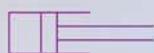


Patrick Lyonnet

Fiabilité technique et humaine



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Fiabilité technique et humaine

Patrick Lyonnet

Professeur des universités à l'École nationale d'ingénieurs
de Saint-Étienne (ENISE)



www.editions.lavoisier.fr

Chez le même éditeur

Fiabilité, diagnostic et maintenance prédictive des systèmes
P. Lyonnet, M. Thomas, R. Rosario, 2012

Supervision, surveillance et sûreté de fonctionnement des grands systèmes
Traité Systèmes Automatisés, IC2
N. Matta, Y. Vandenboomgaerde, J. Arlat, 2012

Fiabilité et maintenance des matériels industriels réparables et non réparables
(Collection Sciences du risque et du danger, série Références)
H. Procaccia, É. Ferton, M. Procaccia, 2011

Sûreté de fonctionnement des équipements et calculs de fiabilité
G. Lasnier, 2011

Fiabilité des ouvrages : sûreté, variabilité, maintenance, sécurité
(MIM, série Géomatériaux)
J. Baroth, F. Schoefs, D. Breysse, 2011

La simulation de Monte Carlo
(Collection méthodes stochastiques appliquées)
B. Tuffin, 2010

Les fondements des approches fréquentielle et bayésienne. Applications à la maîtrise du risque industriel
(Collection Sciences du risque et du danger, série Références)
H. Procaccia, 2008

Évaluation de la fiabilité prévisionnelle : Outil décisionnel pour la conception et le cycle de vie d'un bien industriel
A. Lannoy, H. Procaccia, 2006

Évaluation et maîtrise du vieillissement industriel
(Collection EDF R&D)
A. Lannoy, H. Procaccia, 2005

Direction éditoriale : Emmanuel Leclerc

Édition : Chantal Arpino

Fabrication : Estelle Perez

Couverture : Isabelle Godenèche

Mise en pages : Atelier SMB

© 2012, Lavoisier, Paris

ISBN : 978-2-7430-1467-4

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins – 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, d'autre part les analyses et courtes citations justifiées dans le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L. 122-4 et L. 122-5 et Code pénal art. 425).

T able des matières

Notations utilisées	XI
Avant-propos	XIII

Chapitre 1

Introduction à l'ingénierie de la fiabilité

1. Historique de la fiabilité	1
2. Les études de fiabilité dans le processus industriel	2
3. Les grandeurs de bases en fiabilité	7
4. Quelques définitions	7
5. Évaluation des performances	8
5.1. Terminologie d'après la norme NF EN 13306	8
5.2. Terminologie Termes utilisés donnés dans la Norme X60-500 relatif à la Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité	10
5.3. Diagramme des temps de maintenance (EN 13306-2001)	11
5.4. Diagramme des temps de maintenance	12
5.5. Maintenance.	12
6. Bilan carbone des produits et fiabilité	13
7. Concepts développés dans l'ouvrage.	14
Exercices du chapitre 1.	15

Chapitre 2

Taux de défaillances, courbe en baignoire, relations de bases

1. Courbe en baignoire	17
1.1. Détermination empirique de la courbe en baignoire	19
2. Définition mathématique du taux de défaillances et des fonctions de fiabilité	20
2.1. Relations entre les fonctions de base de la fiabilité	21
2.2. Espérance mathématique	21
3. Composants électroniques et taux de défaillances constant.	22
3.1. Expression du taux de défaillances en électronique	23
3.2. Modèle « FIDES général »	23
3.3. Modèle mathématique de l'« UTE C 80-810 » pour un transistor de faible puissance	23

4. Composants mécaniques et taux de défaillances croissant	23
4.1. Modèle pour des composants mécaniques classiques.	25
5. Composants informatiques	30
5.1. Taux de défaillances proportionnel. Modèle de « Cox ».	31
5.2. Modèle multiplicatif	31
5.3. Taux de défaillances proportionnel pour les logiciels	33
6. Moyennes et espérances mathématiques utilisées en fiabilité	33
6.1. Fonction fiabilité sous préventif	34
6.2. Espérance mathématique sous préventif (MTBR, MTBUR)	36
6.3. Estimation des diverses fonctions empiriques de « fiabilité »	37
Exercices du chapitre 2.	40

