
Table des matières

Préface	15
Pascal MAUNY	
Avant-propos	19
Introduction	23
Chapitre 1. La recherche opérationnelle	29
1.1. Historique.	29
1.2. Champs d'application, principes et concepts	30
1.2.1. L'identification	30
1.2.2. La modélisation	31
1.2.3. La résolution.	33
1.2.4. La validation.	34
1.2.5. La mise en œuvre	34
1.2.6. L'amélioration.	35
1.3. Les modèles de base.	35
1.4. Avenir de la RO	35
Chapitre 2. Bases de la théorie des graphes	37
2.1. Graphe et représentation	37
2.2. Graphe non orienté	38
2.2.1. Multigraphe	38
2.2.2. Graphes planaire et non planaire	39

2.2.3. Graphes connexe et non connexe	39
2.2.4. Graphe complet	39
2.2.5. Graphe biparti	40
2.2.6. Graphe partiel, sous-graphe, clique et stable	40
2.2.7. Degré d'un sommet et d'un graphe	41
2.2.8. Chaîne et cycle dans un graphe	42
2.2.9. Indicateur de connectivité	43
2.2.10. Graphe eulérien	44
2.2.11. Graphe hamiltonien	44
2.2.12. Graphe planaire	45
2.2.13. Isthme	46
2.2.14. Arbre et forêt	47
2.2.15. Arborescence	48
2.2.16. Arborescence ordonnée	49
2.3. Graphe orienté ou digraphe	50
2.3.1. Chemin et circuit dans un digraphe	50
2.3.2. Absence de circuit dans un digraphe	51
2.3.3. Matrice d'adjacence	52
2.3.4. Matrice d'un graphe valué	53
2.4. Graphes pour la logistique	54
Chapitre 3. Les chemins optimaux	55
3.1. Concepts de base	55
3.2. L'algorithme de Dijkstra	56
3.2.1. Calculs des chemins minimaux sur un exemple	56
3.2.2. Interprétation du résultat des calculs	58
3.3. L'algorithme de Flyod-Warshall	58
3.3.1. Création des matrices de départ (initialisation de l'algorithme)	58
3.3.2. Remplissage des matrices pour les itérations suivantes	59
3.3.3. Exemple de calcul des chemins minimaux	59
3.3.4. Interprétation des résultats	62
3.4. L'algorithme de Bellman-Ford	63
3.4.1. Initialisation	63
3.4.2. Itérations suivantes avec relâchement	64
3.4.3. Exemple de calcul	64
3.4.4. Interprétation des résultats	67
3.5. L'algorithme de Bellman-Ford avec un circuit négatif	67
3.5.1. Exemple	67
3.6. Exercices	70

3.6.1. Exercice 1 : optimisation d'un temps de parcours	70
3.6.2. Exercice 2 : un graphe orienté avec arc de coût négatif.	71
3.6.3. Exercice 3 : routage de paquets de données	72
3.6.4. Solution de l'exercice 1	72
3.6.5. Solution de l'exercice 2	73
3.6.6. Solution de l'exercice 3	74
Chapitre 4. Programmation dynamique.	77
4.1. Principes de la programmation dynamique	77
4.2. Formulation du problème.	78
4.2.1. Exemple 1 – La pyramide de nombres	78
4.2.2. Exemple 2 – La suite de Fibonacci.	80
4.2.3. Exemple 3 – Le sac à dos	82
4.3. Processus stochastique	85
4.4. Les chaînes de Markov	85
4.4.1. Propriétés des chaînes de Markov	86
4.4.2. Classes et états d'une chaîne	87
4.4.3. Matrice et graphe	89
4.4.4. Application des chaînes de Markov	90
4.5. Exercices	92
4.5.1. Exercice 1 : la distance de Levenshtein	92
4.5.2. Exercice 2	92
4.5.3. Exercice 3 : le modèle d'Ehrenfest.	93
4.5.4. Solutions de l'exercice 1.	93
4.5.5. Solutions de l'exercice 2.	94
4.5.6. Solutions de l'exercice 3.	96
Chapitre 5. Ordonnement avec PERT et MPM	97
5.1. Concepts principaux.	97
5.2. Méthode du chemin critique	98
5.3. Diagramme de précedence	98
5.4. Planification d'un projet avec PERT/CPM	101
5.4.1. Historique	101
5.4.2. Methodologie	102
5.5. Exemple de détermination d'un chemin critique avec PERT.	111
5.5.1. A partir du scénario, création du tableau d'antécédents	112
5.5.2. Création du graphe	112
5.5.3. Numérotation des sommets	113
5.5.4. Détermination des dates au plus tôt de chacune des tâches	114

