

Applications
Industrie
Transport
Secteur public
Jeux et rébus
Télécoms
Finance

Christelle Guéret - Christian Prins - Marc Sevaux

P Programmation linéaire

65 problèmes d'optimisation modélisés
et résolus avec Visual Xpress



- Visual Xpress 3 *
- Les modèles des 65 problèmes

* Version étudiante pour Windows 95/98, NT4, et 2000

EYROLLES

- 60 F-380-1

2-005-380-1

Programmation linéaire

**65 problèmes d'optimisation modélisés
et résolus avec Visual Xpress**

Christelle Guéret • Christian Prins • Marc Sevaux

2^e tirage 2003

EYROLLES

Table des matières

AVANT-PROPOS	1
CHAPITRE 1 • PROGRAMMATION LINEAIRE	5
1.1 Introduction	5
1.2 Notion de programme linéaire	5
1.2.1 Composantes d'un programme linéaire et exemple	5
1.2.2 Forme générale d'un programme linéaire et extensions	6
1.2.3 Formes matricielles classiques et conversions	7
1.2.4 Interprétation économique	8
1.3 Résolution graphique	8
1.4 Principes de la résolution algébrique	10
1.4.1 Bases et solutions de base	10
1.4.2 Exemple d'énumération des bases - Changements de base	10
1.4.3 Propriétés fondamentales de la programmation linéaire	12
1.4.4 Algorithme du simplexe à la main	13
1.5 Algorithme du simplexe forme tableau	14
1.6 Cas spéciaux pour l'algorithme du simplexe	16
1.6.1 Optimum non borné	16
1.6.2 Absence de base initiale évidente	18
1.7 Dualité	23
1.7.1 Définition et exemple	23
1.7.2 Interprétation économique	24
1.7.3 Propriétés du dual	25
1.7.4 Utilité de la dualité	25
1.8 Analyse de sensibilité	27
1.9 Les algorithmes modernes	28
1.9.1 Raffinements dans l'algorithme du simplexe	28
1.9.2 Les méthodes de points intérieurs	29
1.10 Références et compléments	32
CHAPITRE 2 • PROGRAMMATION LINEAIRE EN NOMBRES ENTIERS	33
2.1 Introduction	33
2.2 Notions de base	34
2.2.1 Définitions	34
2.2.2 Difficultés de la PLNE	34
2.2.3 Méthodes de résolution des PLNE	36
2.3 PLNE équivalents à leur PL relaxé	38
2.3.1 Définition de la totale unimodularité	38
2.3.2 Totale unimodularité et solutions entières	39
2.3.3 Matrices d'incidence nœuds-arcs et PL de réseaux	39

2.3.4 Programmes linéaires MRP	42
2.3.5 Transformations en PL de réseau ou MRP	43
2.4 Méthode arborescente de Dakin.....	43
2.4.1 Exemple à traiter	43
2.4.2 Principe de la méthode.....	43
2.4.3 Algorithme général	44
2.4.4 Application à l'exemple	45
2.5 Méthode de Balas pour les PL en 0-1.....	46
2.5.1 Introduction.....	46
2.5.2 Définition des nœuds et séparation	46
2.5.3 Evaluation des nœuds.....	46
2.5.4 Abandon de l'examen d'un nœud	47
2.5.5 Implications.....	47
2.5.6 Parcours de l'arborescence.....	48
2.5.7 Choix de la décision de séparation en un nœud	48
2.5.8 Un exemple	49
2.6 Techniques de modélisation en PLNE	52
2.6.1 Généralités.....	52
2.6.2 Variables discrètes	52
2.6.3 Variables nulles ou bien bornées inférieurement.....	53
2.6.4 Contraintes disjonctives en ordonnancement.....	53
2.6.5 Respect d'un sous-ensemble de contraintes.....	54
2.6.6 Expressions logiques.....	54
2.7 Références et compléments	55
 CHAPITRE 3 • LOGICIELS DE PL ET XPRESS-MP	 57
3.1 Introduction	57
3.2 Les logiciels actuels.....	58
3.2.1 Principes de fonctionnement.....	58
3.2.2 Les principaux solveurs	59
3.2.3 Les principaux modeleurs	59
3.2.4 Les environnements de développement intégrés (EDI)	60
3.2.5 Sites web des éditeurs de logiciels.....	60
3.3 Visual Xpress (interface et langage).....	61
3.3.1 Préliminaires	61
3.3.2 Visual Xpress version 3	61
3.3.3 Xpress-IVE, une nouvelle version de Visual Xpress.....	61
3.3.4 Résolution de modèles	62
3.3.5 Syntaxe Visual Xpress	62
3.3.6 Syntaxe avancée	68
3.4 Les autres langages.....	70
3.4.1 Un exemple simple.....	70
3.4.2 Visual Xpress	71
3.4.3 Xpress-IVE.....	72
3.4.4 AMPL.....	73
3.4.5 GAMS	74
3.4.6 ILOG OPL Studio	74
3.4.7 Lingo	75
3.4.8 MPL for Windows	76
3.5 Présentation des chapitres d'applications	77

