

études et recherches en informatique

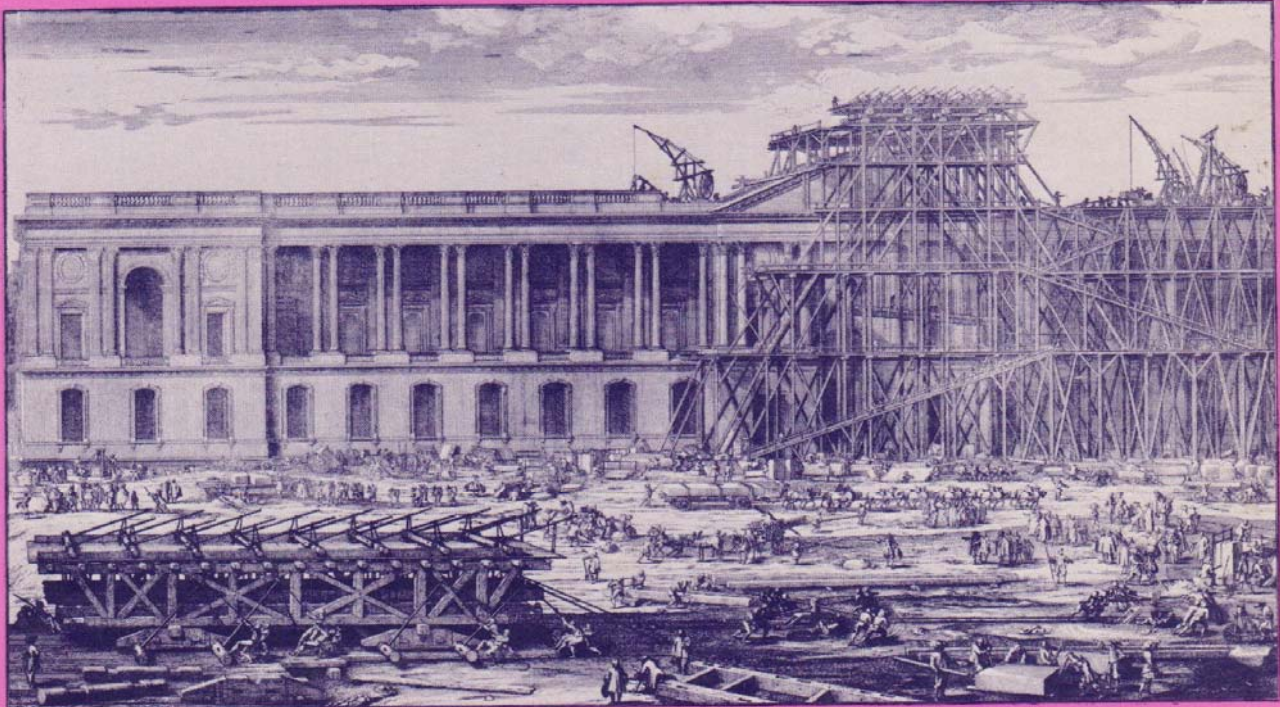


Problèmes d'ordonnancement

modélisation/complexité/algorithmes

J. Carlier P. Chrétienne

Préface de C. GIRAULT



MASSON 

005-190-1

2-005-190-1

études et recherches en informatique



collection coordonnée par J. BERSTEL

Problèmes d'ordonnancement

modélisation/complexité/algorithmes

Jacques Carlier

Université technologique de Compiègne

Philippe Chrétienne

Université Pierre et Marie Curie

Préface de Claude Girault

MASSON

Paris Milan
Barcelone Mexico
1988

Table des matières

PARTIE I : MODELISATION ET COMPLEXITE DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT

CHAPITRE I: DESCRIPTION DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	15
I. INTRODUCTION	15
II. LES TACHES	17
II.1. Notations générales	17
II.2. Relations entre les tâches	18
II.3. Modes d'exécution des tâches	18
II.4. Les problèmes répétitifs	19
II.5. Les problèmes d'atelier	19
III. LES RESSOURCES	20
III.1. Type de ressources	20
III.2. Caractéristiques des machines	20
IV. LES CRITERES	21
IV.1. Généralités	21
IV.2. Critères usuels	21
IV.3. Critères réguliers et ensembles dominants .	22
IV.4. Relations entre critères	23
V. REPRESENTATION DES SOLUTIONS	24
VI. LES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT EN INFORMATIQUE.	26
VII. GLOSSAIRE	28
CHAPITRE II : MODELISATION DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	30
I. INTRODUCTION	30
II. MODELISATION DU PROBLEME CENTRAL	31
II.1. Définition du problème central	31
II.2. Modélisation par un graphe potentiel-tâches	31

*Problèmes d'ordonnancement :
Modélisation, Complexité, Algorithmes*

II.3. Contraintes prises en compte dans le problème central de l'ordonnancement	32
II.4. Exemple de modélisation par un graphe potentiel-tâches	33
II.5. Modélisation par un graphe potentiel-événements	34
III. INTRODUCTION AUX RESEAUX DE PETRI TEMPORISES	35
III.1. Généralités	35
III.2. Réseaux de Petri	36
III.3. Réseaux de Petri temporisés	39
IV. MODELISATION DU PROBLEME GENERAL PAR LES RESEAUX DE PETRI TEMPORISES	46
IV.1. Généralités	46
IV.2. Les tâches	46
IV.3. Les contraintes de localisation temporelle	47
IV.4. Les contraintes potentielles	48
IV.5. Les ressources	50
IV.6. Les ordonnancements	51
IV.7. La fonction économique	51
IV.8. Exemples	52
CHAPITRE III : COMPLEXITE DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	56
INTRODUCTION	56
I. COMPLEXITE DES ALGORITHMES	57
I.1. Les machines de Turing	57
I.2. Evaluation des algorithmes	61
I.3. Importance des algorithmes polynomiaux	63
II. COMPLEXITE DES PROBLEMES DE DECISION	64
II.1. Problèmes de décision classiques	65
II.2. Langages et problèmes de décision	68
II.3. La classe NP	68
II.4. Réduction polynomiale	70
II.5. La sous-classe des problèmes les plus faciles de NP : les problèmes de décision polynomiaux	70
II.6. La sous-classe des problèmes les plus difficiles de NP : les problèmes NP-complets	71
II.7. Conjecture fondamentale	75

II.8. Les algorithmes pseudopolynomiaux et les problèmes NP-complets au sens fort	76
III. COMPLEXITE DES PROBLEMES COMBINATOIRES	79
III.1. Les problèmes de recherche	79
III.2. Les problèmes d'optimisation	80
III.3. La réduction de Turing	81
III.4. Les problèmes NP-difficiles	82
III.5. Les problèmes NP-équivalents	82
 PARTIE II : METHODES POLYNOMIALES 	
CHAPITRE IV : METHODES DE CHEMIN CRITIQUE	85
INTRODUCTION	85
I. ENSEMBLE DE POTENTIELS SUR UN GRAPHE CONJONCTIF	86
I.1. Graphe conjonctif	86
I.2. Ensemble de potentiels	86
I.3. Ensemble de potentiels calé à gauche	87
I.4. Ensembles de potentiels optimaux, chemin critique	88
I.5. Structure de treillis des ensembles de potentiels	88
I.6. Ensemble de potentiels calé à droite	89
I.7. Ensemble de potentiels calé à droite de durée $t^* + \delta$	89
II. LA METHODE POTENTIELS-TACHES	90
II.1. Graphe conjonctif associé	90
II.2. Ordonnancement	91
II.3. Calcul des ordonnancements au plus tôt et au plus tard	91
II.4. Marge des tâches	92
II.5. Chemin critique	93
III. LES METHODES SERIELLES	93
III.1. Présentation	93
III.2. Algorithme de liste	94
III.3. Avantages et inconvénients des méthodes sérielles	98
IV. LES PROBLEMES A RESSOURCES CONSOMMABLES	101
IV.1. Présentation	101

