

L'USINE NOUVELLE

SÉRIE | GESTION INDUSTRIELLE

David Smith

F IABILITÉ, MAINTENANCE ET RISQUE

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos XI

Remerciements XIII

A

Paramètres et coûts de la fiabilité

1 • Histoire de l'ingénierie de la fiabilité et de la sécurité 3

- 1.1 Défaillances 3
- 1.2 Défaillances dangereuses 5
- 1.3 Fiabilité et risque prévisionnel 5
- 1.4 Vers la fiabilité et l'intégrité de la sécurité 8
- 1.5 Cycle de l'analyse FMDS 9
- 1.6 Pressions contractuelles 11

2 • Terminologie et jargon 13

- 2.1 Défaillance et modes de défaillance 13
- 2.2 Taux de défaillance et temps moyen entre deux pannes 15
- 2.3 Corrélations entre les termes 17
- 2.4 Courbe « en baignoire » 19
- 2.5 Durée d'indisponibilité et temps de réparation 21
- 2.6 Disponibilité, indisponibilité et probabilité de défaillance sur sollicitation 24
- 2.7 Termes se rapportant au danger et au risque 25
- 2.8 Choix du paramètre 25
- Exercices du chapitre 2 26

3 • Qualité, fiabilité, sécurité et coût 27

- 3.1 Coût de la fiabilité 27
- 3.2 Coûts et sécurité 31
- 3.3 Coûts d'obtention de la qualité 34

V

13 • Recueil de données d'exploitation et retour d'information	201
13.1 Intérêt du recueil de données	201
13.2 Informations et difficultés	202
13.3 Temps de fonctionnement avant défaillance	203
13.4 Tableaux et bases de données	204
13.5 Bonnes pratiques et recommandations	206
13.6 Analyse et présentation des résultats	208
13.7 Exemples de fiches de rapport d'incident	209
14 • Facteurs affectant l'indisponibilité	213
14.1 Éléments clés en matière de conception	213
14.2 Stratégies de maintenance et manuels/guides	222
15 • Prévision et démonstration des temps de réparation	237
15.1 Méthodes de prévision	237
15.2 Plans de démonstration	246
16 • Maintenance axée sur la fiabilité quantitative	251
16.1 Maintenance axée sur la fiabilité quantitative : définition	251
16.2 Processus de décision de maintenance axée sur la fiabilité quantitative	252
16.3 Renouvellement optimum (mise au rebut)	253
16.4 Niveau optimal du stock de pièces de rechange	256
16.5 Intervalle optimal entre tests	256
16.6 Surveillance de l'état du matériel – Maintenance prédictive	258
17 • Défaillances systématiques – surtout logicielles	261
17.1 Appareils programmables	261
17.2 Défaillances logicielles	263
17.3 Modélisation des défaillances logicielles	265
17.4 Assurance qualité logicielle	266
17.5 Méthodes d'assurance qualité	274
17.6 Listes de contrôles du logiciel	278

E

Questions de droit, de gestion et de sécurité

18 • Gestion de projet	285
18.1 Définition des objectifs et des spécifications	285
18.2 Planification, faisabilité et allocation des objectifs	286

18.4 Responsabilités	289
18.5 Sécurité fonctionnelle	290
18.6 Normes et guides	291
• Clauses contractuelles critiques	293
19.1 Éléments essentiels	293
19.2 Autres éléments	297
19.3 Pièges	299
19.4 Pénalités	301
19.5 Évaluation de la fiabilité sous-traitée	303
19.6 Exemples	304
• Responsabilité du fait des produits et législation sur la sécurité	305
20.1 La situation générale au Royaume-Uni	305
20.2 Responsabilité sans faute (R.-U.)	306
20.3 Protection des consommateurs (<i>Consumer Protection Act 1987</i>) (R.-U.)	307
20.4 Santé et sécurité au travail (<i>Health and Safety at Work Act 1974</i>) (R.-U.)	308
20.5 Assurances et rappels de produits	310
• Législation sur la prévention des risques d'accidents majeurs	313
21.1 Historique des accidents majeurs	313
21.2 Élaboration d'une législation sur la prévention des risques d'accidents majeurs	315
21.3 Rapports de sécurité CIMAH	316
21.4 Rapports de sécurité des plates-formes pétrolières	319
21.5 Problèmes particuliers	321
21.6 Directive COMAH (1999)	322
21.7 Chemins de fer	322
• Intégrité des systèmes relatifs à la sécurité	323
22.1 Systèmes relatifs à la sécurité ou systèmes critiques pour la sécurité ?	323
22.2 Niveaux d'intégrité de la sécurité (SIL)	324
22.3 Systèmes électroniques programmables	328
22.4 Références	331
22.5 Cadre de référence pour la certification	334
• Étude de cas : le projet Datamet	337
23.1 Introduction	337
23.2 Le projet Datamet	337
23.3 Le contrat	341
23.4 Conception détaillée	342
23.5 Travail en revue	343

