

Table des matières

Introduction	11
Chapitre 1. Métaheuristiques pour l'optimisation de correcteurs	33
1.1. Introduction.	33
1.2. Approches évolutionnaires par l'évolution différentielle (DE).	34
1.2.1. Version standard	34
1.2.1.1. Initialisation de l'algorithme	35
1.2.1.2. Description de l'algorithme.	36
1.2.1.3. Pseudo-code de l'algorithme	37
1.2.1.4. Critère d'arrêt de l'algorithme	37
1.2.1.5. Réglage de l'algorithme	38
1.2.1.6. Variantes de l'algorithme	38
1.2.1.7. Versions retenues.	39
1.2.2. Version perturbée	39
1.3. Approches par essais	40
1.3.1. Algorithme des essais particuliers (PSO)	40
1.3.1.1. Principe	40
1.3.1.2. Confinement des particules	43
1.3.1.3. Initialisation de l'algorithme	43
1.3.1.4. Pseudo-code de l'algorithme	43
1.3.1.5. Réglage canonique de l'algorithme	44
1.3.1.6. Critères d'arrêt de l'algorithme	45
1.3.1.7. Variantes de l'algorithme	45
1.3.1.8. Versions retenues.	45
1.3.2. Algorithme des essais particuliers quantiques (QPSO)	46
1.3.2.1. Principe	46
1.3.2.2. Confinement des particules	49

1.3.2.3. Initialisation de l'algorithme	49
1.3.2.4. Pseudo-code de l'algorithme	50
1.3.2.5. Réglage de l'algorithme	50
1.3.2.6. Critères d'arrêt de l'algorithme	50
1.3.2.7. Variantes de l'algorithme	51
1.3.2.8. Versions retenues.	51
1.3.3. Algorithme des colonies d'abeilles (ABC)	51
1.3.3.1. Principe	51
1.3.3.2. Initialisation de l'algorithme	52
1.3.3.3. Description de l'algorithme.	53
1.3.3.4. Pseudo-code de l'algorithme	54
1.3.3.5. Critère d'arrêt de l'algorithme	55
1.3.3.6. Variantes de l'algorithme	56
1.3.4. Algorithme de la recherche coucou (CS)	56
1.3.4.1. Principe	56
1.3.4.2. <i>Levy flight</i>	58
1.3.4.3. Initialisation de l'algorithme	59
1.3.4.4. Description de l'algorithme.	60
1.3.4.5. Pseudo-code de l'algorithme	61
1.3.4.6. Réglage de l'algorithme	61
1.3.4.7. Critère d'arrêt de l'algorithme	61
1.3.4.8. Variantes de l'algorithme	62
1.3.4.9. Versions retenues.	63
1.3.5. Algorithme des lucioles (FF)	63
1.3.5.1. Principe	63
1.3.5.2. Pseudo-code de l'algorithme	64
1.3.5.3. Réglage de l'algorithme	64
1.3.5.4. Critère d'arrêt de l'algorithme	65
1.4. Bilan	65

Chapitre 2. Reformulation des problèmes de commande robuste pour l'optimisation stochastique	67
2.1. Introduction.	67
2.2. Synthèse H_∞	67
2.2.1. Rappels sur la synthèse H_∞ d'ordre plein	67
2.2.1.1. Introduction	67
2.2.1.2. Approche standard par Riccati	68
2.2.1.3. Approche par les inégalités matricielles affines (LMI).	74
2.2.2. Rappels sur la synthèse H_∞ structurée	77
2.2.2.1. Stabilisation robuste d'un système modélisé par ses factorisations premières sous contrainte d'ordre	77

2.2.2.2. Les limites de la synthèse H_∞ par les LMI et la contrainte d'ordre	87
2.2.2.3. Synthèse H_∞ par l'optimisation non lisse	90
2.2.3. Formulation de la synthèse H_∞ pour l'optimisation stochastique	99
2.2.3.1. Principe	99
2.2.3.2. Digression : formulation de la synthèse H_2	101
2.2.3.3. Amélioration de la rapidité de convergence pour la synthèse des correcteurs	101
2.2.3.4. Correcteur centralisé et décentralisé.	104
2.2.3.5. Evaluation de la fonction de coût	109
2.2.3.6. <i>Benchmarking</i> avec COMPl _{ib}	110
2.2.3.7. Prise en compte de contraintes supplémentaires.	120
2.2.3.8. Extension à d'autres problèmes complexes	121
2.2.3.9. Méthodologie générale pour la synthèse de correcteurs structurés stabilisant par l'optimisation stochastique	134
2.2.4. Conclusion	136
2.3. μ -synthèse	136
2.3.1. Le problème de la robustesse en performance	136
2.3.2. μ -synthèse	141
2.3.2.1. Introduction	141
2.3.2.2. μ -synthèse d'ordre plein.	142
2.3.2.3. μ -synthèse structurée	160
2.4. Synthèse LPV/LFT	170
2.4.1. Introduction	170
2.4.2. Le problème de la synthèse des correcteurs LPV/LFT	170
2.4.3. Reformulation pour l'optimisation stochastique	176
2.4.3.1. Notations.	177
2.4.3.2. Principe de l'approche.	177
2.4.3.3. Synthèse d'ordre plein.	178
2.4.3.4. Synthèse structurée.	179
2.4.3.5. Exemple de mise en œuvre : le chariot roulant	181

