

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

SÉCURITÉ

Fiabilité et optimisation des systèmes

Théorie et applications
Cours et exercices corrigés

Abdelkhalak EL HAMI

Bouchaïb RADI

ANNALES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE LA UNIVERSITÉ ALGER 1
SÉRIE A - MATHÉMATIQUES
TOME 1 - 1998

ellipses

TECHNOSUP

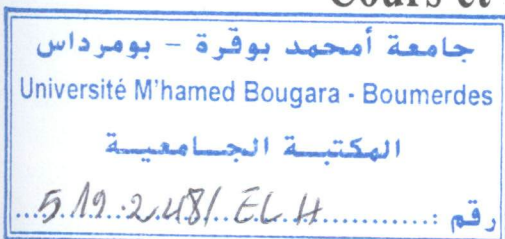
Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS



SÉCURITÉ

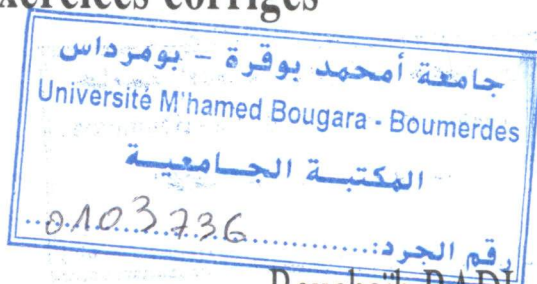
Fiabilité et optimisation des systèmes

Théorie et applications
Cours et exercices corrigés



Abdelkhalak EL HAMI

Professeur des universités
INSA de Rouen



Bouchaïb RADI

Professeur Habilité
FST Settat (Maroc)



Table des matières

Avant-propos	i
Table des matières	iii
1 Introduction à la sûreté de fonctionnement	1
1.1 Introduction	1
1.2 Concepts généraux	1
1.3 Taux de défaillance et de réparation	4
1.4 Estimateurs moyens	7
1.5 Quelques outils méthodologiques	9
1.5.1 Méthode AMDEC	9
1.5.2 Arbres de défaillances	9
1.6 Exercices résolus	10
2 Distributions de probabilité les plus utilisées en fiabilité	17
2.1 Variables aléatoires discrètes	17
2.2 Variables aléatoires continues	19
2.3 Combinaison de variables aléatoires continues et discrètes: Distributions Hypergéométrique et Hyperbinomiale	28
2.4 Distribution des valeurs extrêmes	29
2.4.1 Distributions asymptotiques	30
2.4.2 Distribution de type I	31
2.4.3 Distribution de type II	31
2.4.4 Distribution de type III	32
2.5 Exercices résolus	33
3 Identification des lois de fiabilité	43
3.1 Introduction	43
3.2 Transformation d'une famille de fonctions à deux paramètres en une famille de droites	43
3.3 Échelle fonctionnelle et papiers fonctionnels	44
3.4 Papier fonctionnel de Weibull	45
3.5 Ajustement graphique d'une distribution observée à une distribution de Pareto	48
3.6 Tests statistiques	48
3.6.1 Test χ^2	48
3.6.2 Test de Kolmogorov-Smirnov	49
3.7 Estimation des paramètres d'une distribution	49
3.8 Estimation d'un intervalle de la moyenne et de la variance	51
3.9 Exercices résolus	52

4 Diagrammes et réseaux de fiabilité	67
4.1 Diagramme de fiabilité	67
4.2 Arbre de défaillances	70
4.3 Réseaux de fiabilité	71
4.4 Exercices résolus	74
5 Fiabilité des systèmes mécaniques	89
5.1 Introduction	89
5.2 Position d'un problème de fiabilité des structures	90
5.3 Modélisation d'un problème de fiabilité des structures	90
5.4 Calcul de la probabilité de défaillance d'une structure	91
5.5 Indice de fiabilité	93
5.5.1 Indice de Rjanitzyne-Cornell	93
5.5.2 Indice de Hasofer et Lind	94
5.5.3 Méthode FORM	95
5.5.4 Méthode SORM	97
5.6 Présentation du problème Résistance-Sollicitation	98
5.7 Fiabilité des systèmes en mécanique	100
5.8 Méthode des éléments finis et fiabilité des structures	102
5.8.1 Position et objectifs du problème	102
5.8.2 Discrétisation et modélisation des champs aléatoires	103
5.8.3 Couplage mécano-fiabiliste	103
5.8.4 Couplage par surfaces de réponse	104
5.9 Méthodes des éléments finis stochastiques	105
5.10 Exercices résolus	108
6 Les essais de fiabilité en mécanique	127
6.1 Introduction	127
6.2 Les différentes phase des essais de fiabilité	128
6.3 Principaux types d'essais de fiabilité	129
6.3.1 Les essais aggravés	129
6.3.2 Les essais d'estimation de la fiabilité	130
6.3.3 Les essais de déverminage	132
6.4 Méthode d'estimation de la fiabilité par les essais	132
6.5 Estimation des lois de fiabilité par les essais accélérés	133
6.6 Modèles et lois d'accélération	133
6.7 Exercices résolus	138
7 Introduction à l'optimisation des structures	141
7.1 Introduction	141
7.2 Optimisation de forme	142
7.3 Optimisation topologique	142
7.3.1 Présentation des méthodes d'optimisation topologique	144
7.4 Optimisation stochastique	146
7.4.1 Les modèles de décision dans l'incertain	147
7.4.2 Résolution numérique	148
7.5 Optimisation robuste	149
7.5.1 Modélisation des incertitudes	150
7.5.2 Prise en compte de la robustesse dans la recherche d'un optimum	151
7.5.3 Critères de robustesse	152
7.6 Démarche systématique en optimisation des structures	152

