
Table des matières

Notice biographique	v
Avant-propos	vii
Liste de sigles et acronymes	xix
Liste des principales variables et constantes	xxi
Chapitre 1 – Introduction à la fiabilité	1
1.1 APERÇU DE LA FIABILITÉ.....	1
1.2 DÉFINITION DE LA FIABILITÉ	4
1.3 HISTORIQUE.....	6
1.4 IMPORTANCE DE LA FIABILITÉ.....	8
1.5 NIVEAU D'ANALYSE DE LA FIABILITÉ ET DES DÉFAILLANCES	11
1.6 CARACTÉRISTIQUES DES DÉFAILLANCES	14
1.6.1 Défaillances actives et défaillances dormantes	14
1.6.2 Défaillances indépendantes	15
1.6.3 Défaillances de mode commun	16
1.6.4 Défaillances en cascade.....	17
1.7 CONSÉQUENCES DES DÉFAILLANCES.....	19
EXERCICES	20
Chapitre 2 – Bases mathématiques de la fiabilité	23
2.1 NOTIONS DE PROBABILITÉS	23

xii *Table des matières*

2.2 CONCEPT DE PROBABILITÉ	24
2.2.1 Définition classique de la probabilité	25
2.2.2 Définition mathématique de la probabilité	25
2.2.3 Probabilité conditionnelle	26
2.2.4 Théorème de multiplication des probabilités	27
2.2.5 Événements indépendants	27
2.3 VARIABLE ALÉATOIRE	28
2.4 DENSITÉ DE PROBABILITÉ	29
2.4.1 Densité de probabilité d'une variable continue	29
2.4.2 Fréquence	32
2.5 FONCTION DE RÉPARTITION	32
2.6 FONCTION DE FIABILITÉ	34
2.7 TAUX DE DÉFAILLANCE	36
2.8 TEMPS MOYEN DE BON FONCTIONNEMENT (MTTF)	37
2.9 EXPRESSIONS STATISTIQUES	38
EXERCICES	40
 Chapitre 3 – Lois de probabilité	 41
3.1 LOI EXPONENTIELLE	41
3.1.1 Densité de probabilité	42
3.1.2 Fonction de répartition	42
3.1.3 Fonction de fiabilité	43
3.1.4 Taux de défaillance	43
3.1.5 Espérance mathématique	43
3.1.6 Variance	44
3.2 LOI DE WEIBULL	44
3.2.1 Densité de probabilité	44
3.2.2 Fonction de répartition	45
3.2.3 Fonction de fiabilité	45
3.2.4 Taux de défaillance	45
3.2.5 Espérance mathématique	46
3.2.6 Variance	47
3.3 LOI NORMALE	47
3.3.1 Densité de probabilité	48
3.3.2 Fonction de répartition	49

3.3.3 Fonction de fiabilité	49
3.3.4 Taux de défaillance	49
3.3.5 Espérance mathématique	50
3.3.6 Variance	50
3.3.7 Loi normale centrée réduite (standardisée)	50
3.4 LOI LOG-NORMALE	53
3.4.1 Densité de probabilité	54
3.4.2 Fonction de répartition	55
3.4.3 Fonction de fiabilité	55
3.4.4 Taux de défaillance	55
3.4.5 Espérance mathématique	56
3.4.6 Variance	56
3.5 PROBABILITÉ DE DÉFAILLANCE DANS UN INTERVALLE	56
EXERCICES	57
<hr/>	
Chapitre 4 – Principaux modèles de fiabilité	59
4.1 EXPRESSIONS FONDAMENTALES	59
4.1.1 Expression générale de la fiabilité	59
4.1.2 Expression générale de la fonction de répartition	61
4.1.3 Expression générale du taux de défaillance	62
4.1.4 Expression générale de la fonction de densité de la probabilité de défaillance	62
4.1.5 Expression générale du temps moyen de bon fonctionnement	63
4.2 ÉTUDE DE LA FIABILITÉ DES SYSTÈMES SIMPLES NON RÉPARABLES	64
4.2.1 Configuration série	64
4.2.2 Configuration parallèle	66
4.2.3 Configuration à redondance active r/m	68
4.3 MODÈLES GÉNÉRAUX DE LA FIABILITÉ DE SYSTÈMES NON RÉPARABLES EXPRIMÉE EN FONCTION DU TEMPS	69
4.3.1 Configuration série	70
4.3.2 Configuration parallèle	76
4.3.3 Temps moyen de bon fonctionnement des systèmes (MTTF)	80
4.3.4 Modèle du système en file d'attente (redondance passive)	82
4.3.5 Étude de fiabilité des systèmes complexes	85
EXERCICES	87