3.6 Mise en garde.....	78
3.7 Références et compléments.....	79
CHAPITRE 4 • INDUSTRIE MINIERE ET DE PROCESS	81
4.1 Introduction.....	81
4.2 Production d'aliments pour bétail.....	81
4.2.1 Problème.....	81
4.2.2 Modélisation.....	82
4.2.3 Modèle Xpress.....	84
4.2.4 Résultats	85
4.3 Fabrication d'alliages	85
4.3.1 Problème.....	85
4.3.2 Modélisation.....	86
4.3.3 Modèle Xpress.....	87
4.3.4 Résultats	88
4.4 Raffinage de produits pétroliers	88
4.4.1 Problème.....	88
4.4.2 Modélisation.....	90
4.4.3 Modèle Xpress.....	91
4.4.4 Résultats	92
4.5 Production de sucre de canne.....	93
4.5.1 Problème.....	93
4.5.2 Modélisation.....	93
4.5.3 Modèle Xpress.....	94
4.5.4 Résultats	95
4.6 Exploitation d'une mine à ciel ouvert.....	95
4.6.1 Problème.....	95
4.6.2 Modélisation.....	96
4.6.3 Modèle Xpress.....	97
4.6.4 Résultats	98
4.7 Production d'électricité	98
4.7.1 Problème.....	98
4.7.2 Modélisation.....	99
4.7.3 Modèle Xpress.....	100
4.7.4 Résultats	101
4.8 Références et compléments.....	102
CHAPITRE 5 • PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	103
5.1 Introduction.....	103
5.2 Construction d'un stade	104
5.2.1 Problème.....	104
5.2.2 Modélisation pour la question 1	105
5.2.3 Modèle Xpress pour la question 1	105
5.2.4 Résultat pour la question 1	106
5.2.5 Modélisation pour la question 2	106
5.2.6 Modèle Xpress pour la question 2.....	107
5.2.7 Résultats pour la question 2.....	108
5.3 Ordonnancement d'un atelier en ligne.....	108
5.3.1 Problème.....	108

5.3.2 Modélisation.....	109
5.3.3 Modèle Xpress	111
5.3.4 Résultats	112
5.4 Ordonnancement d'un atelier en îlots	112
5.4.1 Problème	112
5.4.2 Modélisation.....	113
5.4.3 Modèle Xpress	116
5.4.4 Résultats	117
5.5 Ordonnancement d'une machine critique.....	118
5.5.1 Problème	118
5.5.2 Modélisation.....	118
5.5.3 Modèle Xpress	120
5.5.4 Résultats	121
5.6 Fabrication de peintures	121
5.6.1 Problème	121
5.6.2 Modélisation.....	122
5.6.3 Modèle Xpress	124
5.6.4 Résultats	125
5.7 Equilibrage d'une ligne d'assemblage	125
5.7.1 Problème	125
5.7.2 Modélisation.....	126
5.7.3 Modèle Xpress	127
5.7.4 Résultats	128
5.8 Références et compléments	129
CHAPITRE 6 • PLANIFICATION DE PRODUCTION.....	131
6.1 Introduction	131
6.2 Planification de production de bicyclettes	132
6.2.1 Problème	132
6.2.2 Modélisation.....	132
6.2.3 Modèle Xpress	133
6.2.4 Résultats	134
6.3 Production de verres	134
6.3.1 Problème	134
6.3.2 Modélisation.....	135
6.3.3 Modèle Xpress	137
6.3.4 Résultats	138
6.4 Problème de planification MRP	139
6.4.1 Problème	139
6.4.2 Modélisation.....	140
6.4.3 Modèle Xpress	141
6.4.4 Résultats	142
6.5 Production de composants électroniques.....	143
6.5.1 Problème	143
6.5.2 Modélisation.....	144
6.5.3 Modèle Xpress	145
6.5.4 Résultats	146
6.6 Production de laine de verre avec stockage.....	146
6.6.1 Problème	146
6.6.2 Modélisation.....	147