IV.2. Algorithme du décalage	103
IV.3. Théorème fondamental	105
IV.4. Tâche pivot et date critique	109
IV.5. Résolution du problème en présence de dates échues	108
V. LA METHODE CPM-PERT	112
CHAPITRE V : METHODES DE CIRCUITS CRITIQUES	115
I. INTRODUCTION	115
II. DEFINITION DU PROBLEME CENTRAL REPETITIF	116
III. MODELISATION DU PROBLEME CENTRAL REPETITIF ...	119
III.1. Graphe d'événements	119
III.2. Modélisation	119
IV. ETUDE DES SOLUTIONS DU PROBLEME CENTRAL REPETITIF	123
IV.1. Graphe développé	123
IV.2. Ensemble de potentiels	125
IV.3. Structure de l'ensemble des solutions	128
V. SOLUTION OPTIMALE DU PROBLEME CENTRAL REPETITIF	134
V.1. Caractérisation de la solution optimale	134
V.2. Algorithme de calcul de la solution optimale	136
VI. MULTIGRAPHE BIVALUE	138
VI.1. Définition et hypothèses	138
VI.2. Graphe développé	140
VI.3. Chemins maximaux d'un multigraphe bivalué .	142
VI.3.1. Suite K-périodique	143
VI.3.2. Circuit critique	143
VI.3.3. Cas d'un circuit critique unique	145
VI.3.4. Cas de plusieurs circuits critiques ..	153
VI.4. Calcul des fréquences asymptotiques	161
VII. ETUDE DU REGIME ASYMPTOTIQUE DE LA SOLUTION OPTIMALE DU PROBLEME CENTRAL REPETITIF	164
VII.1. Position du problème asymptotique	164
VII.2. Multigraphe bivalué associé à un graphe d'événements temporisé	165
VII.3. Régime asymptotique du problème central répétitif	167

CHAPITRE VI : METHODES DE PROGRAMMATION LINEAIRE	172
INTRODUCTION	172
I. LA PROGRAMMATION LINEAIRE	173
I.1. Programmation linéaire continue	173
I.1.1. Forme standard	174
I.1.2. Solution de base	174
I.1.3. Méthode du simplexe	175
I.1.4. Mise en oeuvre sur ordinateur	177
I.1.5. Exemple	178
I.1.6. Mise sous forme standard	179
I.1.7. Dualité	180
I.2. Programmation linéaire en nombres entiers	181
I.2.1. Modélisation	181
I.2.2. Résolution de programmes linéaires en nombres entiers	182
I.2.3. Les problèmes de flot	184
II. ORDONNANCEMENT DE TACHES MORCELABLES	190
II.1. Ordonnancement de n tâches morcelables sur m machines identiques dans des intervalles de temps distincts	190
II.2. Algorithme de Mac Naughton	191
II.3. Ordonnancement de n tâches morcelables indépendantes sur m machines distinctes ...	193
III. ORDONNANCEMENT DE TACHES NON MORCELABLES	198
III.1. Extension du problème central	198
III.2. Ordonnancement de n tâches indépendantes sur m machines distinctes en une durée moyenne minimale	199
CHAPITRE VII : METHODES CLASSIQUES	201
I. INTRODUCTION	201
II. LES METHODES D'ECHANGES	202
II.1. Problèmes à une machine : minimisation de la somme pondérée des dates de fin	202
II.1.1. Cas de tâches indépendantes	202
II.1.2. Cas de tâches dépendantes	203
II.1.2.1. Propriétés d'un ordre optimal ...	204
II.1.2.2. Le graphe de précedence est une famille d'anti-arborescences	207

