

INFORMATIQUE  
ET SYSTÈMES  
D'INFORMATION

Information - Commande - Communication

# Optimisation combinatoire 5

*problèmes paradigmatiques  
et nouvelles problématiques*

*sous la direction de*  
Vangelis Th. Paschos

 **hermes**

*Lavoisier*

---

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> . . . . .	15
Vangelis Th. PASCHOS	
<b>PREMIÈRE PARTIE. PROBLÈMES PARADIGMATIQUES</b> . . . . .	19
<b>Chapitre 1. Satisfaisabilité optimale</b> . . . . .	21
Cristina BAZGAN	
1.1. Introduction . . . . .	21
1.2. Préliminaires . . . . .	23
1.2.1. Problèmes de satisfaction de contraintes : versions décision et optimisation . . . . .	24
1.2.2. Types de contraintes . . . . .	27
1.3. Complexité des problèmes de décision . . . . .	29
1.4. Complexité et approximation des problèmes d'optimisation . . . . .	32
1.4.1. Problèmes de maximisation . . . . .	32
1.4.2. Problèmes de minimisation . . . . .	38
1.5. Instances particulières de problèmes de satisfaction de contraintes . . . . .	39
1.5.1. Instances planaires . . . . .	39
1.5.2. Instances denses . . . . .	41
1.5.3. Instances avec un nombre borné d'occurrences . . . . .	43
1.6. Problèmes de satisfaisabilité sous contraintes globales . . . . .	44
1.7. Conclusion . . . . .	46
1.8. Bibliographie . . . . .	46
<b>Chapitre 2. Le voyageur de commerce</b> . . . . .	51
Jérôme MONNOT, Sophie TOULOUSE	
2.1. Introduction . . . . .	51
2.2. Propriétés élémentaires et différents sous-problèmes . . . . .	52
2.2.1. Propriétés élémentaires . . . . .	52

2.2.2.	Différents sous-problèmes	53
2.3.	Algorithmes de résolution exacte	55
2.3.1.	Un algorithme de programmation dynamique	55
2.3.2.	Un algorithme de séparation et évaluation	57
2.4.	Algorithme approché pour <b>max TSP</b>	61
2.4.1.	Un algorithme basé sur le 2-couplage	64
2.4.2.	Algorithme mêlant 2-couplage et couplage	67
2.5.	Algorithme approché pour <b>min TSP</b>	71
2.5.1.	Algorithme basé sur l'arbre couvrant et le couplage	74
2.5.2.	Algorithme de recherche locale	76
2.6.	Algorithmes constructifs	79
2.6.1.	Algorithme du plus proche voisin	80
2.6.1.1.	Le cas général	81
2.6.1.2.	Le cas métrique	82
2.6.2.	Algorithme de la plus proche insertion	86
2.7.	Conclusion	89
2.8.	Bibliographie	90
<b>Chapitre 3. Problèmes de coloration dans les graphes</b>		95
Dominique DE WERRA, Daniel KOBLER		
3.1.	Notions de base sur les colorations	95
3.2.	Complexité de la coloration	98
3.3.	Méthodes séquentielles de coloration	100
3.4.	Un algorithme exact de coloration	102
3.5.	Méthode tabou	106
3.6.	Graphes parfaits	109
3.7.	Ordonnancement chromatique	115
3.8.	Colorations par intervalles	117
3.9.	<b>T</b> -colorations	119
3.10.	Colorations restreintes	122
3.11.	Colorations avec contraintes de cardinalité	125
3.12.	D'autres extensions	128
3.13.	Les colorations d'arêtes	129
3.13.1.	Les <b>f</b> -colorations d'arêtes	131
3.13.2.	Les <b>[g, f]</b> -colorations d'arêtes	132
3.13.3.	Un modèle de coloration d'hypergraphe	133
3.14.	Conclusion	136
3.15.	Bibliographie	138
<b>DEUXIÈME PARTIE. PROBLÉMATIQUES NOUVELLES</b>		143
<b>Chapitre 4. Approximation multicritère</b>		145
Eric ANGEL, Evripidis BAMPIS, Laurent GOURVÈS		



