

collection programmation par contraintes dirigée par Narendra Jussien

# Décompositions combinatoires et applications industrielles

Thierry Benoist

*hermes*

*Lavoisier*

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Préface</b> . . . . .	11
<b>Introduction générale</b> . . . . .	13
<b>PREMIÈRE PARTIE. Relaxation lagrangienne de contraintes couplantes</b> . .	19
<b>Chapitre 1. Hybridations à base de relaxation lagrangienne</b> . . . . .	21
<b>Chapitre 2. Hybridation avec la programmation par contraintes pour la planification de générateurs électriques</b> . . . . .	25
2.1. Contexte . . . . .	25
2.2. Problème primal . . . . .	26
2.2.1. La demande : une prévision globalisée de la consommation . . . . .	26
2.2.2. Les ressources : des centrales électriques . . . . .	27
2.2.3. Gestion de l'incertain : contrainte de réserve . . . . .	28
2.2.4. Modélisation . . . . .	29
2.2.4.1. Données . . . . .	29
2.2.4.2. Variables . . . . .	29
2.2.4.3. Contraintes . . . . .	30
2.2.4.4. Objectif . . . . .	30
2.3. Problème dual . . . . .	31

2.3.1. Relaxation . . . . .	31
2.3.2. Préalcal des productions optimales . . . . .	32
2.3.3. Programmation dynamique . . . . .	33
2.4. Filtrage par coûts réduits . . . . .	34
2.5. Résultats . . . . .	37
2.6. Conclusion . . . . .	38

### Chapitre 3. Hybridation avec la programmation linéaire pour la planification à moyen terme d'un centre d'appel . . . . .

3.1. Contexte . . . . .	41
3.2. Problème primal . . . . .	41
3.3. Problème dual . . . . .	42
3.4. Résolution . . . . .	43
3.4.1. Relaxation polynomiale . . . . .	44
3.4.2. Instanciation progressive guidée . . . . .	45
3.4.3. Solution alternative . . . . .	46
3.4.4. Conclusion . . . . .	47
3.4.4. Conclusion . . . . .	48

### Chapitre 4. Hybridation avec la recherche locale pour la maintenance d'un réseau routier . . . . .

4.1. Contexte . . . . .	49
4.2. Problème primal . . . . .	49
4.3. Problème dual . . . . .	52
4.4. <i>Shuffle</i> . . . . .	53
4.5. Conclusion . . . . .	54
4.5. Conclusion . . . . .	56

## DEUXIÈME PARTIE. Décompositions par poupées russes . . . . .

59

### Chapitre 5. Décomposition par poupées russes . . . . .

61

### Chapitre 6. Poupées russes et programmation par contraintes . . . . .

63

6.1. Introduction . . . . .	63
6.2. Définitions et notations . . . . .	65
6.2.1. Cadre . . . . .	65
6.2.2. Exemple : un problème d'ordonnement . . . . .	66
6.3. L'algorithme original . . . . .	67
6.4. Nouvelle modélisation . . . . .	68

6.5. Notes d'implémentation . . . . .	70
6.6. Résultats expérimentaux . . . . .	71
6.7. Généralisation aux WCSP . . . . .	73
6.7.1. Modèle équivalent . . . . .	73
6.7.2. Coexistence avec le Forward-Checking . . . . .	74
6.8. Conclusion . . . . .	76

### Chapitre 7. Adaptation à la programmation linéaire . . . . .

77

7.1. Sous-problèmes non emboîtés . . . . .	77
7.2. Résolutions incomplètes . . . . .	78
7.3. Optimisation conditionnelle . . . . .	79

### Chapitre 8. Application au calcul de bornes supérieures du revenu d'un satellite d'observation . . . . .

81

8.1. Introduction . . . . .	81
8.2. Modèle linéaire . . . . .	84
8.2.1. Données du problème et notations . . . . .	84
8.2.2. Modèle de base . . . . .	85
8.2.3. Règles de dominance . . . . .	86
8.2.4. Modèle compact . . . . .	87
8.2.5. Premières inégalités valides . . . . .	89
8.3. Intervalles de tâches . . . . .	89
8.3.1. Inégalités sur des intervalles de tâches . . . . .	90
8.3.2. Coupes additionnelles . . . . .	93
8.3.3. Frontières . . . . .	94
8.4. Inégalités valides pour la fonction de gain convexe . . . . .	95
8.4.1. Bipartitions de $p(k)$ . . . . .	95
8.4.2. Enveloppe convexe . . . . .	96
8.5. Décomposition par poupées russes . . . . .	98
8.6. Résultats et conclusion . . . . .	99

