

Table des matières

Préface	13
Pascal MAUNY	
Avant-propos	17
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	36
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	41
2.2.9. Indicateur de connectivité	43
2.2.10. Graphe eulérien.	44
2.2.11. Graphe hamiltonien	45
2.2.12. Graphe planaire.	45
2.2.13. Isthme	47
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	51
2.3.2. Absence de circuit dans un digraphe	52
2.3.3. Matrice d'adjacence	53
2.3.4. Matrice d'un graphe valué	54
2.4. Graphes pour la logistique	55

Chapitre 3. Les chemins optimaux 57

3.1. Concepts de base.	57
3.2. Algorithme de Dijkstra	58
3.2.1. Calculs des chemins minimaux sur un exemple	59
3.2.2. Interprétation du résultat des calculs	60
3.3. Algorithme de Floyd-Warshall.	60
3.3.1. Création des matrices de départ (initialisation de l'algorithme)	60
3.3.2. Remplissage des matrices pour les itérations suivantes.	61
3.3.3. Exemple de calcul des chemins minimaux.	61
3.3.4. Interprétation des résultats	64
3.4. Algorithme de Bellman-Ford.	65
3.4.1. Initialisation	65
3.4.2. Itérations suivantes avec relâchement.	65
3.4.3. Exemple de calcul	66
3.4.4. Interprétation des résultats	68
3.5. Algorithme de Bellman-Ford avec un circuit négatif	69
3.5.1. Exemple.	69
3.6. Exercices	72
3.6.1. Exercice 1 : optimisation d'un temps de parcours.	72
3.6.2. Exercice 2 : graphe orienté avec arc de coût négatif	73

3.6.3. Exercice 3 : routage de paquets de données	73
3.6.4. Solution de l'exercice 1	74
3.6.5. Solution de l'exercice 2	74
3.6.6. Solution de l'exercice 3	76
Chapitre 4. Programmation dynamique	79
4.1. Principes de la programmation dynamique	79
4.2. Formulation du problème	80
4.2.1. Exemple 1 – La pyramide de nombres	80
4.2.2. Exemple 2 – La suite de Fibonacci	82
4.2.3. Exemple 3 – Le sac à dos	84
4.2.3.1. Présentation du problème	84
4.2.3.2. Algorithme de résolution	84
4.2.3.3. Application sur un exemple	86
4.3. Processus stochastique	87
4.4. Les chaînes de Markov	87
4.4.1. Propriétés des chaînes de Markov	88
4.4.1.1. Chaîne absorbante	88
4.4.1.2. Chaîne irréductible	88
4.4.1.3. Chaîne homogène	89
4.4.1.4. Chaîne régulière	89
4.4.1.5. Chaîne réversible	89
4.4.2. Classes et états d'une chaîne	89
4.4.2.1. Classes récurrente et transitoire	90
4.4.2.2. Période	90
4.4.2.3. Pour résumer	90
4.4.3. Matrice et graphe	91
4.4.4. Application des chaînes de Markov	92
4.5. Exercices	94
4.5.1. Exercice 1 : la distance de Levenshtein	94
4.5.2. Exercice 2	94
4.5.3. Exercice 3 : le modèle d'Ehrenfest	95
4.5.4. Solution de l'exercice 1	95
4.5.5. Solution de l'exercice 2	97
4.5.6. Solution de l'exercice 3	98
Chapitre 5. Ordonnancement avec PERT et MPM	99
5.1. Concepts principaux	99
5.2. Méthode du chemin critique	100