4.1.	Introduction . . . . .	145
4.2.	Présentation des problèmes combinatoires multicritères . . . . .	147
4.2.1.	Problèmes combinatoires multicritères . . . . .	147
4.2.2.	Optimalité . . . . .	148
4.2.2.1.	Optimalité hiérarchique . . . . .	148
4.2.2.2.	Optimalité de type <i>min max</i> . . . . .	149
4.2.2.3.	Optimalité de Pareto . . . . .	150
4.2.3.	Complexité des problèmes combinatoires multicritères . . . . .	151
4.2.3.1.	NP-complétude . . . . .	152
4.2.3.2.	Indocilité . . . . .	154
4.3.	Approximation polynomiale et garantie de performance . . . . .	154
4.3.1.	Approche par pondération des critères . . . . .	156
4.3.2.	Approche simultanée . . . . .	158
4.3.3.	Approche budget . . . . .	161
4.3.4.	Approche courbe de Pareto . . . . .	166
4.3.4.1.	Le problème du voyageur de commerce bicritère . . . . .	166
4.3.4.2.	Un problème d'ordonnancement avec coûts . . . . .	171
4.3.4.3.	Résultats généraux . . . . .	174
4.4.	Notes bibliographiques . . . . .	176
4.4.1.	Présentation des problèmes combinatoires multicritères . . . . .	176
4.4.1.1.	Optimalité . . . . .	176
4.4.1.2.	Complexité . . . . .	176
4.4.2.	Approximation polynomiale avec garantie de performance . . . . .	176
4.4.2.1.	Approche pondération des critères . . . . .	176
4.4.2.2.	Approche simultanée . . . . .	176
4.4.2.3.	Approche budget . . . . .	177
4.4.2.4.	Approche courbe de Pareto . . . . .	177
4.5.	Conclusion . . . . .	178
4.6.	Bibliographie . . . . .	178
<b>Chapitre 5. Plus courts chemins robustes . . . . .</b>		<b>181</b>
Virginie GABREL, Cécile MURAT		
5.1.	Introduction . . . . .	181
5.2.	Prise en compte de l'aléatoire : les différents modèles . . . . .	182
5.2.1.	Le modèle par intervalle . . . . .	183
5.2.2.	Le modèle par ensemble discret de scénarios . . . . .	184
5.3.	Les mesures de la robustesse . . . . .	185
5.3.1.	Les critères classiques issus de la théorie de la décision . . . . .	185
5.3.1.1.	Critère du pire cas . . . . .	185
5.3.1.2.	Critère du regret maximum . . . . .	186
5.3.2.	Méthodologie inspirée de la programmation mathématique . . . . .	188
5.3.3.	La méthodologie inspirée de l'analyse multicritère . . . . .	189
5.3.3.1.	Vecteur de performances associé à un chemin . . . . .	189

5.3.3.2.	Modèles d'agrégation pour la robustesse . . . . .	190
5.4.	Complexité et résolution de problèmes de plus courts chemins ro- bustes dans le modèle par intervalle . . . . .	192
5.4.1.	Avec le critère du pire cas . . . . .	192
5.4.2.	Avec le critère du regret maximum . . . . .	192
5.4.2.1.	Complexité . . . . .	193
5.4.2.2.	Résolution . . . . .	195
5.4.3.	Avec l'approche inspirée de la programmation mathématique	197
5.4.4.	Avec l'approche inspirée de l'analyse multicritère . . . . .	199
5.5.	Complexité et résolution de problèmes de plus courts chemins ro- bustes dans le modèle par ensemble discret de scénarios . . . . .	201
5.5.1.	Avec le critère du pire cas . . . . .	201
5.5.1.1.	Complexité . . . . .	201
5.5.1.2.	Résolution . . . . .	202
5.5.2.	Avec le critère du regret maximum . . . . .	203
5.5.3.	Avec l'approche inspirée de l'analyse multicritère . . . . .	203
5.6.	Conclusion . . . . .	204
5.7.	Bibliographie . . . . .	204

