

## TABLE DES MATIERES

<b>I - FIABILITE</b>	<b>13</b>
I.1 - Définition de la fiabilité	13
I.2 - Théorie caractéristiques / contraintes	14
I.3 - Rappel de la théorie des variations	15
I.3.1 - Causes communes ou aléatoires	15
I.3.2 - Causes spéciales	15
I.3.3 - Système stable ou sous contrôle statistique	16
I.3.4 - Système instable	16
I.3.5 - Erreurs possibles de décision	17
I.4 - Domaine de la fiabilité	18
I.4.1- Fiabilité des équipements et Fiabilité des composants	18
I.4.2 - Difficultés principales	20
I.4.3 - Approche statistique	20
I.4.4 - Estimateurs de la fiabilité	21
I.5 - Cycle de vie d'un composant	24
I.6 - Etude de fiabilité à partir d'un essai	26
I.7 - Equations relatives à la fiabilité	28
I.7.1 - Taux de défaillance	28
I.7.2 - Expression de la fiabilité	29
I.7.3 - Densité de fiabilité et Taux de défaillance	30
I.7.4 - Moyenne des temps de bon fonctionnement	30
I.7.5 - Temps moyen de bon fonctionnement	31
I.7.6 - Cas particulier $t$ variant de 0 à l'infini	32
I.7.7 - Les "pièges" du MTBF	32
I.8 - Loi de Weibull	33
I.8.1 - Paramètre d'origine des temps $\gamma$	34
I.8.2 - Paramètre de forme $\beta$	34
I.8.3 - Paramètre d'échelle $\eta$	35
I.8.4 - Courbes caractéristiques	35
I.8.5 - Expression du Taux de défaillance	36
I.8.6 - MTBF	37
I.8.7 - Papier graphique d' A. Plait	37
I.9 - Utilisation du tracé de Weibull	38
I.9.1 - Traitement des données	40
I.9.2 - Limites de confiance	42
I.9.3 - Données suspendues	42
I.9.4 - Traitement des points aberrants	42
I.9.5 - Détermination des paramètres par le calcul	42
I.10 - Différents types de défaillances	43
I.10.1 - Période de pannes infantiles	43
I.10.2 - Période de vie utile	44
I.10.3 - Période de vieillissement	51
I.11 - Combinaison de différents mode de défaillance	55
I.11.1 - Pour une mission déterminée	55
I.11.2 - Utilisation en continu	56
I.11.3 - Théorème de Drenick	57
I.12 - Fiabilité des systèmes non réparables	57

I.12.1 - Différents types d'architecture (montages)-----	57
I.12.2 - Préviation de fiabilité d'un système non réparable-----	61
I.13 - Matériels complexes réparables-----	62
I.13.1 - Historique -----	63
I.13.2 - Tests de croissance de la fiabilité -----	63
I.13.3 - Postulat de J. Duane-----	64
I.13.4 - Loi de L. CROW -----	65
I.13.5 - Exemples d'application -----	67
I.13.6 - Récapitulatif des différentes lois utilisées-----	68
<b>Annexes I -----</b>	<b>69</b>
Annexe 1.1 - Test d'hypothèse nulle -----	71
Annexe 1.2 - Construction du papier fonctionnel d' A. Plait-----	72
Annexe 1.3 - Détermination du paramètre de forme $\gamma$ -----	74
Annexe 1.4 - Loi Gamma & paramètres loi de WEIBULL -----	76
Annexe 1.5 - Postulat de DUANE-----	79
Annexe 1.6 - Ordres de grandeurs -----	82
Annexe 1.7 - Arbre des défaillances -----	85
Annexe 1.8 - Moyenne de temps de fonctionnement -----	89
Annexe 1.9 - Durée de vie d'un roulement ou d'une butée -----	93
<b>Applications I -----</b>	<b>95</b>
Application 1.1 - Tracé de Weibull-----	97
Application 1.2 - Loi multiple-----	98
Application 1.3 - Diagramme de fiabilité -----	100
Application 1.4 - Arbre de défaillances -----	103
Application 1.5 - Données suspendues ou arrêtées -----	106
Application 1.6 - Analyse variation de fiabilité -----	108
<b>II - MESURES ET PREVISIONS -----</b>	<b>111</b>
II.1 - Différents types d'essais-----	112
II.2 - Estimation du MTBF à partir d'essais -----	113
II.2.1 - Estimation du MTBF -----	113
II.2.2 - Intervalle de confiance du MTBF -----	114
II.2.3 - Intervalle de confiance (loi autre qu'exponentielle) -----	117
II.2.4 - Comparaison des MTBF de 2 composants -----	119
II.2.5 - Démonstration de fiabilité-----	120
II.3 - Exploitation des historiques -----	120
II.3.1 - Exploitation de l'historique des équipements -----	121
II.3.2 - Cas d'une politique de maintenance corrective -----	122
II.3.3 - Cas d'une maintenance systématique-----	122
II.4 - Bases de données de fiabilité-----	122
II.4.1 - Limites de confiance-----	123
II.4.2 - Bases de données principales -----	124
<b>Annexes II -----</b>	<b>125</b>
Annexe 2.1 - Abaques Intervalles de confiance -----	127
Annexe 2.2 - Facteurs d'intervalles de confiance-----	129
Annexe 2.3 - Tables du $\chi^2$ -----	132
Annexe 2.4 - Table des rangs (Johnson)-----	133
Annexe 2.5 - Test de Kolmogorov-Smirnov -----	137
Annexe 2.6 - Principe d'analyse des historiques -----	138
Annexe 2.7 - Dimensionnement des essais -----	139
<b>Applications II -----</b>	<b>145</b>
Application 2.1 - Durée des essais-----	147