Chapitre 5 – Méthodes d’analyse de la fiabilité	91
5.1 DIAGRAMME DE FIABILITÉ.....	92
5.1.1 Méthode de réduction du diagramme de fiabilité	92
5.2 ARBRE DE DÉFAILLANCES	96
5.2.1 Symboles graphiques.....	96
5.2.2 Description	99
5.2.3 Construction	100
5.2.4 Exemples de construction	101
5.3 ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ.....	108
5.3.1 Introduction à l’AMDE	108
5.3.2 Processus de l’AMDE.....	109
5.3.3 Exemple d’une AMDE	112
5.3.4 Introduction à l’AMDEC	113
5.3.5 Processus de l’AMDEC	115
5.3.6 Exemple d’une AMDEC	119
EXERCICES	121
<hr/>	
Chapitre 6 – Théorie de la contrainte et de la résistance	125
6.1 FORMULATION DU PROBLÈME	125
6.2 THÉORIE DES MODÈLES INTERFÉRENTIELS	126
6.2.1 Cas de deux distributions normales.....	126
6.2.2 Étude de cas de deux distributions normales.....	133
6.2.3 Contraintes causées simultanément par plusieurs paramètres présentant des distributions normales	135
6.2.4 Cas de deux distributions quelconques de la contrainte et de la résistance	137
6.2.5 Modèles spéciaux de contrainte et de résistance	139
6.3 NIVEAU DE CONFIANCE SUR LA FIABILITÉ CALCULÉE À PARTIR D’UN MODÈLE INTERFÉRENTIEL	143
6.3.1 Méthode pour la détermination de la fiabilité relative à un niveau de confiance	143
EXERCICES	147
<hr/>	
Chapitre 7 – Maintenance et remplacement	149
7.1 ÉTUDE DE LA DISPONIBILITÉ ET DE LA MAINTENABILITÉ	149
7.1.1 Définitions	149
7.1.2 Chaîne de Markov et son application à la fiabilité	151

7.1.3	Calcul de la disponibilité du système dans le cas markovien	154
7.1.4	Calcul de la maintenabilité du système	155
7.2	ÉTUDE DES SYSTÈMES RÉPARABLES.....	157
7.2.1	Cas des systèmes réparables à configuration série	157
7.2.2	Cas des systèmes réparables à configuration parallèle.....	158
7.3	PRINCIPES D'OPTIMISATION ET DE MAINTENANCE DES SYSTÈMES	164
7.3.1	Caractère de la maintenance	164
7.4	MODÈLES MATHÉMATIQUES DE LA MAINTENANCE	165
7.4.1	Maintenance préventive	165
7.4.2	Conditions de mise en œuvre de la maintenance préventive.....	166
7.4.3	Remplacement préventif basé sur l'âge d'un élément	170
7.4.4	Modèle de maintenance corrective	175
7.4.5	Gestion des stocks de pièces de rechange.....	180
7.5	INTERVALLE DE MAINTENANCE SELON DIFFÉRENTS PROFILS DE MISSION	182
7.5.1	Taux de défaillance	183
7.5.2	Intervalle de maintenance	186
7.5.3	Stratégies de transfert d'intervalles de maintenance entre utilisation élevée et utilisation faible	188
	EXERCICES	190
<hr/>	Chapitre 8 – Analyse des données de fiabilité.....	193
8.1	ÉTUDE DE LA FIABILITÉ EN EXPLOITATION	193
8.1.1	Principes de l'étude de la fiabilité en exploitation	194
8.1.2	Plans d'essais	195
8.2	MÉTHODES CLASSIQUES D'ÉVALUATION DES PARAMÈTRES DE LOIS DE PROBABILITÉ USUELLES	197
8.2.1	Choix de la loi de probabilité	197
8.2.2	Estimation du paramètre de la loi exponentielle	203
8.2.3	Estimation des paramètres de la loi normale	208
8.2.4	Estimation des paramètres de la loi de Weibull	213
8.3	TESTS D'HYPOTHÈSE	217
8.3.1	Classification des tests statistiques	219
8.3.2	Procédure d'un test statistique	219
8.3.3	Tests paramétriques et choix d'un intervalle de confiance	221
8.3.4	Tests non paramétriques	223
	EXERCICES	229

