
Arbres de défaillances

2^e édition revue et augmentée

Nikolaos Limnios

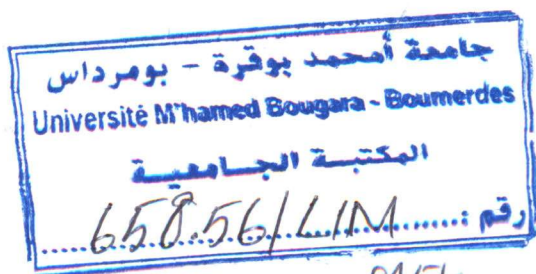
 **hermes**

Lavoisier



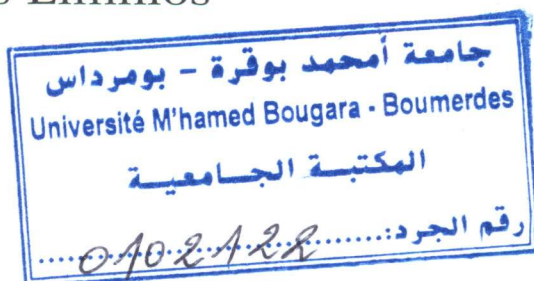
Arbres de défaillances

2^e édition revue et augmentée



0144

Nikolaos Limnios



hermes
Science
— publications —

Table des matières

Avant-propos	11
Introduction	13
Chapitre 1. Systèmes à composant unique	19
1.1. Distribution de défaillance et fiabilité	19
1.1.1. Fonction de répartition et densité de défaillance	19
1.1.2. Fonction de survie. Fiabilité	20
1.1.3. Taux de hasard	21
1.1.4. Maintenabilité	21
1.1.5. Temps moyens	22
1.1.6. Temps moyen de survie résiduelle	23
1.1.7. Relations fondamentales	23
1.1.8. Quelques lois des probabilités	24
1.2. Disponibilité des systèmes réparables	27
1.2.1. Disponibilité instantanée	27
1.2.2. Disponibilité limite	28
1.2.3. Disponibilité moyenne	28
1.2.4. Disponibilité moyenne limite	29
1.3. Fiabilité en temps discret	29
1.3.1. Lois discrètes	30
1.3.2. Fiabilité	30
1.4. Fiabilité et maintenance	31
1.4.1. Test périodique. Temps de réparation négligeable	31
1.4.2. Test périodique. Temps de réparation non négligeable	32
1.4.3. Durée moyenne d'une panne cachée	32
1.5. Données de fiabilité	33

Chapitre 2. Systèmes multicomposants	35
2.1. Fonction de structure	35
2.2. Modules et décomposition modulaire	38
2.3. Systèmes à structure élémentaire	39
2.3.1. Système série	39
2.3.2. Système parallèle	40
2.3.3. Système k-sur-n	40
2.3.4. Système parallèle-série	41
2.3.5. Système série-parallèle	41
2.4. Systèmes à structure complexe	42
2.5. Etude probabiliste des systèmes	43
2.5.1. Introduction	43
2.5.2. Développement de Poincaré	44
2.5.3. Produits disjoints	46
2.5.4. Factorisation	47
2.5.5. Bornes de fiabilité	48
Chapitre 3. Construction des arbres de défaillances	51
3.1. Notions de base et définitions	51
3.1.1. Symboles graphiques	54
3.1.2. Utilisation des opérateurs	55
3.2. Graphes et définition formelle	58
3.3. Etapes de construction	59
3.3.1. Analyse préliminaire	60
3.3.2. Spécifications	61
3.3.3. Construction	61
3.4. Exemple de construction	62
3.5. Construction automatique	65
Chapitre 4. Ensembles minimaux	69
4.1. Introduction	69
4.2. Méthodes de recherche	70
4.2.1. Méthodes directes	70
4.2.2. Méthodes descendantes	73
4.2.3. Méthodes ascendantes	75
4.3. Réduction	76
4.4. Autres algorithmes de recherche des coupes	77
4.5. Inversion des ensembles minimaux	78
4.6. Complexité de la recherche des coupes minimales	80
Chapitre 5. Evaluation probabiliste	81
5.1. Le problème d'évaluation	81

5.2. Méthodes directes	82
5.2.1. Opérateur ET	83
5.2.2. Opérateur OU	83
5.2.3. Opérateur OU-exclusif	84
5.2.4. Opérateur k-sur-n	85
5.2.5. Opérateur ET-prioritaire	85
5.2.6. Opérateur SI	85
5.3. Méthodes des ensembles minimaux	86
5.3.1. Développement de Poincaré	86
5.3.2. Produits disjoints	87
5.3.3. Méthode Kitt	88
5.4. Méthode de factorisation	90
5.5. Méthodes récursives directes	92
5.5.1. Méthode d'inclusion-exclusion récursive	92
5.5.2. Méthode des produits disjoints récursive	93
5.6. Autres méthodes de calcul des arbres de défaillances	94
5.7. Grands arbres de défaillances	95
5.7.1. Méthode de Modarres et Dezfuli [MOD 84]	95
5.7.2. Méthode de Hughes [HUG 87]	96
5.7.3. Méthode de Schneeweiss [SCH 87]	97
5.7.4. Méthode de Brown [BRO 90]	97
Chapitre 6. Etude d'influence	99
6.1. Incertitude	99
6.1.1. Introduction	99
6.1.2. Méthodes d'évaluation de l'incertitude	100
6.1.3. Evaluation des moments	101
6.2. Importance	105
6.2.1. Introduction	105
6.2.2. Facteurs d'importance structurelle	107
6.2.3. Facteurs d'importance probabiliste	108
6.2.4. Facteurs d'importance sur l'incertitude	111
Chapitre 7. Modules - phases - modes communs	113
7.1. Introduction	113
7.2. Décomposition modulaire d'un AdD	113
7.2.1. Module et meilleure représentation modulaire	113
7.2.2. Modularisation d'un arbre de défaillance	116
7.3. Arbres de défaillances multiphases	118
7.3.1. Exemple	119
7.3.2. Transformation d'un système multiphase	120
7.3.3. Méthode d'élimination des coupes minimales	120
7.4. Modes communs de défaillance	121

