

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Notions de base de la sûreté de fonctionnement	7
1.1. Introduction	7
1.2. Algèbre booléenne	8
1.2.1. Axiomes	9
1.2.2. Lois élémentaires	10
1.3. Notions probabilistes de base	11
1.3.1. Probabilité $D(t)$ et densité de probabilité $\rho(t)$	11
1.3.2. Taux d'occurrence de la défaillance $\lambda(t)$	11
1.3.3. Les événements aléatoires indépendants	12
1.4. Description fonctionnelle de système	13
1.5. Système binaire et modèle de base	15
1.6. La disponibilité des systèmes binaires	16
1.7. Les probabilités de séjour	20
1.7.1. La fiabilité	20
1.7.2. La maintenabilité	22
1.8. Défaillance, réparation et processus stochastiques	23
1.8.1. Processus stochastiques renouvelables	24
1.8.2. Processus stochastiques conditionnellement renouvelables	25
1.9. Le système multi-états	28
Chapitre 2. Modélisation des systèmes multi-états	31
2.1. Le système à représentation analytique	32
2.2. Transitions critiques	35

2.3. La binarisation des systèmes multi-états	36
2.4. La probabilité de refus de démarrage du système	39
2.5. Les transitions interdites	40
2.6. L'équivalence entre modèle booléen et graphe d'états	41
2.7. Les systèmes à représentation systémique	43
2.8. Le graphe de Markov	44
Chapitre 3. Système matriciel	49
3.1. Introduction	49
3.2. Modélisation de l'état du fonctionnement du système	50
3.2.1. Modélisation d'une ligne des composants élémentaires	50
3.2.2. Modélisation de l'espace fonctionnel du système	51
3.2.3. Les sous-espaces des ensembles	57
3.2.4. Transitions entre ensembles	58
3.2.5. Modélisation des taux équivalents de transitions	59
3.2.6. Modélisation dynamique des états de fonctionnement	61
3.3. Système matriciel homogène	63
3.4. Application académique	65
3.4.1. Énoncés du cas d'étude	65
3.4.2. Déterminer la performance du système	65
3.4.3. Résultats	65
3.5. Conclusion	66
Chapitre 4. Modélisation d'un système avec redondance	69
4.1. Introduction	69
4.2. Analyse combinatoire du système n/N	70
4.3. Déterminer la disponibilité/l'indisponibilité	71
4.3.1. L'analyse par la fonction binaire de structure	71
4.3.2. L'analyse par expressions booléennes	72
4.3.3. Exemple d'analyse par expressions booléennes	75
4.4. Le taux équivalent de défaillance et de réparation	76
4.5. Système homogène	78
4.5.1. Caractérisation du système homogène	78
4.6. Application numérique (1)	79
4.7. Application numérique (2)	80
4.7.1. Les critères du succès de la mission et les données du système	81

4.7.2. Modélisation fonctionnelle par graphe d'états	81
4.7.3. Modélisation de la disponibilité du dispositif	82
4.7.4. Modélisation de l'indisponibilité du dispositif	83
4.7.5. Modélisation du taux de défaillance équivalent du dispositif	84
4.7.6. Modélisation du temps moyen de détection (TMD).	85
4.7.7. Évaluation de l'efficacité de la redondance.	86
Chapitre 5. Application en fiabilité des systèmes	89
5.1. Descriptif du système	90
5.2. Les missions de système	91
5.3. Les données de base.	91
5.4. Modélisation de l'indisponibilité du système	92
5.5. Évaluation de l'indisponibilité du système	94
5.6. Modélisation de la disponibilité du système.	96
5.7. Évaluation de la disponibilité du système	97
5.8. Modélisation de la fiabilité.	97
5.9. Évaluation de la fiabilité du système	101
5.10. Analyse de l'importance relative des composants	102
5.10.1. L'indice prévisionnel d'importance	102
5.10.2. L'indice opérationnel d'importance	104
5.11. Conclusion	108
Chapitre 6. Analyse des événements séquentiels.	109
6.1. Introduction.	109
6.2. Analyse séquentielle avec intervalles de temps variables.	111
6.3. Analyse séquentielle avec intervalles de temps fixes	117
6.4. Conclusion	119
Chapitre 7. La méthode de Monte-Carlo	121
7.1. Génération des variables aléatoires	121
7.2. Échantillonnage	123
7.3. Échantillonnage bijectif analytique.	123
7.4. Démarche générique de la simulation Monte-Carlo	125
7.5. Simulation des transitions dans un système multi-états	127
7.5.1. La démarche de la simulation des transitions.	129
7.5.2. Algorithme de simulation des transitions	130

7.5.3. Résultats de la simulation de l’histogramme des transitions	131
7.5.4. Le nombre de séjours par état	133
7.5.5. Le temps de séjour par état	134
7.5.6. La probabilité d’échec	135
7.6. Simulation du fonctionnement d’un système à redondance.	137
7.6.1. Description du système	137
7.6.2. Algorithme de génération de l’histogramme de fonctionnement .	138
7.6.3. L’histogramme de fonctionnement.	140
7.6.4. Le temps moyen de bon fonctionnement	141
7.6.5. Algorithme pour déterminer la fiabilité du système.	142
7.6.6. Estimation de la fiabilité du système.	143
7.7. Conclusion	144

Chapitre 8. Les essais physiques utilisés en fiabilité 147

8.1. Introduction.	147
8.2. Les essais accélérés	149
8.2.1. Les différentes lois d’accélération	149
8.2.1.1. Modèle d’Arrhenius	150
8.2.1.2. Modèle de Peck.	150
8.2.1.3. Modèle de la puissance inverse ou Coffin-Manson.	151
8.2.1.4. Modèle d’Eyring	152
8.3. Fatigue mécanique simple, modèle de Wöhler	152
8.3.1. Lois empiriques de la fatigue	155
8.3.1.1. Loi de Basquin	155
8.3.1.2. Loi de Coffin-Manson.	155
8.3.1.3. Règle de Miner	155
8.4. Les essais aggravés	156
8.4.1. Les principaux tests aggravés	156
8.4.1.1. Le HALT (<i>Highly Accelerated Life Test</i>).	156
8.4.1.2. Les essais de déverminage	158
8.4.1.3. Exemple de cycles de test en essais aggravés	159
8.5. Les essais bayésiens.	165
8.6. Analyse de l’endommagement par fatigue	165
8.6.1. Formulations et développements	165
8.6.2. Stratégie de l’analyse de l’endommagement par fatigue	168
8.7. Méthodologie de l’amélioration à l’aide de tests physiques	170
8.7.1. Optimisation des essais physiques à réaliser	170
8.7.1.1. Les plans d’expérience	170

8.7.1.2. Les plans factoriels fractionnaires	173
8.8. Conclusion	174
Annexe. Lois courantes de modélisation de la fiabilité	175
Bibliographie	179
Index	183