II.2. Le problème d'atelier à deux machines (flowshop)	210
II.2.1. Généralités sur les problèmes flowshop	210
II.2.2. Cas de deux machines	213
II.2.3. Algorithmes de Johnson	217
III. LES METHODES DE LISTE	219
III.1. Généralités sur les méthodes de liste	219
III.2. Algorithmes polynomiaux pour la minimisation du délai et des durées égales	219
III.2.1. Anti-arborescence et m machines	220
III.2.2. Graphe quelconque et 2 machines	225
PARTIE III : RESOLUTION DE PROBLEMES NP- DIFFICILES	
CHAPITRE VIII : METHODES DE PROGRAMMATION DYNAMIQUE	233
I. INTRODUCTION	233
II. LA PROGRAMMATION DYNAMIQUE	234
II.1. Processus de décision séquentiel	234
II.2. Sous-politique d'ordre n. Politique	234
II.3. Evaluation d'une sous-politique. Critère ..	235
II.4. Théorème d'optimalité	237
II.5. Algorithme général	239
II.6. Programmation dynamique avant en horizon fini	241
II.7. Programmation dynamique en horizon infini .	242
III. SEQUENCEMENT DE TACHES INDEPENDANTES	244
III.1. Introduction : le problème	244
III.2. La méthode	245
III.3. Traitement d'un exemple	246
III.4. Maximisation d'un profit : un algorithme plus efficace	251
IV. SEQUENCEMENT DE TACHES DEPENDANTES	254
IV.1. Introduction	254
IV.2. Résolution du problème	255
IV.3. Amélioration de l'algorithme : le codage de Baker et Schrage	256
V. CONCLUSION	259

CHAPITRE IX : METHODES ARBORESCENTES	260
I. PRESENTATION GENERALE	260
I.1. Forme standard	261
I.2. Arborescence valide	261
I.3. Opérations sur les arborescences valides ...	263
I.4. Méthode arborescente	264
I.5. Fonction d'évaluation par défaut	265
I.6. Fonction d'évaluation par excès	265
I.7. Théorèmes de dominance	266
I.8. Séparation	267
I.9. Description d'un sommet de l'arborescence et problème local associé	268
I.10. Convergence	269
I.11. Discussion	270
II. MINIMISATION DE LA SOMME DES RETARDS	270
II.1. Enoncé	270
II.2. Description d'un sommet de l'arborescence	270
II.3. Evaluation par défaut	271
II.4. Théorèmes de dominance	271
II.5. Exemple	272
III. MINIMISATION DE LA DUREE TOTALE	274
III.1. Enoncé	274
III.2. Solutions	275
III.3. Evaluation par défaut	275
III.4. Etude de la règle de Jackson	276
III.5. Propriétés des solutions de durée inférieure à f	282
III.6. Méthode arborescente	282
III.7. Traitement de l'exemple	284
IV. CONCLUSION	285
 CHAPITRE X : ALGORITHMES APPROCHES	 287
INTRODUCTION	287
I. PROBLEMES D'OPTIMISATION ET ALGORITHMES APPROCHES	288
II. APPROXIMATION ABSOLUE	289
II.1. Nombre maximum de programmes stockés	290
II.2. Maximisation d'un profit	291
II.3. Stable maximum	292

*Problèmes d'ordonnement :
Modélisation, Complexité, Algorithmes*

III. APPROXIMATION RELATIVE	293
III.1. Problème à m machines	293
III.2. Le problème du bin-packing	296
III.3. Problème du voyageur de commerce	300
IV. SCHEMA D'APPROXIMATION ENTIEREMENT POLYNOMIAL	302
IV.1. Un premier schéma d'approximation polynomial : la troncature des données	303
IV.2. Un deuxième schéma d'approximation polynomial : la partition dynamique de l'intervalle	305
V. CONSTRUCTION DE SOLUTIONS	309
V.1. Construction d'une solution	309
V.2. Méthodes de Monte-Carlo	310
V.3. Méthodes de voisinage	311
BIBLIOGRAPHIE	314