

Table des matières

Introduction	11
Chapitre 1. Les heuristiques à trajectoire	13
1.1. Introduction	13
1.2. La méthode de descente	14
1.3. Le recuit simulé	15
1.4. Le recuit microcanonique	16
1.5. La recherche tabou	17
1.6. Les algorithmes de recherche locale exploratoire	18
1.6.1. La méthode GRASP	18
1.6.2. La recherche à voisinage variable	19
1.6.3. La recherche locale guidée	21
1.6.4. La recherche locale itérée	22
1.7. Autres méthodes	23
1.7.1. La méthode du simplexe	23
1.7.2. La méthode de bruitage	25
1.7.3. Les méthodes de lissage	25
1.8. Conclusion	26
Chapitre 2. Les méthodes à population de solutions	27
2.1. Introduction	27
2.2. Les algorithmes évolutionnaires	28
2.2.1. Les algorithmes génétiques	28
2.2.1.1. Opérateur de sélection	29
2.2.1.2. Opérateur de croisement	29
2.2.1.3. Opérateur de mutation	29
2.2.1.4. Opérateur de remplacement	29
2.2.2. Les stratégies d'évolution	30

- 2.2.3. Les algorithmes co-évolutionnaires 30
- 2.2.4. Les algorithmes culturels 31
- 2.2.5. L'évolution différentielle 32
 - 2.2.5.1. Mutation 32
 - 2.2.5.2. Croisement 33
 - 2.2.5.3. Sélection 34
- 2.2.6. L'optimisation basée sur la biogéographie 34
- 2.2.7. La métaheuristique hybride basée sur l'estimation bayésienne 36
- 2.3. L'intelligence en essaim 37
 - 2.3.1. L'optimisation par essaim particulaire (OEP) 38
 - 2.3.2. L'optimisation par colonies de fourmis 41
 - 2.3.3. La recherche « coucou » 43
 - 2.3.4. L'algorithme des lucioles 44
 - 2.3.5. L'algorithme des feux d'artifice 46
- 2.4. Conclusion 50

Chapitre 3. Evaluation des performances des métaheuristiques . . . 51

- 3.1. Introduction 51
- 3.2. Les mesures de performances 52
 - 3.2.1. Qualité des solutions 52
 - 3.2.2. Effort de calcul 53
 - 3.2.3. Robustesse 53
- 3.3. Analyse statistique 54
 - 3.3.1. Description des données 54
 - 3.3.2. Tests statistiques 56
- 3.4. Benchmarks de la littérature 56
 - 3.4.1. Caractéristiques d'une fonction test 56
 - 3.4.2. Fonctions tests 57
 - 3.4.2.1. La fonction sphère 57
 - 3.4.2.2. La fonction de Rosenbrock 58
 - 3.4.2.3. La fonction de Rastrigin 59
 - 3.4.2.4. La fonction de Schwefel 60
 - 3.4.2.5. La fonction d'Ackley 60
 - 3.4.2.6. La fonction de Griewank 61
 - 3.4.2.7. La fonction de Michalewicz 62
- 3.5. Conclusion 63

Chapitre 4. Placement de FACTS 65

- 4.1. Introduction 65
- 4.2. Dispositifs FACTS 67
 - 4.2.1. Le SVC 68
 - 4.2.2. Le STATCOM 68

4.2.3. Le TCSC	69
4.2.4. L'UPFC	69
4.3. Le modèle <i>Power Flow</i> et sa résolution	69
4.3.1. Le modèle <i>Power Flow</i>	69
4.3.2. Résolution des équations du réseau	71
4.3.2.1. Approche <i>Power Flow</i>	71
4.3.2.2. Approche <i>Optimal Power Flow</i>	72
4.3.3. Implantation de FACTS et modification du réseau	73
4.3.4. Choix des critères à optimiser par placement et dimensionnement de FACTS	74
4.3.4.1. Maximisation de la charge desservie	75
4.3.4.2. Maximisation de la sécurité du système	75
4.3.4.3. Minimisation des pertes actives	76
4.4. Description des différents algorithmes utilisés	77
4.4.1. Codages des solutions	77
4.4.1.1. Cas du placement et dimensionnement de deux FACTS du même type	78
4.4.1.2. Cas du placement et dimensionnement de plusieurs FACTS de types différents (cas général)	78
4.4.2. Optimisation par essai particulaire binaire	79
4.4.2.1. Définition des variables	79
4.4.2.2. Description de l'algorithme	80
4.4.2.3. Calcul de $J(\vec{X}_{di}(k))$	81
4.4.2.4. Actualisation de \vec{P}_{best}^{di} et \vec{G}_{best}^{di}	81
4.4.2.5. Actualisation de la vitesse de la particule di	81
4.4.2.6. Actualisation de la position de la particule di	83
4.4.2.7. Modification de la méthode	84
4.4.3. Elaboration d'un algorithme d'optimisation : Stable-Lévy-PSO (α -SLPSO) et sa recherche locale de Lévy (α -SLLS)	86
4.4.3.1. Elaboration d'un algorithme α -Stable-Lévy-PSO (α -SLPSO)	86
4.4.3.2. Elaboration d'une recherche locale de Lévy (α -SLLS)	90
4.4.3.3. Analyse et résultats	94
4.4.3.4. Performances de l'algorithme α -SLPSO	94
4.4.3.5. Performances de la recherche locale α -SLLS	100
4.4.4. « Hybridation » des algorithmes OEP continu et discret pour application au positionnement et au dimensionnement de FACTS	101
4.5. Application dans le cas mono-objectif	102
4.5.1. Placement et dimensionnement de deux FACTS	102
4.5.1.1. Application au réseau IEEE trente nœuds	104
4.5.1.2. Application au réseau IEEE cinquante-sept nœuds	106