Chapitre 9 – Fiabilité en conception	231
9.1 INTRODUCTION	231
9.2 SPÉCIFICATIONS POUR LA FIABILITÉ EN CONCEPTION	233
9.3 PRÉDICTION DE LA FIABILITÉ	236
9.3.1 Prédition par similarité.....	237
9.3.2 Autres modèles de prédition de la fiabilité	238
9.4 RISQUES LIÉS À LA CONCEPTION	249
9.5 MÉTHODES D'ASSURANCE DE LA FIABILITÉ	250
9.5.1 Redondance.....	251
9.5.2 Maintenance préventive	252
9.5.3 Accroissement de la fiabilité en cours de développement.....	252
9.6 ALLOCATION DE LA FIABILITÉ	253
9.6.1 Méthode d'allocation de la fiabilité ARINC	253
9.6.2 Méthode d'allocation de la fiabilité AGREE.....	256
9.6.3 Méthode de répartition égale de la fiabilité	258
9.7 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX	260
9.8 RÉDUCTION DE CHARGE	261
9.9 ANALYSE DES TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES.....	263
9.10 ANALYSE DES CHANGEMENTS DE CARACTÉRISTIQUE D'UN COMPOSANT	264
9.11 REDONDANCE ACTIVE	266
9.12 EXAMEN INDÉPENDANT	267
9.13 PHYSIQUE DE DÉFAILLANCE	268
9.14 SYSTÈME DE COLLECTE D'INFORMATION EN EXPLOITATION	269
9.14.1 Enregistrement des défaillances	269
9.14.2 Analyse des défaillances	270
9.14.3 Action corrective	270
9.14.4 Fermeture du rapport de défaillance	270
EXERCICES	270
Chapitre 10 – Essais de fiabilité	273
10.1 INTRODUCTION	273
10.2 ESSAIS AGGRAVÉS	276
10.2.1 Essais aux limites hautement accélérés (HALT)	277
10.2.2 Essais de déverminage sous contraintes hautement accélérés (HASS)	279
10.3 ESSAIS DE DÉVERMINAGE SOUS CONTRAINTES DE FONCTIONNEMENT (ESS)	281

10.4 ESSAIS DE CROISSANCE DE LA FIABILITÉ	282
10.5 ESSAIS ACCÉLÉRÉS DE DURÉE DE VIE	284
10.5.1 Application de cycles accélérés	286
10.5.2 Accélération linéaire	287
10.5.3 Modèle de puissance inverse	289
10.5.4 Modèle accéléré d'Arrhenius	290
10.5.5 Modèle accéléré d'Eyring	291
EXERCICES	292
<hr/> Chapitre 11 – Sécurité des systèmes techniques	293
11.1 INTRODUCTION	293
11.2 PRINCIPES D'ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ	295
11.2.1 Objectifs de la sécurité	295
11.2.2 Processus d'évaluation de la sécurité	297
11.3 ANALYSE DU RISQUE FONCTIONNEL (FHA).....	299
11.3.1 Concept de l'analyse	299
11.3.2 Procédure d'analyse	302
11.4 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DE LA SÉCURITÉ DE L'AVION ET DE SES SYSTÈMES	307
11.4.1 Évaluation préliminaire de la sécurité de l'avion (PASA)	308
11.4.2 Évaluation préliminaire de la sécurité des systèmes (PSSA)	310
11.5 ÉVALUATION DE LA SÉCURITÉ DE L'AVION ET DE SES SYSTÈMES	312
11.5.1 Évaluation de la sécurité de l'avion (ASA)	312
11.5.2 Évaluation de la sécurité des systèmes (SSA)	314
11.6 ANALYSE DES CAUSES COMMUNES (CCA).....	316
11.6.1 Analyse de la sécurité par zones (ZSA)	316
11.6.2 Analyse des risques particuliers (PRA)	318
11.6.3 Analyse des défaillances de mode commun (CMA)	320
EXERCICES	326
<hr/> Chapitre 12 – Analyse du risque.....	327
12.1 INTRODUCTION	328
12.2 IDENTIFICATION DU RISQUE	329
12.3 ÉVALUATION DU RISQUE	331
12.3.1 Niveau de gravité du risque	332
12.3.2 Niveau de probabilité du risque	333
12.3.3 Niveau de risque	338

xviii *Table des matières*

12.4 TEMPS DE CORRECTION	341
12.5 ANALYSE DU RISQUE – ÉTUDE DE CAS	344
12.5.1 Contexte et description du problème	344
12.5.2 Analyse du risque	344
EXERCICES	348
<hr/>	
Annexe A – Fonction de répartition F de la loi normale réduite	349
Annexe B – Quantiles de la loi normale réduite	351
Annexe C – Rangs médians	353
Annexe D – Quantiles $\chi_Q^2(\nu)$ de la loi du khi-deux	355
Annexe E – Valeurs critiques $D_\alpha(n)$ de la distribution de Kolmogorov-Smirnov	357
Annexe F – Quantiles de la distribution t de Student	359
Annexe G – Valeurs de la fonction gamma	361
Annexe H – Valeurs de la fiabilité relative R_γ	363
Bibliographie	369