6.6.3 Modélisation Xpress.....	149
6.6.4 Résultats	150
6.7 Affectation de lots de produits	150
6.7.1 Problème.....	150
6.7.2 Modélisation.....	151
6.7.3 Modèle Xpress.....	152
6.7.4 Résultats	153
6.8 Références et compléments.....	153

CHAPITRE 7 • CHARGEMENT ET DECOUPE..... 157

7.1 Introduction.....	157
7.2 Chargement équilibré de wagons.....	158
7.2.1 Problème.....	158
7.2.2 Modélisation.....	158
7.2.3 Modèle Xpress.....	159
7.2.4 Résultats	160
7.3 Chargement d'une péniche.....	161
7.3.1 Problème.....	161
7.3.2 Modélisation.....	161
7.3.3 Modèle Xpress.....	162
7.3.4 Résultats	164
7.4 Chargement de réservoirs	164
7.4.1 Problème.....	164
7.4.2 Modélisation.....	165
7.4.3 Modèle Xpress.....	166
7.4.4 Résultats	167
7.5 Sauvegarde de fichiers	168
7.5.1 Problème.....	168
7.5.2 Modélisation.....	168
7.5.3 Modèle Xpress	170
7.5.4 Résultats	170
7.6 Découpe de plaques de tôle.....	171
7.6.1 Problème.....	171
7.6.2 Modélisation.....	171
7.6.3 Modèle Xpress.....	172
7.6.4 Résultats	173
7.7 Découpes de barres d'acier	174
7.7.1 Problème.....	174
7.7.2 Modélisation.....	174
7.7.3 Modèle Xpress.....	175
7.7.4 Résultats	176
7.8 Références et compléments.....	176

CHAPITRE 8 • TRANSPORTS TERRESTRES..... 179

8.1 Introduction.....	179
8.2 Loueur de voitures	180
8.2.1 Problème.....	180
8.2.2 Modélisation.....	180
8.2.3 Modèle Xpress.....	181

8.2.4 Résultats	182
8.3 Choix de moyens de transport.....	182
8.3.1 Problème	182
8.3.2 Modélisation.....	183
8.3.3 Modèle Xpress	184
8.3.4 Résultats	185
8.3.5 Extension.....	186
8.4 Localisation d'entrepôts.....	186
8.4.1 Problème	186
8.4.2 Modélisation.....	187
8.4.3 Modèle Xpress	188
8.4.4 Résultats	189
8.5 Livraison de fioul.....	190
8.5.1 Problème	190
8.5.2 Modélisation.....	191
8.5.3 Modèle Xpress	193
8.5.4 Résultats	194
8.6 Transport combiné	195
8.6.1 Problème	195
8.6.2 Modélisation.....	195
8.6.3 Modèle Xpress	196
8.6.4 Résultats	197
8.7 Planification d'une flotte de camions.....	197
8.7.1 Problème	197
8.7.2 Modélisation.....	198
8.7.3 Modèle Xpress	199
8.7.4 Résultats	199
8.8 Références et compléments	200
CHAPITRE 9 • TRANSPORTS AERIENS	203
9.1 Introduction	203
9.2 Correspondance d'avions.....	203
9.2.1 Problème	203
9.2.2 Modélisation.....	204
9.2.3 Modèle Xpress	205
9.2.4 Résultats	206
9.3 Constitution d'équipages	206
9.3.1 Problème	206
9.3.2 Modélisation.....	207
9.3.3 Modèle Xpress	208
9.3.4 Résultats	209
9.4 Ordonnancements d'atterrissages.....	209
9.4.1 Problème	209
9.4.2 Modélisation.....	210
9.4.3 Généralisation à des fenêtres quelconques	212
9.4.4 Modèle Xpress	212
9.4.5 Résultats	213
9.5 Choix de hubs pour une compagnie	214
9.5.1 Problème	214
9.5.2 Modélisation.....	214