7.7	Exercices résolus	155
8	Optimisation multi-objectif	163
8.1	Introduction	163
8.1.1	Choix d'une méthode d'optimisation	164
8.1.2	Classification des méthodes d'optimisation	164
8.1.3	Algorithmes génétiques multi-objectif	165
8.2	Optimisation multi-objectif robuste	167
8.2.1	Critères de robustesse en optimisation multi-objectif	167
8.3	Méthode d'intersection normale à la frontière	167
8.3.1	Description de la méthode NBI	169
8.4	Exercices résolus	172
9	Introduction aux méthodes d'optimisation fiabiliste	181
9.1	Introduction	181
9.2	Présentation de l'optimisation fiabiliste	181
9.3	Les méthodes d'optimisation fiabiliste	182
9.4	Approche RIA (Reliability Indicator Approach)	183
9.5	Approche SLA (Single Loop Approach)	183
9.6	Approche SORA (Sequential Optimization and Reliability Assessment)	186
9.7	Exercices résolus	186
10	Approche des facteurs optimaux de sûreté	205
10.1	Introduction	205
10.2	Méthode classique	205
10.3	Méthode hybride	206
10.4	Méthode des facteurs optimaux de sûreté (OSF)	208
10.5	Extension de la méthode OSF à des scénarios de défaillance multiples	211
10.6	Exercices résolus	215
	Notion de probabilité	223
A	Introduction	223
B	Événements et probabilités	223
C	Probabilités conditionnelles et composées	224
D	Indépendance en probabilité	225
E	Événements incompatibles	225
F	Variables aléatoires discrètes	225
G	Les lois de probabilités discrètes les plus courantes	227
H	Variables aléatoires continues	227
I	Les lois de probabilités continues les plus courantes	228
	Notion de statistiques	229
J	Introduction	229
K	Vocabulaire	229
L	Tableaux de données	229
L.1	Distance du chi-deux	230
M	Représentations graphiques	230
N	Paramètres d'une série simple	232
O	Représentations et paramètres d'une série double et régression linéaire	233
P	Estimations	235
P.1	Estimation d'une moyenne par intervalle de confiance	235

La collection TECHNOSUP dirigée par Claude Chêze est une sélection d'ouvrages dans toutes les disciplines, pour les filières technologiques des enseignements supérieurs.

Niveau A Approche (éléments, résumés ou travaux dirigés)
Niveau B Bases (cours avec exercices et problèmes résolus)
Niveau C Compléments (approfondissement, spécialisation)

IUT - BTS - 1^{er} cycle
IUP - Licence
Écoles d'ingénieurs, Master

L'ouvrage : niveau C (Master - Écoles d'ingénieurs - Recherche)

Guide pour la fiabilité et l'optimisation des systèmes, l'ouvrage intègre les idées les plus récentes issues de la recherche et de l'industrie.

Il est composé de deux parties. La première partie fait le point sur les outils de fiabilité des systèmes et des composants en développant les diverses méthodes, diagrammes-réseaux et essais. La deuxième partie est dédiée à l'optimisation (de dimensionnement, de forme, de topologie et multi-objectifs) des systèmes et au couplage optimisation-fiabilité afin de prendre en compte les incertitudes dans la modélisation et la résolution des problèmes rencontrés.

Chaque chapitre débute par un développement thématique clair et progressif, complété par des exemples illustratifs et des exercices entièrement résolus de difficulté graduée. Certains exercices et problèmes sont accompagnés de leurs scripts codés avec l'outil Matlab, réellement exploitables. Le livre se termine par des annexes et des tables statistiques.

L'ouvrage s'adresse aux étudiants et élèves ingénieurs et il constitue un support précieux pour les ingénieurs en activité et pour les enseignants.

Les auteurs :

Abdelkhalak El HAMI, Professeur des universités à l'INSA de Rouen, est responsable de la chaire de mécanique du Conservatoire National des Arts et Métiers en Normandie et de plusieurs projets pédagogiques européens. Il est l'auteur ou co-auteur de six ouvrages, dont deux dans la présente collection.

Bouchaïb RADI, Professeur habilité à la faculté des sciences et techniques Settat de l'université Hassan Premier (Maroc), est l'auteur ou co-auteur de deux ouvrages chez Afrique Orient et deux ouvrages dans la présente collection.

Illustration de couverture : Dessin de Léonard de Vinci.