Chapitre 3

Les modèles de fiabilité

1. Fiabilité des composants et des systèmes mécaniques et électroniques . . .	45
1.1. Modèles de fiabilité pour des données continues.	45
1.2. Modèles de fiabilité pour des données discrètes	53
2. Fiabilité des logiciels et modèles de croissance	56
2.1. Introduction à la fiabilité des logiciels	56
2.2. Modèles d'évaluation déterministe de la complexité des logiciels . .	57
2.3. Modèles d'évaluation probabiliste	58
2.4. Choix des modèles	65
2.5. Intervalles de confiance associés	66
3. Croissance de la fiabilité	70
3.1. Modèle de Duane	70
3.2. Modèle AMSAA (Army Material System Analysis Activity)	71
3.3. Modèle de Compertz	71
Exercices du chapitre 3.	71

Chapitre 4

Estimation ponctuelle et par intervalle des paramètres

1. Estimation ponctuelle	75
1.1. Méthode du maximum de vraisemblance	75
1.2. Méthode de la régression linéaire	83
1.3. Méthode graphique (ou manuelle)	87
2. Estimation par intervalle de confiance	94
2.1. Concept de la méthode d'estimation par intervalle de confiance . . .	94
2.2. Typologie des intervalles	95
2.3. Intervalle de confiance d'une moyenne d'une population normale de variance σ_0^2 connue	95
2.4. Intervalle de confiance d'une moyenne d'une population normale de variance σ_0^2 inconnue	95
2.5. Intervalle de confiance sur une proportion p	96
2.6. Intervalle de confiance du taux de défaillances constant λ	97

2.7. Intervalle de confiance sur les paramètres de la loi de Weibull	98
2.8. Intervalles de confiance obtenus par répliques d'échantillon	99
3. Tests d'adéquations	99
3.1. Test de Khi-deux (χ^2)	100
3.2. Test de Kolmogorov Smirnov	102
Exercices du chapitre 4.	103

Chapitre 5

Modélisation stochastique et fiabilité des systèmes non réparables

1. Généralités sur les systèmes	107
2. Caractéristiques « fiabilité » des systèmes non réparables	109
2.1. Typologie des systèmes	110
2.2. Chemins et coupes d'un système	114
2.3. Facteur d'importance des composants ou modules.	116
2.4. Redondances et tolérances aux fautes	122
Exercices du chapitre 5.	132

Chapitre 6

Modélisation stochastique et fiabilité des systèmes réparables

1. Fiabilité des systèmes réparables.	137
1.1. Chaînes de Markov et graphe d'états du système	137
1.2. Évaluation de la disponibilité des systèmes réparables à l'aide des chaînes de Markov	138
1.3. Évaluation de fiabilité des systèmes réparables à l'aide des chaînes de Markov	153
2. Réseaux de Petri, RdP	159
2.1. Généralités sur les réseaux de Petri	159
2.2. Réseaux de Petri Autonome RdPA	161
2.3. Réseaux de Petri non autonome.	161
2.4. Réseaux de Petri synchronisés	161
2.5. Réseaux de Petri temporisés	162
2.6. Réseaux de Petri interprétés	162
2.7. Réseaux de Petri colorés.	162
2.8. Réseaux de Petri Stochastiques RdPS	162
2.9. Du réseau de Petri aux chaînes de Markov.	167
2.10. Illustration de l'utilisation de la simulation de Monte Carlo et des réseaux de Petri stochastiques	169
3. Allocation de fiabilité.	170
3.1. Répartition égalitaire	171
3.2. Méthode AGREE (Advisory Group of Reliability of Electronic Equipment 1957).	171
3.3. Méthode ARINC	172
3.4. Méthode de faisabilité par objectif (Feasibility-Of-Objectives Technique FOOT)	173

3.5. Méthode d'allocation des poids moyens, (Kuo 1999)	174
3.6. Méthode de répartition des systèmes réparables	174
3.7. Résolution du problème d'optimisation	175
Exercices du chapitre 6.	175

Chapitre 7

Banques de données de fiabilité et retours d'expériences

1. Banques de Données de Fiabilité disponibles	185
2. MIL-HDBK-217F (MILitary HanDBOOK)	187
3. Banque de données de fiabilité mécanique OREDA (Offshore REliability DATA bank)	191
4. AVCO Corporation USA	192
5. 5 UTE C 80 810 de juillet 2000	197
6. FIDES, Guide méthodologique de fiabilité pour les systèmes électroniques, 2004	197
7. Retour d'expériences « REX »	204
7.1. Développement d'un projet « REX »	205
7.2. Collecter les données brutes	205
7.3. Filtrer les données	206
7.4. Traduire ces données en informations exploitables.	207
7.5. Capitaliser la connaissance	207
8. Tables de Barringer, indications sur le paramètre β de Weibull	211
8.1. Estimation des paramètres de Weibull avec une connaissance « a priori de β »	213
9. Retour d'expériences en informatique	215
Exercices du chapitre 7.	215