9.5.3 Modèle Xpress.....	216
9.5.4 Résultats	217
9.6 Ravitaillement d'un pays sinistré.....	217
9.6.1 Problème.....	217
9.6.2 Modélisation	218
9.6.3 Modèle Xpress et résultats	218
9.7 Références et compléments.....	221
CHAPITRE 10 • TELECOMMUNICATIONS	223
10.1 Introduction.....	223
10.2 Fiabilité d'un réseau	224
10.2.1 Problème.....	224
10.2.2 Modélisation.....	224
10.2.3 Modèle Xpress.....	226
10.2.4 Résultats	227
10.3 Dimensionnement d'un réseau	227
10.3.1 Problème.....	227
10.3.2 Modélisation.....	229
10.3.3 Modèle Xpress.....	229
10.3.4 Résultats	230
10.4 Maximisation du débit d'un réseau	231
10.4.1 Problème.....	231
10.4.2 Modélisation.....	232
10.4.3 Modèle Xpress.....	233
10.4.4 Résultats	235
10.5 Construction d'un réseau câblé	236
10.5.1 Problème.....	236
10.5.2 Modélisation.....	236
10.5.3 Modèle Xpress.....	238
10.5.4 Résultats	239
10.6 Ordonnancement de télécoms par satellite	240
10.6.1 Problème.....	240
10.6.2 Modélisation.....	241
10.6.3 Modèle Xpress.....	243
10.6.4 Résultats	244
10.7 Localisation d'émetteurs GSM	245
10.7.1 Problème.....	245
10.7.2 Modélisation.....	246
10.7.3 Modèle Xpress.....	247
10.7.4 Résultats	248
10.8 Compléments et références.....	248
CHAPITRE 11 • ÉCONOMIE ET FINANCES	251
11.1 Introduction.....	251
11.2 Choix d'emprunts	251
11.2.1 Problème.....	251
11.2.2 Modélisation.....	252
11.2.3 Modèle Xpress.....	253
11.2.4 Résultats	253

11.3 Campagne publicitaire	253
11.3.1 Problème	253
11.3.2 Modélisation.....	254
11.3.3 Modèle Xpress	255
11.3.4 Résultats	256
11.4 Gestion de portefeuille financier	256
11.4.1 Problème	256
11.4.2 Modélisation.....	257
11.4.3 Modèle Xpress	257
11.4.4 Résultats	258
11.5 Préparation à la retraite.....	259
11.5.1 Problème	259
11.5.2 Modélisation.....	259
11.5.3 Modèle Xpress	261
11.5.4 Résultats	262
11.6 Budget familial.....	262
11.6.1 Problème	262
11.6.2 Modélisation.....	262
11.6.3 Modèle Xpress	263
11.6.4 Résultats	264
11.7 Choix de projets d'expansion	265
11.7.1 Problème	265
11.7.2 Modélisation.....	265
11.7.3 Modèle Xpress	266
11.7.4 Résultats	267
11.8 Références et compléments	267

CHAPITRE 12 • EMPLOIS DU TEMPS ET GESTION DE PERSONNEL.....269

12.1 Introduction	269
12.2 Affectations de personnel à des postes	270
12.2.1 Problème	270
12.2.2 Modélisation.....	270
12.2.3 Modèles Xpress.....	272
12.2.4 Résultats	273
12.3 Emploi du temps d'infirmières.....	274
12.3.1 Problème	274
12.3.2 Modélisation pour la question 1	275
12.3.3 Modèle Xpress pour la question 1	276
12.3.4 Résultats pour la question 1	277
12.3.5 Modélisation pour la question 2.....	277
12.3.6 Modèle Xpress pour la question 2	278
12.3.7 Résultats pour la question 2	279
12.4 Emploi du temps dans un lycée	280
12.4.1 Problème	280
12.4.2 Modélisation.....	280
12.4.3 Modèle Xpress	282
12.4.4 Résultats	283
12.5 Planification d'examens	284
12.5.1 Problème	284
12.5.2 Modélisation.....	285

