

# Table des matières

PRÉFACE À L'ÉDITION FRANÇAISE	v
PRÉFACE	IX
<b>PARTIE 1 • INTRODUCTION</b>	
CHAPITRE 1 • RÔLE DES ALGORITHMES EN INFORMATIQUE	3
1.1 Algorithmes	3
Exercices	8
1.2 Algorithmes en tant que technologie	9
Exercices	11
PROBLÈMES	12
CHAPITRE 2 • PREMIERS PAS	13
2.1 Tri par insertion	13
Exercices	19
2.2 Analyse des algorithmes	19
Exercices	25
2.3 Conception des algorithmes	26
Exercices	34
PROBLÈMES	35
CHAPITRE 3 • CROISSANCE DES FONCTIONS	39
3.1 Notation asymptotique	40
Exercices	48
3.2 Notations standard et fonctions classiques	49
Exercices	55
PROBLÈMES	

<b>CHAPITRE 4 • DIVISER POUR RÉGNER</b>	59
4.1 Le problème du sous-tableau maximal	62
Exercices	68
4.2 Algorithme de Strassen pour la multiplication matricielle	69
Exercices	75
4.3 La méthode de substitution pour la résolution des récurrences	76
Exercices	80
4.4 La méthode de l'arbre récursif pour la résolution des récurrences	81
Exercices	85
4.5 La méthode générale pour la résolution des récurrences	86
Exercices	89
4.6 Démonstration du théorème général	89
Exercices	97
<b>PROBLÈMES</b>	98

<b>CHAPITRE 5 • ANALYSE PROBABILISTE ET ALGORITHMES RANDOMISÉS</b>	105
5.1 Le problème de l'embauche	105
Exercices	108
5.2 Variables aléatoires indicatrices	109
Exercices	112
5.3 Algorithmes randomisés	113
Exercices	118
5.4 Analyse probabiliste et autres emplois des variables aléatoires indicatrices	120
Exercices	131
<b>PROBLÈMES</b>	132

## **PARTIE 2 • TRI ET RANGS**

<b>CHAPITRE 6 • TRI PAR TAS</b>	139
6.1 Tas	140
Exercices	141
6.2 Conservation de la propriété de tas	142
Exercices	144
6.3 Construction d'un tas	144
Exercices	147
6.4 Algorithme du tri par tas	147
Exercices	148

6.5	Files de priorités	149
	Exercices	152
	PROBLÈMES	153
<b>CHAPITRE 7 • TRI RAPIDE</b>		<b>157</b>
7.1	Description du tri rapide	157
	Exercices	161
7.2	Performances du tri rapide	161
	Exercices	164
7.3	Une version randomisée du tri rapide	165
	Exercices	166
<del>7.4</del>	<del>Analyse du tri rapide</del>	<del>166</del>
	<del>Exercices</del>	<del>170</del>
	PROBLÈMES	171
<b>CHAPITRE 8 • TRI EN TEMPS LINÉAIRE</b>		<b>177</b>
8.1	Minorants pour le tri	177
	Exercices	179
8.2	Tri par dénombrement	180
	Exercices	181
8.3	Tri par base	182
	Exercices	184
8.4	Tri par paquets	185
	Exercices	188
	PROBLÈMES	189
<b>CHAPITRE 9 • MÉDIANS ET RANGS</b>		<b>197</b>
9.1	Minimum et maximum	198
	Exercices	199
9.2	Sélection en temps espéré linéaire	199
	Exercices	203
9.3	Sélection en temps linéaire dans le cas le plus défavorable	203
	Exercices	206
	PROBLÈMES	207

