

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. La fonction maintenance	3
1.1. Introduction	3
1.2. Historique de la maintenance	3
1.3. Définition de la maintenance	4
1.4. Les objectifs de la maintenance	4
1.5. Les types de maintenance	4
1.5.1. La maintenance corrective	6
1.5.2. La maintenance préventive	6
1.5.3. La maintenance préventive systématique	7
1.5.4. La maintenance préventive conditionnelle	7
1.5.5. La maintenance préventive prévisionnelle	7
1.5.6. La maintenance améliorative	8
1.6. Évolution de la fonction maintenance dans les entreprises	8
1.7. Les cinq niveaux de maintenance	8
1.8. Activités et tâches professionnelles	9
1.8.1. Objectifs de la maintenance	9
1.8.2. Les activités et les tâches associées à la fonction maintenance	10
1.9. Exercice d'application	11
Chapitre 2. Les défaillances	13
2.1. Introduction	13
2.2. Terminologies liées à la défaillance	13
2.3. Classification des causes de défaillance	14

2.4. Les modes de défaillance.	15
2.5. Les causes de défaillance.	16
2.5.1. Les causes intrinsèques de défaillance.	16
2.5.2. Les causes extrinsèques de défaillance	16
2.5.3. Les différents types de causes de défaillance.	17
2.6. Les conséquences de défaillances.	17
2.7. La gravité des conséquences.	18
2.8. Exemples d'application.	18
2.8.1. Exemple n° 1	18
2.8.2. Exemple n° 2	18
2.8.3. Exemple n° 3	19
Chapitre 3. Analyse quantitative de maintenance.	21
3.1. Introduction.	21
3.2. Les temps de maintenance	21
3.2.1. La moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF).	22
3.2.2. La moyenne des temps techniques de réparation (MTTR).	22
3.2.3. La moyenne des temps techniques d'arrêt (MTTA).	22
3.2.4. Les temps d'intervention préventive.	23
3.2.5. Les temps d'intervention corrective	23
3.3. Diagramme de Pareto ou méthode ABC.	24
3.3.1. Principe de la méthode.	24
3.3.2. Exemple de diagramme de Pareto	25
3.3.3. Étude de cas : application de la méthode ABC.	26
3.3.3.1. Énoncé	26
3.3.3.2. Méthodologie	26
3.3.3.3. Historique des pannes	26
3.3.3.4. Exploitation de l'historique des pannes.	27
3.3.3.5. Traçage de diagramme de Pareto	27
3.3.3.6. Interprétation	28
3.3.3.7. Conclusion.	28
3.4. Abaque de Noiret : principe de la méthode	28
3.5. Application de la méthode de Noiret	29
3.5.1. Principe de la méthode.	29
3.5.2. Exercice d'application n° 1	29
3.5.2.1. Énoncé	29
3.5.2.2. Solution	29
3.5.3. Exercice d'application n° 2	30
3.5.3.1. Énoncé	30
3.5.3.2. Solution	30

Chapitre 4. Outils d'analyse de défaillances	31
4.1. Introduction.	31
4.2. Méthodologie du diagnostic	31
4.3. Diagramme causes-effets.	33
4.4. Étude de cas : application de diagramme d'Ishikawa	34
4.4.1. Description.	34
4.4.2. Dépense de la maintenance au service carrière.	35
4.4.3. Étude du taux d'arrêt imprévu de l'atelier de concassage	37
4.5. Arbres de défaillances	39
4.5.1. Description de la méthode.	39
4.5.2. Construction de l'arbre de défaillances	40
4.5.3. Exemple d'application	41
4.6. Organigramme de diagnostic et fiche de diagnostic	42
4.6.1. Cadre général du diagnostic.	42
4.6.2. Organigramme de diagnostic	42
4.6.2.1. Exemple d'application.	43
4.6.3. Fiche de diagnostic	44
4.6.3.1. Exemple d'application.	44
 Chapitre 5. Modes de défaillance, effets et criticité	 45
5.1. Introduction.	45
5.2. Démarche à suivre pour l'élaboration de l'AMDEC.	45
5.3. Les types d'AMDEC	49
5.4. Exercice d'application : application de l'AMDEC machine	49
5.4.1. Énoncé	49
5.4.2. Solution.	51
 Chapitre 6. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels	 55
6.1. Introduction.	55
6.2. Fiabilité	56
6.2.1. Définition.	56
6.2.2. Théorie de fiabilité	57
6.2.3. Indicateurs de fiabilité (λ) et MTBF	58
6.2.4. La courbe baignoire.	58
6.3. Exemple d'application	59
6.3.1. Énoncé	59
6.3.2. Solution.	60
6.4. La maintenabilité	61
6.4.1. Définition.	61
6.4.2. Les indicateurs de maintenabilité.	61