12.5.3 Modèle Xpress.....	285
12.5.4 Résultats	286
12.6 Production avec affectation de personnel	287
12.6.1 Problème.....	287
12.6.2 Modélisation.....	288
12.6.3 Modèle Xpress.....	289
12.6.4 Résultats	290
12.7 Planification du personnel d'un chantier	291
12.7.1 Problème.....	291
12.7.2 Modélisation	291
12.7.3 Modèle Xpress.....	292
12.7.4 Résultats	294
12.8 Compléments et références.....	295
 CHAPITRE 13 • COLLECTIVITES LOCALES ET SERVICES PUBLICS	 297
13.1 Introduction.....	297
13.2 Problème d'adduction d'eau	298
13.2.1 Problème.....	298
13.2.2 Modélisation	298
13.2.3 Modèle Xpress.....	300
13.2.4 Résultats	300
13.3 Surveillance des rues par des caméras	301
13.3.1 Problème.....	301
13.3.2 Modélisation.....	301
13.3.3 Modèle Xpress.....	303
13.3.4 Résultats	303
13.4 Charcutage électoral	304
13.4.1 Problème.....	304
13.4.2 Modélisation.....	305
13.4.3 Modèle Xpress.....	307
13.4.4 Résultats	308
13.5 Sablage des rues d'un village	309
13.5.1 Problème.....	309
13.5.2 Modélisation.....	310
13.5.3 Modèle Xpress.....	311
13.5.4 Résultats	313
13.6 Placement de perceptions	314
13.6.1 Problème.....	314
13.6.2 Modélisation.....	314
13.6.3 Modèle Xpress.....	315
13.6.4 Résultats	317
13.7 Efficacité d'un hôpital.....	317
13.7.1 Problème.....	317
13.7.2 Modélisation.....	318
13.7.3 Modèle Xpress.....	319
13.7.4 Résultats	320
13.8 Compléments et références.....	320

CHAPITRE 14 • JEUX ET CASSE-TETE323

14.1 Introduction	323
14.2 Mastermind	323
14.2.1 Problème	323
14.2.2 Modélisation.....	324
14.2.3 Modèle Xpress	325
14.2.4 Résultats	326
14.3 Un problème de logique	327
14.3.1 Problème	327
14.3.2 Modélisation.....	327
14.3.3 Modèle Xpress	329
14.3.4 Résultats	329
14.4 Un autre problème de logique	330
14.4.1 Problème	330
14.4.2 Modélisation.....	330
14.4.3 Modèle Xpress	332
14.4.4 Résultats	333
14.5 Grille et jetons.....	333
14.5.1 Problème	333
14.5.2 Modélisation.....	333
14.5.3 Modèle Xpress	334
14.5.4 Résultats	335
14.6 Les tonneaux de vins	335
14.6.1 Problème	335
14.6.2 Modélisation.....	335
14.6.3 Modèle Xpress	336
14.6.4 Résultats	337
14.7 Les n reines.....	337
14.7.1 Problème	337
14.7.2 Modélisation.....	338
14.7.3 Modèle Xpress	338
14.7.4 Résultats	339
14.8 Références et compléments.....	340

ANNEXE 1 • CORRESPONDANCE ENTRE MODELES THEORIQUES ET APPLICATIONS341

1. Introduction	341
2. Tableau récapitulatif des problèmes du livre.....	341
3. Problèmes classés par famille théorique.....	343
Problèmes de mélanges	343
Problèmes dans les graphes (hors flots).....	343
Problèmes de flots	344
Problèmes d'ordonnancement.....	344
Problèmes de planification.....	344
Problèmes de chargement et de découpe	344
Problèmes d'affectation	344
Problèmes de localisation.....	344
Autres problèmes classiques	345
Problèmes spécifiques.....	345

Table des matières	XVII
--------------------------	------

ANNEXE 2 • CONTENU DU CD-ROM.....	347
--	------------

1. Installation de Visual Xpress.....	347
---------------------------------------	-----

2. Conventions sur les noms de fichiers.....	348
--	-----

3. Tableau des modèles et fichiers associés	348
---	-----

BIBLIOGRAPHIE	351
----------------------------	------------

INDEX.....	359
-------------------	------------