5.5.5. Détermination des dates au plus tard de chacune des tâches	115
5.5.6. Détermination du ou des chemins critiques	117
5.6. Les marges	118
5.6.1. Marge totale	118
5.6.2. Marge libre	118
5.6.3. Marge certaine	119
5.6.4. Propriétés	119
5.7. Exemple de calcul de marges	119
5.8. Détermination du chemin critique à l'aide d'un tableau à double entrée	121
5.8.1. Création d'un tableau à partir de notre exemple	121
5.8.2. Remplissage du tableau	122
5.8.3. Dates de début au plus tôt	122
5.8.4. Dates de fin au plus tard	124
5.8.5. Chemin critique	125
5.9. Méthodologie de planification avec MPM	126
5.9.1. Historique	126
5.9.2. Formalisme du graphe	127
5.9.3. Règles de construction	128
5.9.4. Dates au plus tôt et au plus tard	129
5.9.5. Détermination du chemin critique	130
5.10. Exemple de détermination d'un chemin critique avec MPM	130
5.10.1. Création du graphe	131
5.10.2. Détermination des dates au plus tôt de chacune des tâches	131
5.10.3. Détermination des dates au plus tard de chacune des tâches . . .	132
5.10.4. Détermination du ou des chemins critiques	133
5.10.5. Marges	134
5.11. PERT/CPM/MPM probabilisé	135
5.11.1. Probabilité des tâches	136
5.11.2. Mise en œuvre sur un exemple	137
5.11.3. Calcul des durées moyennes et de la variance	138
5.11.4. Calcul de la durée moyenne du projet	138
5.11.5. Calcul de la probabilité de terminer le projet suivant une durée choisie	138
5.11.6. Calcul de la durée du projet pour une probabilité donnée	139
5.12. Diagramme de Gantt	139
5.12.1. Création du diagramme	140
5.12.2. Exemple	140
5.13. Coût PERT-MPM	143
5.13.1. Méthode	144
5.13.2. Exemple	144

5.14. Exercices	149
5.14.1. Exercice 1.	149
5.14.2. Exercice 2.	149
5.14.3. Exercice 3.	150
5.14.4. Exercice 4.	151
5.14.5. Solution Exercice 1	152
5.14.6. Solution Exercice 2	153
5.14.7. Solution Exercice 3	154
5.14.8. Solution Exercice 4	156
Chapitre 6. Flot maximal dans un réseau	159
6.1. Flot maximal	159
6.2. Algorithme de Ford-Fulkerson	161
6.2.1. Présentation de l'algorithme.	162
6.2.2. Application sur un exemple	163
6.3. Théorème de la coupe minimale	169
6.3.1. Exemple de coupes	170
6.4. Algorithme de Dinic	170
6.4.1. Présentation de l'algorithme.	171
6.4.2. Application sur un exemple	172
6.5. Exercices	176
6.5.1. Exercice 1 : approvisionnement en eau potable	176
6.5.2. Exercice 2 : flot maximal selon Dinic	177
6.5.3. Solution de l'exercice 1	177
6.5.4. Solution de l'exercice 2	180
Chapitre 7. Arbres, tournées et transport	185
7.1. Les concepts de base	185
7.2. L'algorithme de Kruskal	187
7.2.1. Application sur un exemple	188
7.3. L'algorithme de Prim	190
7.3.1. Application sur un exemple	191
7.4. L'algorithme de Sollin	195
7.4.1. Application sur un exemple	196
7.5. L'algorithme de Little pour la résolution du PVC	201
7.5.1. Application sur un exemple	202
7.6. Exercices	213

7.6.1. Exercice 1 : réseau informatique	213
7.6.2. Exercice 2 : livraisons	214
7.6.3. Solution de l'exercice 1	215
7.6.4. Solution de l'exercice 2	217

