



SCIENCES SUP

Cours et exercices

2^e cycle • Écoles d'ingénieurs

INTRODUCTION À L'ALGORITHMIQUE

2^e édition

*Thomas H. Cormen
Charles E. Leiserson
Ronald L. Rivest
Clifford Stein*

DUNOD

2-005-578-1

2-005-578-1

INTRODUCTION À L'ALGORITHMIQUE

Cours et exercices



Thomas Cormen

Professeur associé d'informatique au Dartmouth College

Charles Lieserson

Professeur d'informatique au MIT

Ronald Rivest

Professeur d'informatique au MIT

Clifford Stein

Professeur associé de génie industriel à l'université de Columbia

Préface de
Philippe Chrétienne, Claire Hanen, Alix Munier, Christophe Picoulet

1^{ère} édition traduite de l'américain par *Xavier Cazin*

Compléments et mises à jour de la 2^e édition traduits par *Georges-Louis Kocher*

2^e édition

DUNOD



Table des matières

PRÉFACE À L'ÉDITION FRANÇAISE	XVII
PRÉFACE	XXI
PARTIE 1 • INTRODUCTION	
CHAPITRE 1 • RÔLE DES ALGORITHMES EN INFORMATIQUE	3
1.1 Algorithmes	3
Exercices	8
1.2 Algorithmes en tant que technologie	8
Exercices	11
PROBLÈMES	11
CHAPITRE 2 • PREMIERS PAS	13
2.1 Tri par insertion	13
Exercices	18
2.2 Analyse des algorithmes	19
Exercices	25
2.3 Conception des algorithmes	25
Exercices	34
PROBLÈMES	35
CHAPITRE 3 • CROISSANCE DES FONCTIONS	39
3.1 Notation asymptotique	40
Exercices	48
3.2 Notations standard et fonctions classiques	48
Exercices	54
PROBLÈMES	55

CHAPITRE 4 • RÉCURRENCES	59
4.1 Méthode de substitution	60
Exercices	64
4.2 Méthode de l'arbre récursif	64
Exercices	68
4.3 Méthode générale	69
Exercices	71
4.4 Démonstration du théorème général	72
Exercices	80
PROBLÈMES	80
CHAPITRE 5 • ANALYSE PROBABILISTE ET ALGORITHMES RANDOMISÉS	87
5.1 Le problème de l'embauche	87
Exercices	90
5.2 Variables indicatrices	91
Exercices	94
5.3 Algorithmes randomisés	95
Exercices	100
5.4 Analyse probabiliste et autres emplois des variables indicatrices	101
Exercices	112
PROBLÈMES	113
PARTIE 2 • TRI ET RANGS	
CHAPITRE 6 • TRI PAR TAS	121
6.1 Tas	121
Exercices	123
6.2 Conservation de la structure de tas	124
Exercices	125
6.3 Construction d'un tas	126
Exercices	128
6.4 Algorithme du tri par tas	129
Exercices	129
6.5 Files de priorité	131
Exercices	134
PROBLÈMES	135

CHAPITRE 7 • TRI RAPIDE	139
7.1 Description du tri rapide	139
Exercices	142
7.2 Performances du tri rapide	143
Exercices	146
7.3 Versions randomisées du tri rapide	147
Exercices	148
7.4 Analyse du tri rapide	148
Exercices	152
PROBLÈMES	153
CHAPITRE 8 • TRI EN TEMPS LINÉAIRE	159
8.1 Minorants pour le tri	159
Exercices	161
8.2 Tri par dénombrement	162
Exercices	164
8.3 Tri par base	164
Exercices	167
8.4 Tri par paquets	167
Exercices	171
PROBLÈMES	171
CHAPITRE 9 • MÉDIANS ET RANGS	177
9.1 Minimum et maximum	178
Exercices	179
9.2 Sélection en temps moyen linéaire	179
Exercices	183
9.3 Sélection en temps linéaire dans le cas le plus défavorable	183
Exercices	186
PROBLÈMES	187
PARTIE 3 • STRUCTURES DE DONNÉES	
CHAPITRE 10 • STRUCTURES DE DONNÉES ÉLÉMENTAIRES	195
10.1 Piles et files	195
Exercices	197

10.2 Listes chaînées	199
Exercices	203
10.3 Implémentation des pointeurs et des objets	203
Exercices	207
10.4 Représentation des arborescences	208
Exercices	209
PROBLÈMES	211
CHAPITRE 11 • TABLES DE HACHAGE	215
11.1 Tables à adressage direct	216
Exercices	217
11.2 Tables de hachage	218
Exercices	222
11.3 Fonctions de hachage	223
Exercices	230
11.4 Adressage ouvert	231
Exercices	238
11.5 Hachage parfait	238
Exercices	242
PROBLÈMES	243
CHAPITRE 12 • ARBRES BINAIRES DE RECHERCHE	247
12.1 Qu'est-ce qu'un arbre binaire de recherche ?	248
Exercices	249
12.2 Requête dans un arbre binaire de recherche	250
Exercices	253
12.3 Insertion et suppression	254
Exercices	257
12.4 Arbres binaires de recherche construits aléatoirement	258
Exercices	261
PROBLÈMES	262
CHAPITRE 13 • ARBRES ROUGE-NOIR	267
13.1 Propriétés des arbres rouge-noir	267
Exercices	270
13.2 Rotation	271
Exercices	272

