



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Electromécanique

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance-Fiabilité-Qualité

Thème

**Méthode d'optimisation de la maintenance
préventive appliquée à un processus
industriel**

Présenté et soutenu publiquement par :

Abchiche Wafa

Dameche Anissa

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. Meghdir Abed	MAA	IMSI	Président
Mm. Otsmani Zineb	MCA	IMSI	Encadreur
Mm. Lalaoui Mohamed	MAA	IMSI	Examineur

Juillet 2017

Remerciement

*Tout d'abord, nous remercions - - le tout puissant
de nous avoir donnée la patience et la force pour
terminer ce modeste travail, et nous tenons
expressément à remercier nos parents pour leur
soutien, leur confiance et leur encouragements tout le
long de nos études.*

*Ce travail est l'aboutissement d'un cheminement
scolaire qui a nécessité de la part de nombreuses
personnes des sacrifices qu'ils reçoivent nos sincères
remerciement.*

*Nous tenons expressément et chaleureusement à
remercier notre encadreur Mme OTSMANI ZINEB
pour ces orientations et conseils durant la préparation
de ce mémoire.*

*Nous souhaitons exprimer nos gratitudeux aux membres
du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté a ce travail.
Nous remercions également tous les enseignants de
L'IMSI.*

*Enfin, nous remercions tous nos camarades de la
promotion 2017.*

A. WAFA

&

D. ANISSA

Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A mes très chers parents qui ont m'aider par ses invocations
dans tout moment, dans le bonheur et le malheur.*

*A mes chères sœurs NOUR AL-HOUDA, FADILA,
NACIRA et DADI.*

A mes chères frères FAYCEL et KHALED et YACINE.

Tout ma famille DAMECHE et RIHI.

*A mon cher binôme WAFA qui m'a supporté le long de
toutes ces années étude.*

*A mes chères amies HASNIA, RACHIDA, FATIMA,
HAYET, SAKINA, CHERIFA, ZAHRA.*

*A tous les professeurs qui nous ont aidé à en arriver
jusqu'au là.*

Toute ma promotion connus 2017.

Et à tous ceux que j'aime et ceux qui pensent à moi.

Juillet 2017

DAMECHE

ANISSA

Dédicace

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma chère mère et à mon cher père, en témoignage de leur gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanents durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moral. Ils ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir attendre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.

A mon cher mari Mr HOUARI.

A mes chères frères MOHAMED et FIRAS.

A ma chère sœur AMINA.

A toutes la famille ABCHICHE et ainsi que la famille CHEBLI.

A mon cher binôme ANISSA.

A mes chères amies Amel, Rachida, Hayet, Fatima, Zahra, Cherifa, Zahira.

A tous ceux que j'aime et qui ont été toujours présents pour moi.

Juillet 2017

ABCHICHE

WAFA

Liste des abréviations

ABC: Activity Based Costing.

AFNOR : Agence Française de NORmalisation.

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité.

FMDS : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et sécurité.

MDT :(Anglais Mean Down Time) le temps moyen d'Indisponibilité.

MTBF : (Anglais Mean Time Between Failure) Durée moyenne entre deux défaillances, c'est Le Temps Moyen de fonctionnement Entre Défaillance TMED.

MTTF : (Anglais Mean Time To Failure) Temps Moyen jusqu'à la première défaillance.

MTTR : (Anglais Mean Time To Repair) Le Temps Moyen avant Remise en Service ou temps d'indisponibilité après défaillances TMRS.

MUT (Anglais Mean Up Time) durée moyenne de fonctionnement après réparation.

SDF : Sûreté De Fonctionnement.

MDT : Durée moyenne d'indisponibilité après défaillance (anglais Mean Time Down Time).

λ : le taux de défaillance.

μ: le taux de réparation.

CND : contrôle non destructif.

NPBF : Nombre de Période de Bon Fonctionnement.

FMECA : Failure Modes and Effects and Critically and Analysis.