Chapitre 8

Analyse qualitative de la fiabilité

1. Analyse fonctionnelle	219
1.1. Méthodes d'analyse fonctionnelle	219
1.2. Pratique de l'analyse fonctionnelle.	220
1.3. Principe clef de l'analyse fonctionnelle	220
1.4. Classement des fonctions de services (fonctions principales et fonctions contraintes)	236
1.5. Des fonctions au bloc diagramme fiabilité	237
2. Analyse des dysfonctionnements, AMDEC	240
2.1. Introduction à l'AMDEC	240
2.2. Déroulement de l'AMDEC.	241
2.3. Initialisation de l'étude AMDEC.	241
2.4. Analyse et description fonctionnelle	242
2.5. Cotation de la criticité, (généralités).	242
2.6. Analyse AMDEC	243
2.7. Synthèse et décisions	253

2.8. Plan d'actions de l'AMDEC	253
2.9. Conclusion au sujet des « AMDEC	253
3. Analyse des Effets des Erreurs de Logiciel, AEEL	253
3.1. Pratique de l'analyse des effets des erreurs de logiciel en quatre phases	254
4. Analyse Préliminaire des Risques, APR	255
5. « HAZARD AND Operability study », HAZOP	256
6. « Hazard Analysis Critical Control Point », HACCP	256
7. Arbre de défaillances ADD	257
7.1. Construction de l'arbre de défaillances	257
7.2. Évaluation probabiliste	259
Exercices du chapitre 8	260

Chapitre 9

Probabilités et mécanique probabiliste

1. Théorie des probabilités	265
1.1. Probabilités – définitions	265
1.2. Théorème des probabilités totales	266
1.3. Théorème de Bayes	266
2. Lois de probabilités	267
2.1. Lois discrètes	267
2.2. Lois continues	272
3. Régression linéaire et multiple	285
3.1. Régression linéaire	285
3.2. Régression multiple	287
4. Processus de renouvellement	288
4.1. Processus de renouvellement simple	289
4.2. Équation de renouvellement dans le cas du Processus Homogène de Poisson (PHP)	289
4.3. Processus Non homogène de Poisson (PNHP)	290
4.4. Processus de renouvellement simple modifié	290
4.5. Processus de renouvellement simple modifié stationnaire ou processus stationnaire	290
4.6. Processus de renouvellement alterné à deux lois	291
4.7. Processus de renouvellement superposé	291
4.8. Quelques propriétés utiles	291
5. Transformée de Laplace	292
6. Vecteurs aléatoires	293
6.1. Fonction de répartition conjointe	293
6.2. Fonction de densité conjointe	293
6.3. Fonction marginale de répartition	294
6.4. Fonction densité marginale conjointe	294
6.5. Moments d'ordre 1 et 2	295
6.6. Variables aléatoires non indépendantes (cas général)	296
6.7. Tableau d'association de deux variables aléatoires indépendantes gaussiennes	297

6.8. Combinaison de couple de lois de Gauss	298
7. Mécanique probabiliste et méthode résistance/contrainte	300
7.1 Méthode résistance/contrainte	301
7.2 Marge et indice de Cornell (1952-1970)	303
7.3. Indice d'Hasofer et Lind (1974)	306
7.4. Méthode FORM (First Order Reliability Method)	308
7.5. Méthode SORM (Second Order Reliability Method)	308
7.6. Résolution par simulation de Monte Carlo	311
7.7. Généralisation à plusieurs modes de défaillances et aux systèmes	312
8. Cas se ramenant à deux variables résistance/contrainte (R/C)	313
9. Réseaux bayésiens	315
9.1. Graphe ou réseau causal	315
9.2. Construction du réseau	315
9.3. Phase d'utilisation du réseau	315
9.4. Structure du réseau	316
Exercices du chapitre 9	318

