8.2. Application	277
12.8.3 Tableaux récapitulatifs.	280
12.9. Performances.	284
12.9.1. Compensation des zéros	284
12.9.2. Méthode de compensation	286
12.9.3. Méthode de placement de pôles	289
12.9.4. Poursuite et régulation	290
12.9.5. Procédé intégrateur	293
Chapitre 13. Algorithmes de commande.	297
13.1. Généralités	297
13.1.1. Différents algorithmes.	298
13.1.2. Fonctions annexes	299
13.1.3. Algorithme	302
13.2. Actions élémentaires	303
13.2.1. Intégrale	304
13.2.2. Dérivée	305
13.3. P.I.D. forme différentielle	306
13.3.1. Structure AR	306
13.3.2. Structure AV	309
13.3.3. Algorithmes.	311
13.4. P.I.D. forme absolue	315
13.4.1. Structure AR	315
13.4.2. Structure AV	317
13.4.3. Algorithmes.	319
13.5. Régulateur RST	321
13.5.1. Forme différentielle	321
13.5.2. Forme absolue	322
13.5.3. Algorithmes.	324
13.6. Performances.	325
13.7. Limitations	327
13.8. Passage en automatique	329
13.9. Conclusion	331

Chapitre 14. P.I.D. flou. 339

14.1. Principe	339
14.2. Structures	342
14.2.1. Action dérivée	342
14.2.2. Action intégrale	342
14.2.3. P.I.D. continu équivalent	343
14.2.4. Fonction de transfert échantillonnée	344
14.3. Réglages	345
14.3.1. Réglage procédé stable	346
14.3.2. Réglage procédé instable	348
14.4. Algorithmes	352
14.4.1. Dérivée sur l'écart	352

14.4.2. Dérivée sur la mesure	353
14.4.3. Algorithmes de synthèse	354
14.5. Utilisation.	355
Chapitre 15. Utilisation du P.I.D.	357
15.1. Choix du type de régulateur	357
15.2. Choix d'une méthode de réglage	358
15.2.1. Connaissance du procédé	358
15.2.2. Critères de réglages	359
15.2.3. Simplicité de mise en oeuvre.	359
15.2.4. Tableau récapitulatif.	360
15.2.5. Réglage par défaut	362
15.3. Autres utilisations du P.I.D.	363
15.3.1. Régulation <i>feed forward</i> (ou régulation de tendance)	363
15.3.2. Régulation cascade	364
15.3.3. Régulation mixte.	365
15.3.4. Régulation <i>split range</i> (échelle partagée)	365
15.3.5. Régulation de rapport	366
15.3.6. Régulation P.I.R. (Proportionnel Intégral Retard)	367
15.4. Conclusion	368
Annexe	371
Bibliographie	393
Index	395