## PARTIE 3 • STRUCTURES DE DONNÉES

<b>CHAPITRE 10 • STRUCTURES DE DONNÉES ÉLÉMENTAIRES</b>	215
10.1 Piles et files	215
Exercices	218
10.2 Listes chaînées	219
Exercices	222
10.3 Implémentation de pointeurs et d'objets	223
Exercices	227
10.4 Représentation des arbres	227
Exercices	229
<b>PROBLÈMES</b>	230
<b>CHAPITRE 11 • TABLES DE HACHAGE</b>	235
11.1 Tables à adressage direct	236
Exercices	237
11.2 Tables de hachage	238
Exercices	242
11.3 Fonctions de hachage	243
Exercices	249
11.4 Adressage ouvert	250
Exercices	257
11.5 Hachage parfait	258
Exercices	262
<b>PROBLÈMES</b>	262
<b>CHAPITRE 12 • ARBRES BINAIRES DE RECHERCHE</b>	267
12.1 Qu'est-ce qu'un arbre binaire de recherche ?	268
Exercices	269
12.2 Requête dans un arbre binaire de recherche	270
Exercices	273
12.3 Insertion et suppression	274
Exercices	278
12.4 Arbres binaires de recherche construits aléatoirement	279
Exercices	282
<b>PROBLÈMES</b>	283

<b>CHAPITRE 13 • ARBRES ROUGE-NOIR</b>	<b>287</b>
13.1 Propriétés des arbres rouge-noir	287
Exercices	290
13.2 Rotations	291
Exercices	292
13.3 Insertion	293
Exercices	300
13.4 Suppression	301
Exercices	307
<b>PROBLÈMES</b>	<b>308</b>

<b>CHAPITRE 14 • EXTENSION DES STRUCTURES DE DONNÉES</b>	<b>315</b>
14.1 Rangs dynamiques	316
Exercices	320
14.2 Comment étendre une structure de données	321
Exercices	323
14.3 Arbres d'intervalles	324
Exercices	328
<b>PROBLÈMES</b>	<b>329</b>

## **PARTIE 4 • TECHNIQUES AVANCÉES DE CONCEPTION ET D'ANALYSE**

<b>CHAPITRE 15 • PROGRAMMATION DYNAMIQUE</b>	<b>333</b>
15.1 découpe de barres	334
Exercices	343
15.2 Multiplications matricielles enchaînées	343
Exercices	350
15.3 Éléments de programmation dynamique	351
Exercices	361
15.4 Plus longue sous-séquence commune	362
Exercices	367
15.5 Arbres binaires de recherche optimaux	368
Exercices	374
<b>PROBLÈMES</b>	<b>375</b>

CHAPITRE 16 • <b>ALGORITHMES GLOUTONS</b>	383
16.1 Un problème de choix d'activités	384
Exercices	390
16.2 Éléments de la stratégie gloutonne	391
Exercices	395
16.3 Codages de Huffman	396
Exercices	403
16.4 Matroïdes et méthodes gloutonnes	404
Exercices	409
16.5 Un problème d'ordonnement de tâches en tant que matroïde	410
Exercices	412
PROBLÈMES	412
CHAPITRE 17 • <b>ANALYSE AMORTIE</b>	417
17.1 Analyse de l'agrégat	418
Exercices	422
17.2 Méthode comptable	422
Exercices	424
17.3 Méthode du potentiel	424
Exercices	427
17.4 Tables dynamiques	428
Exercices	436
PROBLÈMES	437

## **PARTIE 5 • STRUCTURES DE DONNÉES AVANCÉES**

CHAPITRE 18 • <b>B-ARBRES</b>	447
18.1 Définition d'un B-arbre	451
Exercices	453
18.2 Opérations fondamentales sur les B-arbres	453
Exercices	460
18.3 Suppression d'une clé dans un B-arbre	461
Exercices	464
PROBLÈMES	464

<b>CHAPITRE 19 • TAS DE FIBONACCI</b>	467
19.1 Structure des tas de Fibonacci	469
19.2 Opérations sur les tas fusionnables	471
Exercices	479
19.3 Diminution d'une clé et suppression d'un nœud	479
Exercices	483
19.4 Borne du degré maximal	483
Exercices	486
<b>PROBLÈMES</b>	486
<b>CHAPITRE 20 • ARBRES DE VAN EMDE BOAS</b>	491
20.1 Approches préliminaires	492
Exercices	495
20.2 Une structure récursive	496
Exercices	503
20.3 L'arbre de van Emde Boas	504
Exercices	514
<b>PROBLÈMES</b>	514
<b>CHAPITRE 21 • STRUCTURES DE DONNÉES POUR ENSEMBLES DISJOINTS</b>	519
21.1 Opérations sur les ensembles disjoints	519
Exercices	522
21.2 Représentation d'ensembles disjoints par des listes chaînées	522
Exercices	525
21.3 Forêts d'ensembles disjoints	526
Exercices	529
21.4 Analyse de l'union par rang avec compression de chemin	530
Exercices	537
<b>PROBLÈMES</b>	538

