

**INFORMATIQUE
ET SYSTÈMES
D'INFORMATION**

Information - Commande - Communication

Résolution de problèmes de RO par les métaheuristiques

sous la direction de
Marc Pirlot
Jacques Teghem

hermes

Lavoisier



Résolution de problèmes de RO par les métaheuristiques

sous la direction de

Marc Pirlot

Jacques Teghem

**hermes
Science**
publications

Table des matières

Introduction	15
Marc PIRLOT et Jacques TEGHEM	
Chapitre 1. Application des métaheuristiques à la coloration des sommets d'un graphe	21
Alain HERTZ	
1.1. Le problème de la coloration des sommets d'un graphe	21
1.2. Quelques méthodes constructives	23
1.3. Techniques de recherche locale	25
1.4. Algorithmes génétiques	29
1.5. Algorithmes hybrides	33
1.6. L'algorithme de Galinier et Hao	34
1.7. Quelques autres métaheuristiques	37
1.7.1. La méthode à mémoire adaptative	37
1.7.2. Les systèmes de fourmis	39
1.7.3. La recherche à voisinages variables.	42
1.8. Conclusion	45
Bibliographie	46
Chapitre 2. Métaheuristiques pour le problème des tournées de véhicules.	49
Michel GENDREAU, Gilbert LAPORTE, Jean-Yves POTVIN, Frédéric SEMET	
2.1. Introduction	49
2.2. Heuristiques classiques pour le PTV	50
2.3. Approches basées sur les métaheuristiques pour le PTV	54
2.3.1. Approches basées sur le recuit simulé	54
2.3.2. Approches basées sur les algorithmes génétiques	55
2.3.3. Approches basées sur les colonies de fourmis	57
2.3.4. Approches basées sur les réseaux de neurones	58

2.4. Adaptations de la métaheuristique tabou au PTV	59
2.4.1. Exploration du voisinage	61
2.4.2. Réduction de la taille du voisinage	62
2.4.3. Relaxation de contraintes	63
2.4.4. Stratégies d'intensification et de diversification	63
2.4.5. Mémoire adaptative	64
2.4.6. Résultats numériques	64
2.5. Conclusion	65
Bibliographie	67
 Chapitre 3. Métaheuristiques pour le problème d'affectation quadratique	71
Thierry MAUTOR	
3.1. Présentation du problème d'affectation quadratique	71
3.2. Solutions métaheuristiques pour le problème d'affectation quadratique	72
3.2.1. Difficultés des instances	73
3.2.2. Bibliothèque de problèmes d'affectation quadratique	74
3.3. Méthodes de recherche locale	75
3.4. Algorithmes évolutifs	80
3.5. Conclusion	83
3.5.1. Vers une unification des approches métaheuristiques	84
3.5.2. Il faut diversifier la nature de la recherche.	85
3.5.3. L'affectation quadratique : un problème métaheuristiquement facile ?	86
3.5.4. Un besoin de plus en plus marqué de parallélisme	87
Bibliographie	87
 Chapitre 4. Implémentation des métaheuristiques : études de cas	91
Daniel TUYTTENS, Marc PIRLOT, Jacques TEGHEM	
4.1. Introduction	91
4.2. Problème de groupement homogène	92
4.2.1. Description du problème	92
4.2.2. Recuit simulé et recherche tabou	94
4.2.3. Implémentation et résultats	97
4.2.4. Hybridation de RS et RT	100
4.2.5. Discussion	103
4.3. Problème du mariage des couvertures	104
4.3.1. Présentation du problème	104
4.3.2. Modélisation en un problème linéaire en variables mixtes.	106
4.3.3. Application du recuit simulé	108
4.3.4. Quelques résultats et commentaires.	111

4.4. Ordonnancement d'un atelier de production	113
4.4.1. Description du problème	113
4.4.2. L'algorithme utilisé	117
4.4.3. Résultats numériques	119
4.5. Conclusion générale	123
Bibliographie	125
 Chapitre 5. Implémentations parallèles des métaheuristiques	127
Van-Dat CUNG et Catherine ROUCAIROL	
5.1. Introduction	127
5.2. Calcul parallèle	128
5.2.1. Machines parallèles : la nouvelle tendance	128
5.2.2. Environnements de programmation parallèles	130
5.2.3. Modèles de programmation parallèle	131
5.2.4. Irrégularité.	131
5.3. Pourquoi paralléliser les métaheuristiques ?	132
5.3.1. Plus vite, plus grand !	132
5.3.2. Meilleur, plus robuste !	132
5.4. Classification des métaheuristiques parallèles	133
5.4.1. Parallélisation interne – une seule marche	135
5.4.2. Parallélisation externe – plusieurs marches	136
5.5. Complexité de la recherche locale parallèle	138
5.5.1. Indicateurs de performances	138
5.5.2. Complexité d'un algorithme parallèle	139
5.5.3. Complexité de la recherche locale	140
5.6. Des exemples d'implantation.	142
5.6.1. Parallélisation interne	142
5.6.2. Parallélisation externe : marches indépendantes	144
5.6.3. Parallélisation externe : marches coopératives	147
5.7. Conclusion et perspectives	149
Bibliographie	151
 Chapitre 6. Application des algorithmes génétiques à l'ordonnancement de la production	155
Christelle BLOCH, Marie-Claude PORTMANN, Antony VIGNIER	
6.1. Définition et classification des problèmes d'ordonnancement	156
6.2. Algorithmes génétiques pour le problème du « jobshop ».	159
6.2.1. Le problème du « jobshop »	159
6.2.2. Les codages les plus immédiats pour le problème du « jobshop ».	160
6.2.3. Algorithmes génétiques basés sur des générateurs de solution.	162
6.2.4. Algorithmes génétiques basés sur des codages directs	166