### Chapitre 9. Application à la minimisation du nombre de mouvements de grue sur un chantier de construction . . . . .

101

9.1. Contexte . . . . .	101
9.2. Modélisation . . . . .	103
9.3. NP-complétude . . . . .	105
9.4. Inégalités valides en chaque nœud . . . . .	108
9.5. Poupées russes . . . . .	108

<b>TROISIÈME PARTIE. Décompositions maître/esclave</b> . . . . .	111
<b>Chapitre 10. Décompositions maître/esclave</b> . . . . .	113
<b>Chapitre 11. Décomposition séquentielle pour un problème d'optimisation de chantier</b> . . . . .	115
11.1. <i>Formwork Pairing Problem</i> (FPP) . . . . .	115
11.1.1. Contexte . . . . .	116
11.2. Formulation industrielle . . . . .	117
11.1.3. Formulation mathématique . . . . .	120
11.2. Problème maître . . . . .	122
11.3. Problème esclave . . . . .	125
11.4. Algorithme glouton et recherche tabou . . . . .	126
11.4.1. Modèle . . . . .	127
11.4.2. Recherche tabou par insertion/éjection . . . . .	128
11.4.3. Calcul de l'ensemble d'éjection . . . . .	129
11.5. Résultats . . . . .	133
<b>Chapitre 12. Hybridation par décomposition de Benders pour la planification d'un centre d'appel</b> . . . . .	133
12.1. Introduction . . . . .	134
12.2. Principe de la décomposition de Benders . . . . .	137
12.3. <i>Workforce Smoothing Problem</i> (WSP) . . . . .	137
12.3.1. Contexte . . . . .	137
12.3.2. Modélisation . . . . .	139
12.4. Structure du problème . . . . .	140
12.5. Décomposition de Benders pour le WSP . . . . .	140
12.5.1. Décomposition . . . . .	143
12.5.2. Terminaison . . . . .	143
12.5.3. Interprétation des coupes de Benders . . . . .	144
12.6. Techniques de résolutions . . . . .	145
12.7. Résultats expérimentaux . . . . .	146
12.7.1. Premier cas : WSP basique . . . . .	147
12.7.2. Second cas : limitation des horaires hebdomadaires autorisés . . . . .	149
12.8. Conclusion . . . . .	149
<b>Chapitre 13. Branch and Move pour la vente d'espaces publicitaire par lots</b> . . . . .	151
13.1. Introduction . . . . .	151
13.2. <i>TV-Break Packing Problem</i> (TVBP) . . . . .	152
13.3. Modélisation et complexité . . . . .	153
13.3.1. Modèle linéaire . . . . .	153
13.3.2. Complexité . . . . .	156
13.3.3. Structure de flot sous-jacente . . . . .	156
13.4. Programmation mathématique . . . . .	158
13.4.1. Construction de solutions à partir de relaxations . . . . .	158
13.4.2. Calcul de bornes supérieures pour le TVBP . . . . .	159
13.5. Programmation par contraintes et recherche locale . . . . .	164
13.5.1. Contraintes globales, tuples supports et recherche locale . . . . .	164
13.5.1.1. Définitions . . . . .	165
13.5.1.2. Un modèle PPC pour le TVBP . . . . .	168
13.5.1.3. Mouvements locaux pour le TVBP . . . . .	168
13.6. L'algorithme <i>Branch and Move</i> . . . . .	170
13.6.1. Définitions et motivations . . . . .	170
13.6.2. Application de l'algorithme Branch and Move au TVBP . . . . .	172
13.7. Conclusion . . . . .	173
13.7.1. Résultats expérimentaux . . . . .	173
13.7.2. Extensions du TVBP . . . . .	175
<b>Chapitre 14. Conclusion</b> . . . . .	177
<b>Bibliographie</b> . . . . .	183
<b>Index</b> . . . . .	189