B

Interprétation des taux de défaillance

4 • Taux de défaillance et fiabilité des prévisions	41
4.1 Précision des données	41
4.2 Sources de données	43
4.3 Intervalles de valeurs	48
4.4 Limites de confiance dans la prévision	51
4.5 Conclusion générale	54
5 • Interprétation des données et démonstration de la fiabilité	57
5.1 Les différents cas de figure	57
5.2 Inférence et niveaux de confiance	57
5.3 Test du khi-deux	59
5.4 Limites de confiance bilatérales	61
5.5 Résumé du test du khi-deux	62
5.6 Démonstration de fiabilité	62
5.7 Test séquentiel	66
5.8 Mise en place des tests de démonstration de fiabilité	67
Exercices du chapitre 5	68

6 • Taux de défaillance variables et courbes de probabilités	69
6.1 Distribution de Weibull	69
6.2 Utilisation de la méthode de Weibull	71
6.3 Cas plus complexes de distribution de Weibull	78
6.4 Processus continus	80
Exercices du chapitre 6	81

C

Prévision de la fiabilité et du risque

7 • Théorie de la prévision de la fiabilité	85
7.1 Enjeux	85
7.2 Théorie des probabilités	86
7.3 Fiabilité des systèmes série	88
7.4 Règles de redondance	89
7.5 Redondance : généralités	96
Exercices du chapitre 7	99

TECHNIQUES DE MODÉLISATION

10.1 Diagrammes de fiabilité et systèmes réparables	101
10.2 Défaillance de cause commune (dépendante)	109
10.3 Analyse par arbre des causes	115
10.4 Arbres des conséquences	125
Quantification des modèles de fiabilité	131
10.1 Méthode de prévision de la fiabilité	131
10.2 Intervalles entre tests de diagnostic	133
10.3 AMDE (analyse des modes de défaillance et de leurs effets)	135
10.4 Facteurs humains	138
10.5 Simulation	144
10.6 Comparaison prévisions/objectifs	151
Exercices du chapitre 9	152

Évaluation quantitative des risques (EQR)

10.1 Fréquence et conséquences	155
10.2 Perception du risque et principe ALARP	156
10.3 Identification des risques	158
10.4 Facteurs à quantifier	163

D

Conditions de fiabilité et de maintenabilité

• Techniques d'assurance et de conception	173
11.1 Spécification et allocation des objectifs	173
11.2 Analyse des contraintes	174
11.3 Protection contre les contraintes environnementales	178
11.4 Mécanismes de défaillance	179
11.5 Complexité et composants	184
11.6 Rodage et sélection	186
11.7 Stratégies de maintenance	187
• Revue de la conception et essais	189
12.1 Techniques de revue	189
12.2 Catégories d'essais	190
12.3 Modélisation de la croissance de la fiabilité	198
Exercices du chapitre 12	200

24 • Étude de cas : système de détection de gaz	345
24.1 Objectif d'intégrité de la sécurité	345
24.2 Défaillances aléatoires de matériel	346
24.3 Principe ALARP	348
24.4 Architectures	349
24.5 Activités du cycle de vie	349
24.6 Sécurité fonctionnelle	349

F

Annexes

1 • Glossaire	353
2 • Table de la distribution de khi-deux (%)	361
3 • Taux de défaillance en microélectronique	369
4 • Taux de défaillance	373
5 • Pourcentages des modes de défaillance	383
6 • Taux d'erreur humaine	387
7 • Taux de mortalité	391
8 • Critères de notation pour le modèle BETAPLUS d'analyse des défaillances de cause commune	395
9 • Exemple d'analyse HAZOP	401
10 • Liste de contrôles HAZID (identification des dangers)	405
11 • Analyse markovienne des systèmes redondants	409
Réponses aux exercices	415
Bibliographie	423
Index	427