

Table des matières

Préface de Christian Moreau	1
Préface de Claude Sarno	3
Avant-propos	5
Remerciements	7
Introduction	9
Chapitre 1. Fiabilité des systèmes sans maintenance	13
1.1. Classification des systèmes	15
1.1.1. Systèmes sans maintenance	15
1.1.2. Systèmes avec maintenance	16
1.2. Grandeurs principales de fiabilité	16
1.2.1. Densité de probabilité	17
1.2.2. Probabilité de défaillance	18
1.2.3. Fonction de survie	19
1.2.4. Taux de défaillance instantané	20
1.2.5. Mode d'une distribution	22
1.2.6. Taux de défaillance cumulé	23
1.2.7. Liens entre les différentes fonctions	23
1.2.8. Notion de MTTF	23
1.2.9. Durée de vie résiduelle	24

1.3. Principales distributions	26
1.3.1. Distribution exponentielle	26
1.3.2. Distribution de Weibull	29
1.3.2.1. Taux de défaillance	29
1.3.2.2. Propriétés statistiques	32
1.3.2.3. Interprétation physique du paramètre de forme β	33
1.3.2.4. Taux de défaillance cumulé.	37
1.3.2.5. Durée de vie résiduelle	37
1.3.3. Distribution normale	38
1.3.4. Distribution log-normale.	40
1.4. Contexte.	43
1.4.1. Base théorique du JESD85	44
1.4.2. Problème en l'absence de panne observée	47
1.4.3. Analyse théorique.	48
1.4.4. Exemple d'un essai HTOL sur des circuits intégrés.	50
Chapitre 2. Fiabilité des systèmes avec maintenance	53
2.1. Processus de comptage	53
2.2. Différents types de maintenance	55
2.3. Maintenance préventive	57
2.3.1. Formulation générale.	57
2.3.2. Formulation pour les défaillances accidentelles	59
2.3.3. Formulation pour les défaillances de vieillissement.	59
2.3.3.1. Formulation exacte.	59
2.3.3.2. Formulation approchée basée sur la méthodologie FIDES	62
2.3.3.3. Approximation à partir de la fonction Gamma incomplète	63
2.4. Maintenance corrective.	66
2.4.1. Hypothèse	66
2.4.2. Processus de renouvellement	67
2.4.3. Solutions analytiques.	70
2.4.3.1. Distribution exponentielle.	70
2.4.3.2. Distribution d'Erlang	74
2.4.3.3. Distribution normale	77
2.4.3.4. Distribution de Weibull	80
Chapitre 3. Application aux mécanismes de vieillissement avec maintenance	85
3.1. Caractéristiques	85
3.2. Solutions approchées	86

3.2.1. Faible temps de stabilisation du Rocof devant la durée de mise en service	86
3.2.2. Valeur asymptotique du Rocof jamais atteinte	88
3.2.3. Autres cas	89
3.2.3.1. Considérations mathématiques	90
3.2.3.2. Considérations statistiques	91
3.2.3.3. Paramètre de forme extrinsèque $\beta \leq 3$	95
3.2.3.4. Paramètre de forme extrinsèque $\beta > 3$	98
3.2.3.5. Synthèse	104
3.3. Généralisations	107
3.3.1. Mélange de distributions	107
3.3.2. Mécanismes concurrents	108
3.3.3. Système série	111
3.3.3.1. Cas d'un système série avec des défaillances catalectiques .	112
3.3.3.2. Cas d'un système série avec des défaillances catalectiques et un mécanisme de vieillissement	112
3.3.4. Systèmes parallèles	114
3.3.4.1. Maintenance corrective classique	114
3.3.4.2. Maintenance corrective système	114
3.3.4.3. Maintenance corrective mixte	118
3.3.5. Systèmes avec redondance k/n	120
3.3.6. Synthèse	120
3.4. Impact des facteurs physiques	121
3.5. Impact du profil de mission	125
3.5.1. Principe de Sedyakin	125
3.5.2. Contribution physique équivalente avec le principe de Sedyakin .	128
3.5.2.1. Cas d'un profil de mission considéré comme des paliers successifs	130
3.5.2.2. Évolution de la température équivalente en fonction de E_a .	133
3.5.2.3. Cas de la constante de temps thermique du système non négligeable devant la durée de la phase	137
3.5.3. Cas d'un profil hétérogène	140
3.5.3.1. Influence de l'amplitude thermique	142
3.5.3.2. Cas d'application du spatial	143
3.5.3.3. Cas d'application dans le domaine ferroviaire	144
Chapitre 4. Impact au niveau fiabilité	147
4.1. Notion de MTBF	147
4.2. Estimation de MTBF	148

4.2.1. Cas de grand temps de stabilisation du Rocof devant la durée de mise en service	148
4.2.2. Cas de temps de stabilisation du Rocof atteint rapidement.	149
4.2.3. Cas du Rocof avec un comportement apériodique lorsque $1 < \beta \leq 3$	149
4.2.4. Cas du Rocof avec comportement oscillatoire lorsque $\beta > 3$	152
4.3. Impact du flux de livraison.	153
4.4. Exemple d'un composant numérique à taille de gravure fine	153
4.4.1. Cas d'un paramètre de forme β Weibull équivalent à 1.	154
4.4.2. Cas d'un paramètre de forme β différent de 1	156
4.5. Application au coût d'un déverminage.	161
4.5.1. Cas en l'absence de déverminage	162
4.5.2. Cas en présence d'un déverminage.	162
Chapitre 5. Application à la maintenance	169
5.1. Croissance de fiabilité	172
5.2. Maintenance BTN (meilleur que neuf).	176
5.3. Maintenance WTO (plus mauvais que vieux).	179
5.4. Maintenance par attrition.	180
5.5. Maintenance sur un sous-ensemble complet	182
5.5.1. Cas d'un système défectueux remplacé par un neuf.	182
5.5.2. Cas d'un système complet remplacé par un neuf	183
5.6. Systèmes avec redondance k/n	188
5.6.1. Cas d'un système défectueux remplacé par un neuf.	188
5.6.2. Cas d'un système complet remplacé par un neuf	188
Chapitre 6. Application à la safety	191
6.1. Estimation du temps d'exposition.	192
6.2. Cas des composants avec vieillissement.	193
6.2.1. Approche théorique pour les systèmes avec maintenance	194
6.2.2. Cas des défaillances catalectiques	194
6.2.3. Cas des défaillances de vieillissement.	196
6.2.3.1. Distribution exponentielle.	197
6.2.3.2. Distribution normale.	197
6.2.3.3. Distribution de Weibull	198
6.2.4. Porte OU	204
6.2.4.1. Cas de la distribution exponentielle	204
6.2.4.2. Cas de la distribution de Weibull	205

6.2.5. Porte ET	207
6.2.5.1. Cas de la distribution exponentielle	208
6.2.5.2. Cas de la distribution de Weibull	208
Chapitre 7. Stratégie de maintenance en safety de fonctionnement	211
7.1. Stratégie de maintenance.	212
7.2. Exemple d'application	213
Annexes.	219
Liste des acronymes	223
Liste des notations	225
Bibliographie	227
Index	229