## **PARTIE 6 • ALGORITHMES POUR LES GRAPHES**

<b>CHAPITRE 22 • ALGORITHMES ÉLÉMENTAIRES POUR LES GRAPHES</b>	545
22.1 Représentation des graphes	545
Exercices	548
22.2 Parcours en largeur	549
Exercices	556

22.3 Parcours en profondeur	557
Exercices	564
22.4 Tri topologique	566
Exercices	568
22.5 Composantes fortement connexes	568
Exercices	572
PROBLÈMES	573
CHAPITRE 23 • <b>ARBRES COUVRANTS MINIMAUX</b>	577
23.1 Construction d'un arbre couvrant minimal	578
Exercices	582
23.2 Algorithmes de Kruskal et de Prim	583
Exercices	588
PROBLÈMES	589
CHAPITRE 24 • <b>PLUS COURTS CHEMINS À ORIGINE UNIQUE</b>	595
24.1 Algorithme de Bellman-Ford	602
Exercices	605
24.2 Plus courts chemins à origine unique dans les graphes orientés sans circuit	606
Exercices	608
24.3 Algorithme de Dijkstra	609
Exercices	613
24.4 Contraintes de différence et plus courts chemins	614
Exercices	618
24.5 Démonstrations des propriétés de plus court chemin	620
Exercices	625
PROBLÈMES	626
CHAPITRE 25 • <b>PLUS COURTS CHEMINS ENTRE TOUTES PAIRES DE SOMMETS</b>	631
25.1 Plus courts chemins et multiplication de matrices	633
Exercices	637
25.2 L'algorithme de Floyd-Warshall	639
Exercices	645
25.3 Algorithme de Johnson pour les graphes peu denses	646
Exercices	650
PROBLÈMES	650



<b>CHAPITRE 26 • FLOT MAXIMUM</b>	653
26.1 Réseaux de flot	654
Exercices	657
26.2 La méthode de Ford-Fulkerson	658
Exercices	672
26.3 Couplage biparti maximum	673
Exercices	676
26.4 Algorithmes pousser-réétiqueter	677
Exercices	686
26.5 Algorithme réétiqueter-vers-l'avant	688
Exercices	698
<b>PROBLÈMES</b>	698

## **PARTIE 7 • MORCEAUX CHOISIS**

<b>CHAPITRE 27 • ALGORITHMES MULTITHREAD</b>	709
27.1 Fondements du multithread dynamique	711
Exercices	726
27.2 Multiplication matricielle multithread	727
Exercices	731
27.3 Tri par fusion multithread	732
Exercices	738
<b>PROBLÈMES</b>	739
<b>CHAPITRE 28 • CALCUL MATRICIEL</b>	747
28.1 Résolution de systèmes d'équations linéaires	747
Exercices	760
28.2 Inversion des matrices	760
Exercices	764
28.3 Matrices symétriques définies positives et approximation par la méthode des moindres carrés	765
Exercices	770
<b>PROBLÈMES</b>	771

<b>CHAPITRE 29 • PROGRAMMATION LINÉAIRE</b>	775
29.1 Forme standard et forme canonique	782
Exercices	788