Chapitre 10

Fiabilité expérimentale, essais

1. Généralité sur les essais de fiabilité	325
1.1. Notion de courbe d'efficacité	325
1.2. Plan de contrôle d'un taux de défaillance à partir d'un essai tronqué avec remplacement	325
2. Essai tronqué sans remplacement	328
2.1. Méthode générale	328
2.2. Utilisation de la loi binomiale	328
3. Essai censuré à r défaillances	329
3.1. Méthode générale	329
3.2. Définition du plan	329
4. Essai progressif	330
4.1. Méthode générale	330
4.2. Définition du plan	330
5. Fiabilité expérimentale	331
5.1. Démonstration d'un taux de défaillances (λ) maximum	331
5.2. Démonstration d'une moyenne des temps de bon fonctionnement (MUT) minimum	332
5.3. Démonstration d'une borne inférieure de la fiabilité	332
5.4. Essais en groupe ou technique de la « mort soudaine »	333
6. Essais accélérés et modèle de comportement	334
6.1. Généralités	334
6.2. Facteur d'accélération « F_a », et rapport des taux de défaillances « r_λ »	334
6.3. Facteur d'accélération « F_A »	335
6.4. Rapport des taux de défaillances « r_λ »	335
6.5. Principes d'accélération	335

6.6. Hypothèse de base	336
6.7. Classement des essais accélérés	336
6.8. Formes des contraintes appliquées.	337
6.9. Lois d'accélération basées sur des modèles physiques	338
7. Modèles statistiques d'accélération basés sur les taux de défaillances de la classe de Lehmann	344
7.1. Modèle de Cox ou à hasard proportionnel	344
7.2. Modèle simple de survie accélérée	345
7.3. Modèles de taux de défaillances avec modification du paramètre d'échelle et de forme, modèle CHSS (Changing Shape and Scale model)	345
8. Estimation des paramètres dans le modèle à hasard proportionnel	346
8.1. Estimation par la méthode de la vraisemblance de Cox	347
8.2. Estimation par la méthode de la régression multiple.	348
9. Modèle de durées de vie accélérées simple et facteur d'accélération.	352
9.1. Fonction de transfert des essais accélérés	353
9.2. Facteur d'accélération et fonction de transfert dans le cas du modèle de Weibull	354
9.3. Méthodologie d'évaluation du facteur d'accélération FA des essais accélérés.	354
9.4. Choix et description du modèle d'accélération des essais.	355
9.5. Estimation directe des paramètres du modèle simple d'accélération	355
9.6. Relations de bases utilisées dans l'évaluation des grandeurs de fiabilité dans la cadre des essais accélérés	356
9.7. Estimation des paramètres du modèle de Weibull associé.	357
9.8. Description du modèle combiné complet	358
9.9. Relation entre le modèle de survie accéléré et le modèle à hasard proportionnel (ou modèle de Cox)	359
9.10. Modèle standard de vie accélérée et facteur d'accélération	360
9.11. Modèles de facteur d'accélération pour composants de l'ingénierie mécanique	360
9.12. Application à la procédure d'évaluation du facteur d'accélération FA pour une boîte de vitesses	366
9.14. Essais de fiabilité des logiciels	372
Exercices du chapitre 10.	372

Chapitre 11

La fiabilité humaine

1. Introduction	379
1.1. Définitions de la fiabilité humaine	380
1.2. Facteur humain dans le management de la fiabilité	380
1.3. Évaluation probabiliste de la fiabilité humaine	381
1.4. Fiabilité humaine et système	382
1.5. Définir les contributions de l'intervention de l'homme et les défaillances de celui-ci dans le système	383
2. Enjeux de la maîtrise des erreurs humaines.	383

2.1. Classification des erreurs humaines	384
2.2. L'opérateur centre des erreurs	384
2.3. Évaluation des erreurs humaines	385
3. Modélisation des systèmes techniques et humains	385
3.1. Blocs diagrammes fiabilité/arbres de défaillances	386
4. Genèse et historique des différentes approches de la fiabilité humaine	387
4.1. Méthodes de première génération, approche probabiliste	388
4.2. Méthodes de deuxième génération, approche cognitive	402
4.3. Méthodes de troisième et quatrième générations, organisationnelle et managériale	409
5. Outils et méthodes à l'usage de la fiabilité humaine	423
5.1. Identifier les erreurs conduisant aux événements redoutés	423
5.2. Analyser les erreurs conduisant aux événements redoutés	424
5.3. Traiter les erreurs conduisant aux événements redoutés	425
6. Plan pour une étude de fiabilité système intégrant le facteur humain	425
6.1. Démarche d'analyse qualitative/quantitative du système technique et humain	426
6.2. Analyse de la fiabilité humaine	426
Exercices du chapitre 11	427