Chapitre 8. Extensions : arbres de défaillances non cohérents - à délai - multiperformants	125
8.1. Arbres de défaillances non cohérents	125
8.1.1. Introduction	125
8.1.2. Un exemple d'AdD non cohérent	128
8.1.3. Implicants et impliqués premiers	129
8.1.4. Etude probabiliste	131
8.2. Arbres de défaillances à délais	131
8.2.1. Introduction	131
8.2.2. Traitement	132
8.3. AdD et systèmes multiperformants	133
8.3.1. Systèmes multiperformants	133
8.3.2. Fonction de structure	135
8.3.3. Description stochastique et fonction de fiabilité	137
8.3.4. Arbres de défaillances avec restrictions	138
8.3.5. Arbres de défaillances multiperformants	140
Chapitre 9. Diagrammes de décision binaires	145
9.1. Introduction	145
9.2. Réduction de l'arbre de Shannon	145
9.2.1. Représentation graphique d'un DDB	145
9.2.2. DDB formel	147
9.2.3. Calcul probabiliste	149
9.3. Evaluation probabiliste des AdD à l'aide de DDB	150
9.4. Recherche des implicants premiers	153
9.5. Complexité algorithmique	155
Chapitre 10. Simulation stochastique des arbres de défaillances	157
10.1. Introduction	157
10.2. Génération des variables aléatoires	157
10.2.1. Génération d'une variable uniforme	157
10.2.2. Génération de variables discrètes	159
10.2.3. Génération de variables réelles	160
10.3. Mise en oeuvre et évaluation de la méthode	161
10.3.1. La méthode de Monte Carlo	161
10.3.2. Estimation de la probabilité de l'événement-sommet	162
10.3.3. Précision de l'estimation	163
10.3.4. Accélération de la convergence	166
10.3.5. Événements rares	167
Exercices	169

Anne

A

B

C

Notat

Bibli

Index

Annexes	179
A. Algorithmes de traitement des AdD basés sur les DDB	181
A.1. Introduction	181
A.2. Obtention du DDB	182
A.3. Algorithme d'évaluation probabiliste	184
A.4. Facteurs d'importance	185
A.5. Implicants premiers	186
B. Arbres de défaillances de la benchmark européenne	189
B.1. Description des données	189
B.2. Arbre de défaillance : Europe-1	190
B.2.1. Structure de l'AdD (Données logiques)	190
B.2.2. Données probabilistes	191
B.2.3. Résultats	191
B.3. Arbre de défaillance : Europe-2	192
B.3.1. Structure de l'AdD	192
B.3.2. Données probabilistes	193
B.3.3. Résultats	193
B.4. Arbre de défaillance : Europe-3	194
B.4.1. Structure de l'AdD	194
B.4.2. Données probabilistes	196
B.4.3. Résultats	196
C. Quelques résultats de probabilités	197
Notations principales	201
Bibliographie	205
Index	219

Les arbres de défaillances constituent une technique majeure en sûreté de fonctionnement. Ils sont utilisés en tant qu'outil principal dans la plupart des études de sécurité des systèmes ainsi que dans les études de fiabilité et de disponibilité.

L'auteur présente tout d'abord la méthode de base de mise en œuvre des arbres de défaillances, la construction, l'analyse algébrique, l'évaluation probabiliste et l'étude d'influence. Sont ensuite présentées les différentes extensions concernant les arbres de défaillances non cohérents, à délais, multiperformants, etc. Les algorithmes classiques permettant le traitement des arbres de défaillances ainsi que les algorithmes plus récents récursifs et les techniques de troncature des ensembles minimaux qui permettent le traitement de grands arbres sont clairement développés.

Cette seconde édition présente les algorithmes récents de traitement des arbres de défaillances basés sur les Diagrammes de Décision Binaires (DDB). Ces algorithmes sont de loin les plus rapides.

L'auteur

Nikolaos Limnios est professeur à l'université de technologie de Compiègne. Sa principale activité de recherche et d'enseignement concerne la fiabilité et la sûreté de fonctionnement, les probabilités appliquées et l'inférence statistique. Il est aussi coauteur de plusieurs ouvrages en fiabilité, probabilité et statistique.

hermes
Science
publications

www.hermes-science.com

ISBN 2-7462-1067-3