4.5.1.3. Pertinence de la méthode <i>Velocity Likelihoods</i> modifiée	110
4.5.1.4. Influence des limites hautes et basses sur la vitesse \vec{V}_{ci} des particules <i>ci</i>	112
4.5.1.5. Modification des conditions de fonctionnement du réseau électrique	114
4.5.2. Placement et dimensionnement de plusieurs FACTS de types différents (cas général)	115
4.6. Conclusion	118

Chapitre 5. L’optimisation de la topologie interne d’un parc éolien

5.1. Introduction	121
5.2. Position du problème	122
5.2.1. Contexte	122
5.2.2. Calcul des flux de puissance dans les câbles de liaison des éoliennes	125
5.2.2.1. Calcul de l’énergie non distribuée	125
5.2.2.2. Calcul du coût des pertes	127
5.3. Algorithmes génétiques et adaptation à notre problème	128
5.3.1. Codage de la solution	128
5.3.2. Opérateur de sélection	130
5.3.3. Croisement	131
5.3.4. Mutation	134
5.4. Application	137
5.4.1. Application à des fermes de quinze et vingt éoliennes	138
5.4.2. Application à une ferme de trente éoliennes	140
5.4.3. Solution d’une ferme de trente éoliennes proposée par une expertise humaine	142
5.4.4. Validation	142
5.5. Conclusion	143

Chapitre 6. Etude topologique des réseaux électriques

6.1. Introduction	147
6.2. Etude topologique des réseaux	148
6.2.1. Graphes aléatoires	149
6.2.2. Graphes aléatoires généralisés	149
6.2.3. Réseaux petits mondes (<i>Small World</i>)	149
6.2.4. Réseaux libres d’échelle (<i>Scale-Free</i>)	150
6.2.5. Quelques résultats inspirés de la théorie de la percolation	150
6.2.6. Robustesse dynamique d’un réseau	157
6.3. Analyse topologique du réseau colombien	157
6.3.1. Caractéristiques phénoménologiques	158

6.3.1.1. Quelques indicateurs topologiques	158
6.3.1.2. Degré d'un nœud, degré moyen d'un graphe, homogénéité et corrélations	158
6.3.1.3. Moyenne des chemins géodésiques, diamètre et efficacité d'un graphe	159
6.3.1.4. Coefficient de centralité et d'intermédierité (<i>betweenness</i>)	160
6.3.1.5. Coefficient de regroupement (<i>clustering</i>)	161
6.3.1.6. Résultats	162
6.3.2. Dimension fractale	165
6.3.2.1. L'algorithme des couleurs (<i>Greedy Coloring</i> , GC)	167
6.3.2.2. L'algorithme <i>Compact-Box-Burning</i> (CBB)	168
6.3.2.3. L'algorithme <i>Maximum-Excluded-Mass-Burning</i> (MEMB)	170
6.3.2.4. Résultats	171
6.3.3. Robustesse du réseau	174
6.4. Conclusion	177

Chapitre 7. Estimation des paramètres d'une loi α -stable 179

7.1. Introduction	179
7.2. Distribution de probabilité de Lévy	180
7.2.1. Définitions	180
7.2.2. Générateur des lois α -stable de McCulloch	185
7.3. Elaboration de notre estimateur non paramétrique des lois α -stable	187
7.3.1. Tests statistiques	187
7.3.2. Identification du problème d'optimisation et conception de l'estimateur non paramétrique	190
7.4. Résultats et comparaison sur des benchmarks	194
7.4.1. Validation sur des benchmarks	194
7.4.2. Parallélisation du processus sur carte GP/GPU	197
7.4.2.1. Générateur de distribution suivant une loi α -stable	208
7.4.2.2. Tri	208
7.4.2.3. Histogramme	209
7.4.2.4. Somme cumulative	209
7.4.2.5. Maximum	211
7.4.2.6. Résultats	211
7.5. Conclusion	213

Chapitre 8. Perspectives des *SmartGrid* et des *MicroGrid* 215

8.1. Nouveaux concepts de <i>SmartGrid</i>	215
8.2. Éléments-clés pour le déploiement des <i>SmartGrid</i>	217

8.2.1. Amélioration de la résilience du réseau face aux évènements climatiques catastrophiques	218
8.2.1.1. Adéquation du système	218
8.2.1.2. Sureté de fonctionnement des systèmes	219
8.2.1.3. Qualité de l'énergie	220
8.2.1.4. Intégration des sources de production d'énergie à caractère dispersé	220
8.2.2. Accroissement de l'efficacité du réseau électrique	220
8.2.2.1. Une consommation de l'énergie électrique en hausse	220
8.2.2.2. Pointe de consommation	221
8.2.2.3. Planification des infrastructures vieillissantes	221
8.2.3. Intégration de la variabilité des sources d'énergie renouvelable	222
8.3. Architecture des technologies <i>SmartGrid</i> et composants	224
8.3.1. Architecture globale de <i>SmartGrid</i>	224
8.3.2. Eléments technologiques de base pour les <i>SmartGrid</i>	226
8.3.3. Intégration des nouvelles couches de <i>MicroGrid</i> : définition	228
Annexe A	233
Annexe B	235
Bibliographie	241
Index	255