Chapitre 12

Exercices et problèmes

1. Exercices	433
2. Solutions	446

Annexes – Tables statistiques

Loi binomiale	453
Loi de Poisson	457
Loi de Gauss	461
Loi de Student	462
Loi de Khi-deux(χ^2)	463
Loi de Fischer-Snedecor	464
Loi Kolmogorov-Smirnov	466
Loi de Weibull (calcul de MTBF)	467
Loi Gamma	468
Rangs médians d'après Johnson	468
Rangs médians à 5 %	472
Rangs médians à 95 %	476
Table de nombres au hasard	480

Bibliographie	481
--------------------------------	-----

Index	485
------------------------	-----

N

otations utilisées

AMDEC	Analyse des modes de défaillances et études des criticités
$B(n, p)$	Loi binomiale de paramètres n et p
C_n^k	Combinaison de n éléments pris k à k
ddl	Degrés de liberté
$D(n, \alpha)$	Valeur de la loi de Kolmogorov-Smirnov de paramètres n et α
$\frac{D(Y)}{D(x)}$	Jacobien
$E(x)$	Espérance mathématique de la variable aléatoire X
$E(t)$	Espérance mathématique de la variable aléatoire T
$F(t)$	Fonction cumulée des défaillances
$f(t)$	Fonction de densité des défaillances
$F(x)$	Fonction cumulée de la variable aléatoire X
$f(x)$	Fonction de densité de la variable aléatoire X
$F_{v_1, v_2; (1 - \alpha)}$	Valeur de la loi de Fisher qui a v_1, v_2 degrés de liberté et un niveau de signification α
I_F	Matrice d'information de Fischer
\mathcal{L}_0	Transformée de Laplace de la fonction f_0
MDT	Vient de Mean Down Time, moyenne des Temps d'Arrêts
MDV	Maximum De Vraisemblance
MTBF	Vient de <i>Mean Time Between Failure</i> , moyenne des temps entre pannes
MTTF	Vient de <i>Mean Time To Failure</i> , moyenne des temps jusqu'à la défaillance (systèmes non réparés)
MTTR	Vient de <i>Mean Time To Repair</i> , moyenne des temps de réparation
MUT	Vient de <i>Mean Up Time</i> (moyenne des temps de bon fonctionnement)
$N(m, \sigma)$	Loi normale de paramètre m et σ
$P(E)$	Probabilité d'avoir l'événement E

$P(\bar{E})$	Probabilité complémentaire de l'événement E
$P(i, j)$	Probabilité de passer de l'état i à l'état j
$R(t)$	Vient de <i>reliability</i> , fiabilité au temps t
u	Variable aléatoire centrée réduite
$\text{Var}(x)$	Variance de X
V.A.	Variable aléatoire
α (alpha)	Niveau de signification
β (bêta)	Paramètre de forme de la loi de Weibull
β_c	Indice de Cornell
B_{HL}	Indice d'Hasofer et Lind
γ (gamma minusc.)	Décalage d'origine de la loi de Weibull
Γ (gamma majusc.)	Fonction gamma
λ (lambda)	Taux de défaillance constant
$\lambda(t)$	Taux de défaillance dépendant du temps
μ (mu)	Inverse de la <i>MTTR</i>
$\prod_{i=1}^{i=n}$ (pi majusc.)	Produit de $i = 1$ à n
$\hat{\rho}$	Coefficient de corrélation estimé
ρ_s	Coefficient de corrélation de Spearman
σ_0 (sigma minusc.)	Écart type vrai
τ	Écart type estimé de la variable aléatoire X
$\sum_{i=1}^{i=n}$ (sigma majusc.)	Somme de $i = 1$ à n
η (êta)	Paramètre d'échelle de la loi de Weibull
χ_n^2 (khi-deux)	Khi-deux à n ddl

Introduction

Les études de fiabilité concernent l'ensemble des acteurs et responsables de notre monde industriel. En effet la proximité des citoyens et de la technologie en font un sujet quasiment politique. Qui voudrait habiter près d'une usine à haut risque et non fiable, prendre un avion non sûr, utiliser une voiture trop vite introduite sur le marché, sans garantie ? Les concepts, méthodes et calculs participant à la construction d'une bonne fiabilité sont des réponses à ce problème.