5.3. Diagramme de précedence	101
5.4. Planification d'un projet avec PERT/CPM	103
5.4.1. Historique	103
5.4.2. Methodologie	104
5.4.2.1. Formalisme du graphe	104
5.4.2.2. Tache fictive	107
5.4.2.3. Taches jalon	108
5.4.2.4. Regles de construction	108
5.4.2.5. Numerotation des sommets	110
5.4.2.6. Dates au plus tot et au plus tard	111
5.4.2.7. Determination du chemin critique	112
5.5. Exemple de determination d'un chemin critique avec PERT	113
5.5.1. A partir du scenario, creation du tableau d'antecedents	114
5.5.2. Creation du graphe	114
5.5.3. Numerotation des sommets	115
5.5.4. Determination des dates au plus tot de chacune des taches	116
5.5.5. Determination des dates au plus tard de chacune des taches	117
5.5.6. Determination du ou des chemins critiques	119
5.6. Les marges	120
5.6.1. Marge totale	120
5.6.2. Marge libre	120
5.6.3. Marge certaine	121
5.6.4. Proprietes	121
5.7. Exemple de calcul de marges	121
5.8. Determination du chemin critique a l'aide d'un tableau à double entree	123
5.8.1. Creation d'un tableau a partir de notre exemple	123
5.8.2. Remplissage du tableau	124
5.8.3. Dates de debut au plus tot	124
5.8.4. Dates de fin au plus tard	126
5.8.5. Chemin critique	127
5.9. Methodologie de planification avec MPM	128
5.9.1. Historique	128
5.9.2. Formalisme du graphe	129
5.9.3. Regles de construction	130
5.9.4. Dates au plus tot et au plus tard	131
5.9.5. Determination du chemin critique	132
5.10. Exemple de determination d'un chemin critique avec MPM	132
5.10.1. Creation du graphe	133
5.10.2. Determination des dates au plus tot de chacune des taches	133
5.10.3. Determination des dates au plus tard de chacune des taches	134

5.10.4. Détermination du ou des chemins critiques	135
5.10.5. Marges	136
5.11. PERT/CPM/MPM probabilisé	138
5.11.1. Probabilité des tâches	138
5.11.2. Mise en œuvre sur un exemple	140
5.11.3. Calcul des durées moyennes et de la variance	141
5.11.4. Calcul de la durée moyenne du projet	141
5.11.5. Calcul de la probabilité de terminer le projet suivant une durée choisie.	141
5.11.6. Calcul de la durée du projet pour une probabilité donnée.	142
5.12. Diagramme de Gantt	143
5.12.1. Création du diagramme	143
5.12.2. Exemple	144
5.12.2.1. Traçage du repère	144
5.12.2.2. Mise en place des tâches	145
5.12.2.3. Ajout des marges	146
5.12.2.4. Ajout des flèches de contraintes	147
5.13. Coût PERT-MPM	147
5.13.1. Méthode	147
5.13.2. Exemple	148
5.14. Exercices	152
5.14.1. Exercice 1	152
5.14.2. Exercice 2	152
5.14.3. Exercice 3	153
5.14.4. Exercice 4	154
5.14.5. Solution de l'exercice 1	155
5.14.6. Solution de l'exercice 2	157
5.14.7. Solution de l'exercice 3	158
5.14.8. Solution de l'exercice 4	160

Chapitre 6. Flot maximal dans un réseau 163

6.1. Flot maximal	163
6.2. Algorithme de Ford-Fulkerson	165
6.2.1. Présentation de l'algorithme	166
6.2.2. Application sur un exemple	167
6.3. Théorème de la coupe minimale	173
6.3.1. Exemple de coupes	174
6.4. Algorithme de Dinic	174
6.4.1. Présentation de l'algorithme	175
6.4.2. Application sur un exemple	176