## **Chapitre 6. Une vision algorithmique de la théorie des jeux . . . . . 207**

Aristotelis GIANNAKOS, Vangelis PASCHOS

6.1.	Préliminaires . . . . .	208
6.1.1.	Notions de base sur les jeux . . . . .	208
6.1.2.	Les classes de complexité que l'on verra dans le chapitre . . . . .	211
6.2.	Les équilibres de Nash . . . . .	213
6.3.	Extension mixte d'un jeu et équilibres de Nash . . . . .	216
6.4.	Problèmes algorithmiques . . . . .	217
6.4.1.	Jeux à description succincte . . . . .	217
6.4.2.	Résultats sur la complexité du calcul d'un équilibre mixte . . . . .	218
6.4.3.	Compter le nombre d'équilibres dans un jeu à stratégies mixtes . . . . .	223
6.5.	Jeux de potentiel . . . . .	224
6.5.1.	Définitions . . . . .	224
6.5.2.	Propriétés . . . . .	225
6.6.	Jeux de congestion . . . . .	228
6.6.1.	Modèle de Rosenthal . . . . .	228
6.6.2.	Complexité des jeux de congestion (modèle de Rosenthal) . . . . .	232
6.6.3.	Autres modèles . . . . .	233
6.7.	Note finale . . . . .	237
6.8.	Bibliographie . . . . .	237

## **Chapitre 7. Résolution exacte des problèmes NP-difficiles . . . . . 241**

Gerhard J. WOEGINGER, traduit en français par Hadrien HUGOT

7.1.	Introduction . . . . .	241
------	------------------------	-----



7.1.1.	Organisation de l'état de l'art . . . . .	242
7.2.	Notions préliminaires . . . . .	243
7.2.1.	Comment mesurer la qualité d'un algorithme exact? . . . . .	243
7.2.2.	Temps d'exécution et classes de complexité . . . . .	244
7.2.3.	Quelques classes de problèmes d'optimisation . . . . .	244
7.2.4.	Remarques techniques . . . . .	245
7.3.	Technique : programmation dynamique . . . . .	245
7.3.1.	Le problème du voyageur de commerce (TSP) . . . . .	246
7.3.2.	Temps total d'exécution sur une machine avec des contraintes d'antériorité . . . . .	247
7.3.3.	Coloration de graphe . . . . .	248
7.4.	Technique : élagage de l'arbre de recherche . . . . .	250
7.4.1.	Le problème de satisfaisabilité . . . . .	250
7.4.2.	Le problème du stable . . . . .	252
7.4.3.	Le problème de longueur de bande, <i>bandwidth problem</i> . . . . .	254
7.5.	Technique : prétraitement des données . . . . .	256
7.5.1.	Le problème de somme de sous-ensembles . . . . .	257
7.5.2.	Le problème du sac à dos binaire . . . . .	258
7.6.	Technique : recherche locale . . . . .	258
7.6.1.	Recherche locale pour le problème de 3-satisfaisabilité . . . . .	259
7.6.1.1.	Première approche par recherche locale . . . . .	259
7.6.1.2.	Deuxième approche par recherche locale . . . . .	259
7.6.1.3.	Troisième approche par recherche locale . . . . .	260
7.7.	Existence d'algorithmes exacts de temps sous-exponentiel? . . . . .	261
7.8.	Conclusion . . . . .	265
7.9.	Bibliographie . . . . .	265
<b>Index</b>	. . . . .	<b>269</b>

## Traité IC2 Information – Commande – Communication

---

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
- Information et science du vivant
- 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.

**hermes**  
**Science**  
— publications —

[www.hermes-science.com](http://www.hermes-science.com)

978-2-7462-1696-9



9 782746 216969