29.2	Formulation de problèmes comme programmes linéaires	789
	Exercices	794
29.3	Algorithme du simplexe	795
	Exercices	807
29.4	Dualité	808
	Exercices	814
29.5	La solution réalisable de base initiale	814
	Exercices	820
	PROBLÈMES	822
<b>CHAPITRE 30 • POLYNÔMES ET TRANSFORMÉE DE FOURIER RAPIDE</b>		827
30.1	Représentation des polynômes	829
	Exercices	834
30.2	Transformée discrète de Fourier et transformée rapide de Fourier	835
	Exercices	842
30.3	Implémentations efficaces de la transformée rapide de Fourier	842
	Exercices	847
	PROBLÈMES	847
<b>CHAPITRE 31 • ALGORITHMES DE LA THÉORIE DES NOMBRES</b>		853
31.1	Notions élémentaires de la théorie des nombres	854
	Exercices	858
31.2	Plus grand commun diviseur	860
	Exercices	864
31.3	Arithmétique modulaire	865
	Exercices	870
31.4	Résolution d'équations linéaires modulaires	871
	Exercices	874
31.5	Théorème du reste chinois	875
	Exercices	877
31.6	Puissances d'un élément	878
	Exercices	881
31.7	Le cryptosystème à clés publiques RSA	881
	Exercices	887
31.8	Test de primalité	888
	Exercices	896
31.9	Factorisation des entiers	897
	Exercices	901

PROBLÈMES	902
<b>CHAPITRE 32 • RECHERCHE DE CHÂÎNES DE CARACTÈRES</b>	905
32.1 Algorithme naïf de recherche de chaîne de caractères	908
Exercices	909
32.2 Algorithme de Rabin-Karp	910
Exercices	914
32.3 Recherche de chaîne de caractères au moyen d'automates finis	915
Exercices	921
32.4 Algorithme de Knuth-Morris-Pratt	921
Exercices	929
PROBLÈMES	930
<b>CHAPITRE 33 • GÉOMÉTRIE ALGORITHMIQUE</b>	933
33.1 Propriétés des segments de droite	934
Exercices	938
33.2 Déterminer si deux segments donnés se coupent	940
Exercices	945
33.3 Recherche de l'enveloppe convexe	946
Exercices	955
33.4 Recherche des deux points les plus rapprochés	956
Exercices	959
PROBLÈMES	960
<b>CHAPITRE 34 • NP-COMPLÉTUDE</b>	965
34.1 Temps polynomial	970
Exercices	977
34.2 Vérification en temps polynomial	977
Exercices	980
34.3 NP-complétude et réductibilité	982
Exercices	991
34.4 Preuves de NP-complétude	992
Exercices	998
34.5 Problèmes NP-complets	999
Exercices	1012
PROBLÈMES	1013

<b>CHAPITRE 35 • ALGORITHMES D'APPROXIMATION</b>	1017
35.1 Problème de la couverture de sommets	1019
Exercices	1022
35.2 Problème du voyageur de commerce	1022
Exercices	1027
35.3 Problème de la couverture d'ensemble	1027
Exercices	1032
35.4 Randomisation et programmation linéaire	1032
Exercices	1036
35.5 Problème de la somme de sous-ensemble	1037
Exercices	1042
<b>PROBLÈMES</b>	1042

## **ANNEXES • ÉLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES**

<b>ANNEXE A • SOMMES</b>	1051
A.1 Formules et propriétés des sommes	1051
Exercices	1055
A.2 Bornes des sommes	1055
Exercices	1061
<b>PROBLÈMES</b>	1061
<b>ANNEXE B • ENSEMBLES, ETC.</b>	1063
B.1 Ensembles	1063
Exercices	1067
B.2 Relations	1067
Exercices	1069
B.3 Fonctions	1070
Exercices	1071
B.4 Graphes	1072
Exercices	1076
B.5 Arbres	1076
Exercices	1081
<b>PROBLÈMES</b>	1082

<b>ANNEXE C • DÉNOMBREMENT ET PROBABILITÉS</b>	1085
C.1 Dénombrement	1085
Exercices	1089
C.2 Probabilités	1091
Exercices	1096
C.3 Variables aléatoires discrètes	1097
Exercices	1100
C.4 Distributions géométrique et binomiale	1102
Exercices	1106
C.5 Queues de la distribution binomiale	1107
Exercices	1113
<b>PROBLÈMES</b>	1114
<b>ANNEXE D • MATRICES</b>	1115
D.1 Matrices et opérations matricielles	1115
Exercices	1120
D.2 Propriétés fondamentales des matrices	1120
Exercices	1123
<b>PROBLÈMES</b>	1124
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	1127