6.5. La disponibilité	62
6.5.1. Définition.	62
6.5.2. Les indicateurs de disponibilité	62
Chapitre 7. Analyse des lois de fiabilité	63
7.1. Introduction.	63
7.2. Les modèles de fiabilité	64
7.2.1. Loi exponentielle de fiabilité	64
7.2.1.1. Définition de la loi exponentielle	64
7.2.1.2. Les relations fondamentales	64
7.2.2. Loi de Weibull de fiabilité.	65
7.2.2.1. Définition de la loi de Weibull	65
7.2.2.2. Les relations fondamentales	66
7.2.2.3. Papier de Weibull	67
7.2.2.4. Détermination graphique des paramètres de la loi de Weibull.	68
7.2.2.5. Exemple de papier de Weibull	68
7.2.3. Méthodes d'approximation des valeurs de la fonction de répartition de défaillance.	69
7.2.3.1. Exercices d'application	70
Chapitre 8. Fiabilité des systèmes industriels	73
8.1. Introduction.	73
8.2. Fiabilité des systèmes réparables	74
8.2.1. Fiabilité et stratégie de la maintenance	74
8.2.2. Optimisation de la maintenance	74
8.2.2.1. Coût correctif	74
8.2.2.2. Coût préventif.	75
8.2.2.3. Principe de l'optimisation de θ	75
8.2.3. Maintenabilité $M(t)$	76
8.2.4. Disponibilité $D(t)$	77
8.2.5. Étude de cas : étude de fiabilité du concasseur.	78
8.2.5.1. Présentation du concasseur à marteaux	78
8.2.5.2. Les principaux éléments constitutifs du concasseur	79
8.2.6. Objectif.	79
8.2.6.1. Représentation graphique de $f(t)$ et $R(t)$ du concasseur	80
8.2.6.2. Interprétation des résultats	86
8.2.6.3. Calcul MTBF	87
8.2.6.4. Tableau de bord de fiabilité de l'atelier de concassage.	87

8.3. Fiabilité des systèmes non réparables	89
8.3.1. Système possédant des composants montés en série	89
8.3.2. Formules de fiabilité des composants montés en série	90
8.3.2.1. Cas de composants différents.	90
8.3.2.2. Cas de composants identiques	90
8.3.2.3. Exemple d'application n° 1.	91
8.3.2.4. Exemple d'application n° 2.	91
8.3.2.5. Exemple d'application n° 3.	91
8.3.3. Système possédant des composants montés en parallèle	92
8.3.4. Formules de fiabilité pour des composants montés en parallèle.	93
8.3.4.1. Cas de composants différents.	93
8.3.4.2. Cas de composants identiques	93
8.3.4.3. Exemple d'application.	93
8.4. Système <i>stand-by</i>	94
8.4.1. Définition de redondance	94
8.4.2. Modélisation du système <i>stand-by</i>	94
8.4.3. Avantages d'un système <i>stand-by</i>	95
8.4.4. Système <i>stand-by</i> à commutation parfaite	95
8.4.4.1. Comparaison entre système monté en parallèle et système <i>stand-by</i>	96
8.4.4.2. Système à 2 <i>stand-by</i>	97
8.4.4.3. Système à n éléments <i>stand-by</i>	98
8.4.4.4. Système <i>stand-by</i> à commutation imparfaite.	98
8.4.4.5. Système <i>stand-by</i> avec des taux de défaillance distincts.	98
8.4.4.6. Système <i>stand-by</i> avec redondance du fonctionnement	100
8.5. Exercices	100
8.5.1. Exercice n° 1.	100
8.5.1.1. Énoncé	100
8.5.1.2. Solution	100
8.5.2. Exercice n° 2.	101
8.5.2.1. Énoncé	101
8.5.2.2. Solution	101
8.5.3. Exercice n° 3.	103
8.5.3.1. Énoncé	103
8.5.3.2. Solution	104

Chapitre 9. Externalisation et les normes de la maintenance 105

9.1. Introduction.	105
9.2. Externalisation de la maintenance	105
9.2.1. Définition de l'externalisation de la maintenance	105
9.2.2. Évolution vers l'externalisation de la maintenance	106

9.3. Partenariat et relation contractuelle	106
9.3.1. Partenariat et la maintenance	106
9.3.2. Relation contractuelle	106
9.3.3. Critères d'un prestataire	107
9.4. Les différentes formes de sous-traitance et leurs rémunérations	108
9.4.1. Les formes de sous-traitance	108
9.4.2. Exemple de rémunération mixte	108
9.4.3. Le contenu du contrat	108
9.5. Les normes de la maintenance.	109
9.5.1. Les normes ISO 9000:9004	109
9.5.2. La norme ISO 55001:2024	109
9.5.3. Les normes ISO 14001:2015	109
9.5.4. Relation entre maintenance et qualité	110
Annexe 1. Abaque de Noiret et la table des coefficients	111
Annexe 2. Historique des pannes des éléments constitutifs du concasseur	115
Annexe 3. Abaque de Weibull	121
Annexe 4. Historique des pannes des équipements critiques de l'atelier de concassage	123
Annexe 5. Abaque d'optimisation de la maintenance systématique : graphe de Kelly	125
Bibliographie	127
Index	131