Application 2.2 - Intervalles de confiance -----	148
Application 2.3 - Exploitation d'un historique -----	150
Application 2.4 - Détermination intervalle de confiance -----	153
Application 2.5 - Démonstration de fiabilité-----	154
<b>III - FIABILITE &amp; METHODES DE MAINTENANCE -----</b>	<b>155</b>
III.1 - Performance et maintenance des équipements -----	155
III.1.1 - Fiabilité intrinsèque-----	155
III.1.2 - Les standards d'exploitation-----	157
III.1.3 - Conditions de base -----	158
III.1.4 - Exploitation du retour d'expérience-----	159
III.2 - Rappel relatif à la maintenance préventive -----	159
III.2.1 - Différents types de maintenance préventive -----	160
III.2.2 - Conditions d'efficacité de la prévention-----	162
III.3 - Maintenance et disponibilité-----	163
III.3.1 - Temps total de maintenance d'un équipement -----	164
III.3.2 - Maintenabilité -----	164
III.3.3 - Impact de la qualité des réparations-----	165
III.4 - Vie utile: Méthode de maintenance-----	166
III.4.1 - Utilisation par missions de durée $t$ -----	167
III.4.2 - Utilisation en continu-----	167
III.4.3 - Cas des circuits redondants -----	167
III.4.4 - Limitation de la vie utile par le vieillissement-----	168
III.4.5 - Fiabilité entre remplacements systématiques -----	169
III.5 - Vieillesse: Méthodes de maintenance -----	171
III.5.1 - Périodicité de la maintenance préventive-----	171
III.5.2 - Maintenance systématique: choix économique -----	172
III.5.3 - Maintenance systématique : objectif de fiabilité -----	173
III.5.4 - Organisation de la maintenance conditionnelle -----	175
III.5.5 - Cas de la maintenance corrective-----	177
III.6 - Hypothèse de la loi exponentielle -----	180
III.6.1 - Rappel Théorème de Drenick-----	180
III.6.2 - Utilisation de loi exponentielle -----	181
III.6.3 - Rappel de la loi exponentielle -----	181
III.6.4 - Assimilation à une loi exponentielle -----	182
III.7 - Théorèmes de Bayes -----	184
III.7.1 - Théorème-----	185
<b>Annexes III -----</b>	<b>189</b>
Annexe 3.1 - Remplacement sur défaillances -----	191
Annexe 3.2 - Diagramme $n - t_{moy} - n.t_{moy}$ -----	196
<b>Applications III -----</b>	<b>197</b>
Application 3.1 - Choix économique entre systématique et correctif----	199
Application 3.2 - Durée de vie moyenne -----	204
Application 3.3 - Théorème de Bayes-----	205
<b>IV - FIABILITE &amp; GESTION DES STOCKS -----</b>	<b>207</b>
IV.1 - Définitions-----	207
IV.2 - Approche habituelle de la gestion des stocks -----	208
IV.3 - Limites de l'approche traditionnelle -----	210
IV.3.1 - Réserves concernant les consommations -----	210
IV.3.2 - Réserves concernant les délais -----	210
IV.4 - Méthode de gestion des stocks-----	211
IV.4.1 - Définition des pièces à tenir en stock -----	211