13.3 Insertion	273
Exercices	280
13.4 Suppression	281
Exercices	286
PROBLÈMES	287
CHAPITRE 14 • EXTENSION D'UNE STRUCTURE DE DONNÉES	295
14.1 Rangs dynamiques	296
Exercices	300
14.2 Comment étendre une structure de données	301
Exercices	303
14.3 Arbres d'intervalles	304
Exercices	309
PROBLÈMES	310
PARTIE 4 • TECHNIQUES AVANCÉES DE CONCEPTION ET D'ANALYSE	
CHAPITRE 15 • PROGRAMMATION DYNAMIQUE	315
15.1 Ordonnancement de chaînes de montage	316
Exercices	322
15.2 Multiplications matricielles enchaînées	323
Exercices	330
15.3 Éléments de la programmation dynamique	330
Exercices	341
15.4 Plus longue sous-séquence commune	341
Exercices	347
15.5 Arbres binaires de recherche optimaux	347
Exercices	354
PROBLÈMES	354
CHAPITRE 16 • ALGORITHMES GLOUTONS	361
16.1 Un problème de choix d'activités	362
Exercices	370
16.2 Éléments de la stratégie gloutonne	370
Exercices	375
16.3 Codages de Huffman	376
Exercices	382

16.4 Fondements théoriques des méthodes gloutonnes	383
Exercices	388
16.5 Un problème d'ordonnancement de tâches	389
Exercices	392
PROBLÈMES	392
CHAPITRE 17 • ANALYSE AMORTIE	395
17.1 Méthode de l'agrégat	396
Exercices	400
17.2 Méthode comptable	400
Exercices	402
17.3 Méthode du potentiel	402
Exercices	405
17.4 Tables dynamiques	406
Exercices	414
PROBLÈMES	415
PARTIE 5 • STRUCTURES DE DONNÉES AVANCÉES	
CHAPITRE 18 • B-ARBRES	425
18.1 Définition d'un B-arbre	429
Exercices	431
18.2 Opérations fondamentales sur les B-arbres	432
Exercices	437
18.3 Suppression d'une clé dans un B-arbre	439
Exercices	442
PROBLÈMES	442
CHAPITRE 19 • TAS BINOMIAUX	445
19.1 Arbres binomiaux et tas binomiaux	447
Exercices	450
19.2 Opérations sur les tas binomiaux	451
Exercices	461
PROBLÈMES	462

CHAPITRE 32 • RECHERCHE DE CHAÎNES DE CARACTÈRES	875
32.1 Algorithme naïf de recherche de chaîne de caractères	878
Exercices	879
32.2 Algorithme de Rabin-Karp	880
Exercices	884
32.3 Recherche de chaîne de caractères au moyen d'automates finis	885
Exercices	891
32.4 Algorithme de Knuth-Morris-Pratt	891
Exercices	898
PROBLÈMES	899
CHAPITRE 33 • GÉOMÉTRIE ALGORITHMIQUE	901
33.1 Propriétés des segments de droite	902
Exercices	907
33.2 Déterminer si deux segments donnés se coupent	908
Exercices	914
33.3 Recherche de l'enveloppe convexe	915
Exercices	924
33.4 Recherche des deux points les plus rapprochés	925
Exercices	929
PROBLÈMES	930
CHAPITRE 34 • NP-COMPLÉTUDE	933
34.1 Temps polynomial	939
Exercices	945
34.2 Vérification en temps polynomial	946
Exercices	950
34.3 NP-complétude et réductibilité	951
Exercices	960
34.4 Preuves de NP-complétude	961
Exercices	968
34.5 Problèmes NP-complets	969
Exercices	982
PROBLÈMES	983

CHAPITRE 35 • ALGORITHMES D'APPROXIMATION	987
35.1 Problème de la couverture de sommets	989
Exercices	992
35.2 Problème du voyageur de commerce	992
Exercices	997
35.3 Problème de la couverture d'ensemble	997
Exercices	1002
35.4 Randomisation et programmation linéaire	1002
Exercices	1007
35.5 Problème de la somme de sous-ensemble	1007
Exercices	1012
PROBLÈMES	1013
PARTIE 8 • ANNEXES : ÉLÉMENTS DE MATHÉMATIQUES	
ANNEXE A • SOMMATIONS	1021
A.1 Formules et propriétés des sommations	1022
Exercices	1025
A.2 Bornes des sommations	1025
Exercices	1031
PROBLÈMES	1031
ANNEXE B • ENSEMBLES, ETC.	1033
B.1 Ensembles	1033
Exercices	1037
B.2 Relations	1038
Exercices	1040
B.3 Fonctions	1040
Exercices	1042
B.4 Graphes	1043
Exercices	1046
B.5 Arbres	1047
Exercices	1053
PROBLÈMES	1054

ANNEXE C • DÉNOMBREMENT ET PROBABILITÉS	1057
C.1 Dénombrement	1057
Exercices	1061
C.2 Probabilités	1063
Exercices	1068
C.3 Variables aléatoires discrètes	1069
Exercices	1073
C.4 Distributions géométrique et binomiale	1074
Exercices	1078
C.5 Queues de la distribution binomiale	1079
Exercices	1084
PROBLÈMES	1085
BIBLIOGRAPHIE	1087
INDEX	1109