Chapitre 8. La programmation linéaire 223

8.1. Concepts de base.	223
8.1.1. Formulation d'un programme linéaire.	224
8.2. Méthode de résolution graphique	224
8.2.1. Identification.	225
8.2.2. Formalisation	225
8.2.3. Résolution	230
8.3. Méthode du simplexe	233
8.3.1. Démarche.	233
8.3.2. L'exemple à traiter	233
8.3.3. Formalisation	234
8.3.4. Passage en forme standard.	235
8.3.5. Création du tableau	235
8.3.6. Détermination du pivot.	236
8.3.7. Itérations	237
8.3.8. Interprétation.	240
8.4. Dualité.	240
8.4.1. Formulation duale.	241
8.4.2. Passage du primal au dual, formalisation	242
8.4.3. Détermination du pivot.	243
8.4.4. Itérations	244
8.4.5. Interprétation.	245
8.5. Exercices	245
8.5.1. Exercice 1 : vidéo et festival	245
8.5.2. Exercice 2 : simplexe.	246
8.5.3. Exercice 3 : primal et dual.	246
8.5.4. Solution de l'exercice 1	247
8.5.5. Solution de l'exercice 2	249
8.5.6. Solution de l'exercice 3	250

Chapitre 9. Les logiciels 253

9.1. Des logiciels pour la RO et la logistique.	253
9.2. Les tableurs.	254
9.2.1. Fonctions avancées avec Microsoft Excel	256

9.2.2. Tableaux croisés dynamiques	259
9.2.3. Solveur	260
9.2.4. Visual Basic Application	261
9.3. Les gestionnaires de projets	271
9.3.1. La démarche de création d'un projet.	272
9.4. Les simulateurs de flux	274
9.4.1. La création d'un processus de simulation.	275
Chapitre 10. Recherche opérationnelle avec un tableur.	277
10.1. Avertissement.	277
10.2. Programmation dynamique.	277
10.3. Ordonnancement	282
10.3.1. Matrice de calcul d'un chemin critique	283
10.3.2. Diagramme de Gantt classique	286
10.3.3. Diagramme de Gantt avec calendrier.	294
10.4. Flots maximaux	301
10.5. Modèle de transport	307
10.5.1. Livraison client	307
10.5.2. Transport à coût minimum.	311
10.6. Programmation linéaire	314
10.6.1. Création du tableau de calculs.	314
10.6.2. Saisie des données.	315
10.6.3. Mise œuvre en du solveur	316
Chapitre 11. Tableaux de bord, tableur et TCD.	319
11.1. Le tableur, un outil polyvalent	319
11.2. La base de données exemple	320
11.2.1. Champ calculé et mise en forme	321
11.2.2. Tranche calendaire, classement et moyenne	325
11.2.3. Champs calculés conditionnels	327
11.2.4. Segment, filtrage et champ calculé	330
11.2.5. Éléments calculés	335
11.3. Bases de données multiples.	338
11.3.1. Nouvelles tables pour la base	339
11.3.2. Création des tableaux de données.	341
11.3.3. Relation entre tableaux	342
11.3.4. Tableau croisé dynamique multitables.	344
11.4. Limites et contraintes liées aux champs calculés	346
11.5. Conclusion	348

Chapitre 12. Ordonnancement et planification avec un gestionnaire de projet	349
12.1. Rappels et informations	349
12.2. L'exemple : conception et fabrication d'une machine-outil.	350
12.2.1. Mise en situation.	350
12.2.2. Création et paramétrage du projet.	352
12.2.3. Saisie des tâches et des durées.	355
12.2.4. Saisie des antécédents (prédécesseurs)	356
12.2.5. Visualisation du réseau MPM	357
12.2.6. Calcul des marges	358
12.2.7. Saisie des ressources	360
12.2.8. Affectation des ressources	361
12.2.9. Solutionner les sur-utilisations	363
12.2.10. Visualiser le projet sous forme chronologique	368
12.2.11. Utiliser une codification WBS	369
12.2.12. Générer des tableaux de bord et des rapports	370
12.3. Le suivi de projet.	374
12.4. Conclusion	375
Chapitre 13. Simulation de flux informatisés	377
13.1. Pour commencer	377
13.2. L'exemple à traiter.	378
13.2.1. Plan de la station.	378
13.2.2. Enoncé et cahier des charges du problème	379
13.3. Saisie du projet dans le logiciel ExtendSim 9	381
13.3.1. Définition des paramètres principaux	381
13.3.2. Dessin du modèle et saisie des contraintes	383
13.3.3. Définition des flux.	397
13.3.4. Lancement de la simulation	398
13.3.5. Création et affectation des ressources	399
13.3.6. Relance de la simulation	403
13.3.7. Création, génération d'un rapport et analyse	403
13.3.8. Mise au point, enrichissement et amélioration	406
13.3.9. Hiérarchisation.	413
13.3.10. Habillage	415
13.4. Conclusion	420

Conclusion	421
Annexe 1. Installation du solveur	425
Annexe 2. Table de la loi normale centrée réduite	433
Glossaire	435
Bibliographie	441
Index	447