6.5. Exercices	180
6.5.1. Exercice 1 : approvisionnement en eau potable	180
6.5.2. Exercice 2 : flot maximal selon Dinic.	181
6.5.3. Solution de l'exercice 1	181
6.5.4. Solution de l'exercice 2	184
Chapitre 7. Arbres, tournées et transport	189
7.1. Les concepts de base	189
7.2. Algorithme de Kruskal	191
7.2.1. Application sur un exemple	192
7.3. Algorithme de Prim	194
7.3.1. Application sur un exemple	195
7.4. Algorithme de Sollin.	200
7.4.1. Application sur un exemple	202
7.5. Algorithme de Little pour la résolution du PVC	208
7.5.1. Application sur un exemple	209
7.6. Exercices	220
7.6.1. Exercice 1 : réseau informatique.	220
7.6.2. Exercice 2 : livraisons.	221
7.6.3. Solution de l'exercice 1	222
7.6.4. Solution de l'exercice 2	225
Chapitre 8. La programmation linéaire	231
8.1. Concepts de base	231
8.1.1. Formulation d'un programme linéaire.	232
8.2. Méthode de résolution graphique	232
8.2.1. Identification	233
8.2.2. Formalisation.	233
8.2.3. Résolution	238
8.3. Méthode du simplexe	240
8.3.1. Démarche	241
8.3.2. L'exemple à traiter.	241
8.3.3. Formalisation.	242
8.3.4. Passage en forme standard	242
8.3.5. Création du tableau	243
8.3.6. Détermination du pivot	244
8.3.7. Itérations	245
8.3.7.1. Itération n° 1 de notre problème.	245
8.3.7.2. Itération n° 2 de notre problème.	247
8.3.8. Interprétation	248

8.4. Dualité	248
8.4.1. Formulation duale	249
8.4.2. Passage du primal au dual, formalisation	249
8.4.3. Détermination du pivot	251
8.4.4. Itérations	252
8.4.4.1. Itération n° 1	252
8.4.4.2. Itération n° 2	252
8.4.5. Interprétation	253
8.5. Exercices	253
8.5.1. Exercice 1 : vidéo et festival	253
8.5.2. Exercice 2 : simplexe	253
8.5.3. Exercice 3 : primal et dual	254
8.5.4. Solution de l'exercice 1	254
8.5.5. Solution de l'exercice 2	257
8.5.6. Solution de l'exercice 3	258
Chapitre 9. Modélisation du trafic routier	261
9.1. Une petite approche du trafic routier	261
9.2. Echelle des modèles et des réseaux	263
9.3. Modèles et types	263
9.4. En savoir un peu plus sur les modèles	264
9.4.1. Modèles microscopiques	265
9.4.2. Modèles macroscopiques	270
9.4.2.1. Les états	272
9.4.2.2. Les ondes cinématiques	274
9.4.2.3. La dynamique de pelotons	275
9.4.3. Les familles de modèles macroscopiques	275
9.4.3.1. Le modèle LWR	276
9.4.3.2. Le modèle GSOM	276
9.4.4. La discrétisation des modèles	277
9.4.5. Les modèles mésoscopiques	278
9.4.5.1. Catégories de modèles mésoscopiques	279
9.4.5.2. Approche de quelques modèles	279
9.4.6. Les modèles hybrides	280
9.5. La modélisation urbaine	280
9.6. Les systèmes de transport intelligents	281
9.7. Pour finir	282
Chapitre 10. Les logiciels	283
10.1. Des logiciels pour la RO et la logistique	283
10.2. Les tableurs	284

10.2.1. Les logiciels existants	286
10.3. Les gestionnaires de projets	290
10.3.1. La démarche de création d'un projet.	292
10.3.2. Les différents logiciels disponibles sur le marché	292
10.4. Les simulateurs de flux.	295
10.4.1. Les logiciels généralistes	297
10.4.1.1. ExtendSim	297
10.4.1.2. FlexSim	301
10.4.2. Les simulateurs pédestres	306
10.4.2.1. Thunderhead Pathfinder	307
10.4.3. Les simulateurs de trafic.	313
10.4.3.1. TransModeler	313
10.4.3.2. PTV Vissim	315
10.4.3.3. Aimsun	318
10.4.3.4. AnyLogic	322
10.4.4. La création d'un processus de simulation.	324
Conclusion	327
Annexe 1. Table de la loi normale centrée réduite	331
Annexe 2. GeoGebra	333
Glossaire	341
Bibliographie	347
Index	355
Sommaire du volume 2.	363
Sommaire du volume 3.	365