Cet ouvrage fait le point sur les outils de la fiabilité des composants et systèmes techniques contemporains (mécaniques, électroniques, informatiques). Pour cela, sont développées les diverses formes de fiabilité, prévisionnelle, expérimentale et opérationnelle ainsi que leur adéquation aux divers cas rencontrés dans la conception et la mise en oeuvre des systèmes techniques les plus évolués. En effet, vouloir faire du prévisionnel sans banque de données, où un retour d'expériences sérieux, risque de conduire à un échec patent. Dans ce cas une des politiques pertinentes sera la fiabilité expérimentale et les essais accélérés. Cet ouvrage est un guide pour l'ingénierie de la fiabilité en intégrant les idées les plus récentes issues de la recherche et de l'industrie, en les rendant accessibles au praticien. La démonstration de la probabilité d'une défaillance égale à zéro pour un système technique est impossible. Mais si on accepte une valeur quasiment égale à zéro (10^{-8} défaillance/heure de fonctionnement) cela le devient. Les clefs de ces calculs sont présentées ici.

Tout d'abord, il paraît fondamental et didactique de décrire les généralités sur la fiabilité et les modèles, le taux de défaillances et ses différentes formes, le modèle à hasard proportionnel.

Les lois classiques, exponentielle, Weibull, log-normale sont suffisamment explicitées pour en donner la maîtrise au lecteur. La fiabilité du logiciel avec les processus non homogènes de Poisson font aussi partie des objectifs à posséder. Le lecteur trouvera également les lois d'Okumoto-Goel, de Duane, d'Ohba, de Pham Zhang pour la démonstration de la fiabilité logicielle. Les techniques d'estimation ponctuelle et par intervalle sont résumées et appliquées aux cas réels. Après les composants, viennent les systèmes non réparables et réparables avec leurs calculs spécifiques. Les études de fiabilité prévisionnelles s'appuyant sur les banques de données de fiabilité et le retour d'expériences constituent une pierre angulaire de cet ouvrage. Les essais de démonstration des objectifs de fiabilité poursuivent le but de construction de la fiabilité par l'élimination des mauvaises solutions et donnent ainsi aux concepteurs des outils privilégiés et pragmatiques.

Les méthodes qualitatives telles que l'analyse fonctionnelle, les AMDEC, l'AEEL, l'HAZOP, l'HACCP, les arbres de défaillances apportant une forte contribution aux études de fiabilités font naturellement partie de l'ouvrage. Des parties plus spécialisées, telles que la mécanique probabiliste, l'analyse bayésienne sont présentées de façon didactique. La fiabilité humaine est également au cœur des débats.

Enfin la présentation choisie avec les exemples traités s'adresse à l'ensemble des acteurs de la conception, de l'industrialisation du maintien des systèmes techniques ayant pour objectif d'atteindre un haut niveau de fiabilité adapté aux exigences de nos technologies.

Avant de clore cet avant-propos, je voudrais remercier toutes les personnes ayant contribué à la rédaction de cet ouvrage, en particulier les doctorants que j'ai eu en charge dans la spécialité fiabilité, ainsi que les étudiants de l'ENI de Saint-Étienne des spécialités Fiabilité/Maintenance et Génie industriel pour leurs remarques pertinentes lors des cours.

Mes pensées vont également à mon ami Jean-Claude Ligeron, pionnier de la fiabilité en France et qui a très fortement contribué à son expansion tant dans le monde industriel qu'universitaire.

Patrick Lyonnet

Patrick Lyonnet, ingénieur et docteur de l'Université de technologie de Compiègne (UTC), est professeur des universités à l'École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne (ENISE), il est également membre du laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes LTDS-UMR 5513 du pôle de recherche et d'enseignement supérieur de Lyon. Il est aussi professeur associé à l'École de technologie supérieure de Montréal (ETS). Ses travaux concernent la sûreté de fonctionnement, la fiabilité et la maintenance.

Fiabilité technique et humaine fait le point sur les concepts, techniques et outils de la fiabilité des composants et systèmes en considérant toutes les technologies et dimensions, notamment la mécanique, l'électronique, l'informatique et les aspects humains. En effet les erreurs humaines sont à l'origine de nombreuses défaillances et de ce fait ne peuvent être ignorées lors de la conception ou du maintien des installations.

Les diverses formes de fiabilité, prévisionnelle, expérimentale et opérationnelle sont explicitées et illustrées au travers d'applications industrielles. Les concepts, outils et techniques de fiabilité les plus complexes sont présentés à partir d'exemples permettant au lecteur de se familiariser avec ce domaine.

Dans la lignée des ouvrages précédents de Patrick Lyonnet qui ont connu un grand succès, cet outil didactique se situe au plus près de la réalité industrielle et en fait un véritable guide pour les praticiens et les étudiants.

Cet ouvrage est destiné aux ingénieurs de recherche et développement, de maintenance et de la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels contemporains.