6.2.5. Conclusion sur l'application des algorithmes génétiques au « jobshop »	172
6.3. Algorithmes génétiques pour le « flowshop » hybride	173
6.3.1. Le problème d'ordonnancement de type « flowshop » hybride . .	173
6.3.2. Un algorithme génétique utilisant un codage indirect	175
6.3.3. Un algorithme génétique utilisant un codage direct	177
6.3.4. Hybridation avec une méthode exacte	178
6.3.5. Conclusion sur l'application des algorithmes génétiques au « flowshop » hybride	179
6.4. Un algorithme génétique pour résoudre un problème particulier de « hoist scheduling »	180
6.4.1. Présentation générale d'un problème de type « hoist scheduling »	180
6.4.2. Un algorithme génétique pour la résolution d'un problème dynamique de type « hoist scheduling »	184
6.4.3. Conclusion sur l'application des algorithmes génétiques au « hoist scheduling »	190
6.5. Conclusion générale	191
Bibliographie	192

Chapitre 7. Adaptation des métaheuristiques

en optimisation multicritère	197
Jacques TEGHEM, Berthold ULUNGU-EKUNDA, Daniel TUYTTENS, PHILIPPE FORTEMPS	
7.1. Introduction	197
7.2. L'optimisation combinatoire multicritère.	198
7.3. La méthode MOSA.	203
7.3.1. Comparaison de deux solutions	203
7.3.2. Principe de la méthode MOSA	205
7.3.3. Génération de $\widehat{E}(P)$	206
7.4. Mesures de qualité de la méthode MOSA	207
7.4.1. $E(P)$ est disponible.	208
7.4.2. $E(P)$ n'est pas disponible	210
7.5. Expérimentations numériques	210
7.5.1. Le problème de chargement bicritère	211
7.5.2. Le problème d'affectation bicritère	215
7.5.3. Des problèmes multicritères d'ordonnancement de production . .	217
7.6. La méthode MOSA interactive.	222
7.6.1. Méthodes interactives	222
7.6.2. Interactivité dans MOSA	223
7.7. Conclusions	225
Bibliographie	226

Chapitre 8. Satisfaction de contraintes flexibles.**Application aux problèmes d'ordonnancement 229**

Philippe FORTEMPS

8.1. Introduction	229
8.2. Modélisation des préférences – Gradation de la satisfaction	232
8.3. Les contraintes flexibles en pratique	234
8.3.1. Affectation flexible	234
8.3.2. L'effet de noyade	236
8.3.3. Procédures de comparaison raffinées	237
8.3.4. Procédures d'optimisation spécifiques	238
8.4. Application à l'ordonnancement	238
8.4.1. Dans le cas classique	239
8.4.2. Préférences sur les paramètres temporels	239
8.4.3. Procédure de résolution	242
8.4.4. Procédures de résolution avancées	243
8.5. Préférence <i>versus</i> Incertitude	244
8.5.1. Modélisation des incertitudes sur la durée	244
8.5.2. Une description commune	245
8.5.3. Incertitude sur les autres paramètres temporels	246
8.6. Préférences ou Priorités	248
8.7. Conclusions et compléments de lecture	249
Bibliographie	250

Index	253
------------------------	------------

Le traité Information, Commande, Communication répond au besoin de disposer d'un ensemble complet des connaissances et méthodes nécessaires à la maîtrise des systèmes technologiques.

Conçu volontairement dans un esprit d'échange disciplinaire, le traité IC2 est l'état de l'art dans les domaines suivants retenus par le comité scientifique :

- Réseaux et télécoms
- Traitement du signal et de l'image
- Informatique et systèmes d'information
- Systèmes automatisés et productique
- Management et gestion des STICS
- Cognition et traitement de l'information.

Chaque ouvrage présente aussi bien les aspects fondamentaux qu'expérimentaux. Une classification des différents articles contenus dans chacun, une bibliographie et un index détaillé orientent le lecteur vers ses points d'intérêt immédiats : celui-ci dispose ainsi d'un guide pour ses réflexions ou pour ses choix.

Les savoirs, théories et méthodes rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus dans le cas d'expérimentations réelles.