Chapitre 3. Réglage optimal des correcteurs H_∞ structurés et robustes vis-à-vis d'exigences de haut niveau 199

3.1. Introduction et motivations	199
3.2. La synthèse H_∞ par <i>loop-shaping</i>	209
3.2.1. Principe de l'approche	209
3.2.2. Marge de gain et marge de phase généralisées	212

3.2.3. Interprétation 4-blocs de la méthode	213
3.2.4. Mise en œuvre pratique	214
3.2.4.1. Spécifications	214
3.2.4.2. Choix des pondérations	215
3.2.4.3. Calcul du précorrecteur	216
3.2.4.4. Calcul de la boucle ouverte et du correcteur	218
3.2.4.5. Remarques pour la résolution	218
3.2.5. Implémentation des correcteurs.	219
3.2.5.1. Implémentation fréquentielle	219
3.2.5.2. Implémentation observateur/retour d'état	220
3.3. Une méthode générique pour la déclinaison des exigences.	222
3.3.1. Principe général	222
3.3.2. Cas particuliers	225
3.3.2.1. Contrainte nulle.	225
3.3.2.2. Contrainte de type égalité	226
3.3.3. Gestion du niveau de priorité sur les exigences	226
3.4. Réglage optimal des pondérations	227
3.4.1. Optimisation sur modèle nominal	227
3.4.1.1. Définition de la fonction de coût.	227
3.4.1.2. Mise en œuvre	229
3.4.2. Optimisation multi-modèles.	231
3.4.2.1. Optimisation robuste en stabilité.	232
3.4.2.2. Optimisation robuste en marge de stabilité.	233
3.4.2.3. Optimisation robuste en performance.	234
3.4.3. Exemple applicatif : la stabilisation inertielle de ligne de visée	236
3.4.3.1. Le viseur d'observation	236
3.4.3.2. Le viseur de tir	254
3.4.3.3. Pour aller plus loin...	265
3.5. Réglage optimal du correcteur final à ordre et structure fixés	268
3.5.1. Introduction	268
3.5.2. Vers une élimination des pondérations	270
3.5.2.1. Optimisation sur modèle nominal	270
3.5.2.2. Optimisation multi-modèles	273
3.5.2.3. Exemple applicatif (suite).	276
3.5.3. Extensions de l'approche	290
3.5.3.1. Extension aux correcteurs à 2 degrés de liberté	290
3.5.3.2. Extension à la μ -synthèse et à la synthèse LPV/LFT.	304
3.5.4. Lien avec la forme standard	307

Chapitre 4. HinfStoch : une boîte à outils pour la synthèse de correcteurs structurés	309
4.1. Introduction.	309
4.2. Synthèse H_∞ structurée multi-modèles	310
4.2.1. Principe.	310
4.2.2. Formalisme.	311
4.2.2.1. Définition du système	311
4.2.2.2. Structure du correcteur recherché	312
4.2.2.3. Définition des options	313
4.3. μ -synthèse structurée	314
4.3.1. Principe.	314
4.3.2. Formalisme.	315
4.3.2.1. Définition du système	315
4.3.2.2. Structure du correcteur recherché	316
4.3.2.3. <i>Scalings</i>	317
4.3.2.4. Définition des options	317
4.4. Synthèse LPV/LFT structurée.	318
4.4.1. Principe.	318
4.4.2. Formalisme.	319
4.4.2.1. Définition du système	319
4.4.2.2. Structure du correcteur recherché	320
4.4.2.3. Structure de la matrice d'incertitude	321
4.4.2.4. Définition des options	321
4.5. Synthèse structurée et robuste vis-à-vis d'exigences de haut niveau avec HinfStoch_ControllerTuning.	322
4.5.1. Principe.	322
4.5.2. Formalisme.	324
4.5.2.1. Définition du système	324
4.5.2.2. Caractéristiques du correcteur recherché	326
4.5.2.3. Définition des exigences	332
4.5.2.4. Définition des options	338
4.5.2.5. Définition des sorties	341
4.5.3. Exemples	342
4.5.3.1. Exemple 1 : synthèse mixte H_2/H_∞ structurée.	342
4.5.3.2. Exemple 2 : synthèse H_∞ avec un correcteur stable.	345
4.5.3.3. Exemple 3: correction décentralisée d'une colonne à distiller.	347
4.5.3.4. Exemple 4 : correction décentralisée du HIMAT	355

4.5.3.5. Exemple 5 : contrôle d'une tête de lecture (HDA) par correction à 2 degrés de liberté	363
4.5.3.6. Exemple 6 : stabilisation inertielle de ligne de visée	368
4.5.3.7. Exemple 7 : contrôle multi-variables d'un hélicoptère avec Simulink	373
Annexes	381
Bibliographie	421
Index	429