IV.4.2 - Critères de choix des paramètres -----	212
IV.4.3 - Consommations à prendre en compte-----	213
IV.4.4 - Synthèse-----	216
IV.5 - Détermination du stock de sécurité -----	216
IV.5.1 - Consommations considérées comme constantes -----	217
IV.5.2 - Cas de remplacements systématiques-----	219
IV.6 - Application des combinaisons de variables aléatoires-----	220
IV.6.1 - Application du théorème de Bienaymé-Tchébicheff -----	221
<b>Applications IV -----</b>	<b>223</b>
Application 4.1 - Utilisation de la loi de fiabilité -----	225
Application 4.2 - Utilisation de l'espérance mathématique -----	227
Application 4.3 - Théorème de Bienaymé / Tchébicheff-----	228
<b>V - FIABILITE &amp; GESTION MAINTENANCE -----</b>	<b>233</b>
V.1 - Composantes d'un système de production-----	233
V.1.1 - Coût du cycle de vie - LCC -----	234
V.1.2 - Valeur économique moyenne - VEM -----	236
V.2 - Impact des mauvaises économies-----	236
V.3 - Choix des méthodes de maintenance -----	237
V.3.1 - Vers le Zéro panne-----	237
V.3.2 - Critères de choix -----	238
V.3.3 - Définition des équipements critiques -----	239
V.3.4 - Considérations relatives à l'AMDEC-----	240
V.4 - Plan de prévention -----	241
V.4.1 - Préalable à la maintenance préventive -----	242
V.4.2 - Définition du plan de prévention-----	243
V.4.3 - Analyse technique des équipements -----	244
V.4.4 - Responsabilités Production et Maintenance-----	245
V.4.5 - Formation du personnel de Maintenance -----	245
V.4.6 - Exploitation de la prévention -----	246
V.4.7 - Exploitation de la maintenance quotidienne-----	247
V.5 - La maintenance dynamique -----	247
V.5.1 - Indicateurs utilisés -----	248
V.5.2 - Axes de progrès -----	249
<b>Annexes V -----</b>	<b>251</b>
Annexe 5.1 - Feuille d'analyse équipement -----	253
Annexe 5.2 - Analyse des résultats du préventif -----	254
Annexe 5.3 - Fiche analyse de défaillances -----	256
<b>VI - FIABILITE &amp; SECURITE FONCTIONNELLE -----</b>	<b>257</b>
VI.1 - Norme CEI 61508 -----	257
VI.2 - Principe de base -----	257
VI.2.1 - Probabilité de risque -----	257
VI.2.2 - Fonction intégrée de sécurité FIS-----	258
VI.2.3 - Système intégré de sécurité SIS-----	258
VI.3 - Niveau intégré de sécurité -----	259
VI.3.1 - Probabilité et Fréquence moyenne de défaillance -----	260
VI.3.2 - Hypothèse du Taux de défaillance constant-----	261
VI.4 - Causes de défaillance -----	261
VI.5 - Types de défaillance -----	262
VI.6 - SIL capable-----	263
VI.6.1 - Calcul du PFH ou PFD du SIS -----	264
VI.6.2 - Niveau le plus élevé de SIL dont le SIS est capable -----	266

<b>Annexes VI</b> -----	<b>267</b>
Annexe 6.1 - Redondance et tests -----	269
Annexe 6.2 - Défaillances perceptibles et réparables -----	273
Annexe 6.3 - Défaillances non perceptibles et réparables -----	275
Annexe 6.4 - Revendication de SIL -----	276
Annexe 6.5 - Lexique de la Sécurité Fonctionnelle -----	279
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> -----	<b>281</b>