Liste des figures

Chapitre I :

Figure. I.1. Objectif de la maintenance.....	05
Figure. I.2. Evolution de la maintenance.....	06
Figure. I.3. Les différentes politiques de maintenance.....	07
Figure. I.4. Intervention préventive systématiques.....	09

Chapitre II :

Figure. II.1. Les paramètres de la sûreté de fonctionnement.....	21
Figure. II.2. Etapes d'une analyse de type AMDEC.....	23
Figure. II.3. Diagramme de la méthode ABC.....	25
Figure II.4. Evolution des coûts de défaillance.....	29

Chapitre III :

Figure. III.1. Chaudière à eau	33
Figure. III.2 Chaudière à vapeur.	33
Figure. III.3. Les citernes	34
Figure III 4. Organigramme de fonctionnement de chaudral.....	36
Figure.III.5. Service de fabrication	39

Chapitre IV :

Figure IV.1. Synoptique de l'installation des équipements à études.....	41
Figure IV.2. La période choisie des équipements à étudier.....	42
Figure IV.3. Histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du GEMINI.....	45
Figure IV.4. Histogramme et graphe du TBF en fonction de nombre de la panne du POTENCE.....	47
Figure. IV.5. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de panne de la PERCEUSE.....	51
Figure IV.6. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de pannes de PANT ROULANT.....	53

Figure IV.7. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre des pannes de PLIEUSE.....	55
Figure IV.8. Pourcentage de nature des pannes de la GEMINI.....	55
Figure IV.9. Pourcentage de nature des pannes de la POTECE.....	56
Figure IV.10. Pourcentage de nature des pannes de la PERCEUSE.....	57
Figure IV.11. Pourcentage de nature des pannes de la PONT ROULANT.....	57
Figure IV.12. Pourcentage de nature des pannes de la PLIUSE.....	58
Figure IV.13. Pourcentage moyenne des pannes selon la nature.....	59
Figure IV.14. Pourcentage de coût de réparation de la GEMINI.....	60
Figure IV.15. Pourcentage de coût de réparation de la POTENCE.....	60
Figure IV.16. Pourcentage de coût de réparation de la PERCEUSE.....	61
Figure IV.17. Pourcentage de coût de réparation de la PONT ROULANT.....	61
Figure IV.18. Pourcentage de coût de réparation de la PLIUSE.....	62
Figure IV.19. Le pourcentage de coût de réparation des équipements A/B/C/D/E.....	63

Liste des tableaux

Tableau IV.1. Relevé de panne du GEMINI.....	44
Tableau IV.2. Les indicateurs de la SDF du GEMINI.....	44
Tableau IV.3. Relevé de panne de POTENCE.....	46
Tableau IV.4. Les indicateurs de la SDF du POTENCE.....	46
Tableau IV.5. Relevé des pannes de PERCEUSE.....	50
Tableau IV.6. Les indicateurs de SDF du PERCEUSE.....	50
Tableau IV.7. Relevé des pannes de PANT ROALANT.....	52
Tableau IV.8. Les indicateurs de SDF du PANT ROULANT.....	52
Tableau IV.9. Relevé de panne de PLIEUSE.....	54
Tableau IV.10. Les indicateurs de SDF du PLIEUSE.....	54
Tableau IV.11. Relevé de nature des pannes du GEMINI.....	55
Tableau IV.12. Relevée de nature des pannes de POTENCE.....	56
Tableau IV.13. Relevée de nature des pannes du PERCEUSE.....	57
Tableau IV.14. Relevée de nature des pannes de PONT ROULANT.....	57
Tableau IV.15. Relevée de nature des pannes du PLIEUSE.....	58
Tableau IV.16. Valeurs moyennes des pannes selon la nature.....	59
Tableau IV.17. Relevée du coût de réparation du GEMINI.....	60
Tableau IV.18. Relevée du coût de réparation de la POTENCE.....	60
Tableau IV.19. Relevée du coût de réparation du PERCEUSE.....	61
Tableau IV.20. Relevée du coût de réparation de PANT RAULANT.....	61
Tableau IV.21. Relevée du coût de réparation de la PLIEUSE.....	62

Sommaire

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Chapitre I

Généralités sur la maintenance

I.1. Introduction	03
I.2. Stratégie de Maintenance.....	03
I.3. Définitions de maintenance.....	03
I.3.1. Selon Larousse.....	03
I.3.2. Selon L' Association française de Normalisation (AFNOR X 60-010-1994).....	03
I.3.3. Selon (Norme NF EN 13306)	04
I.4. Objectif de la maintenance.....	04
I.5. Evaluation de la maintenance.....	05
I.6. Politique de maintenance.....	06
I.6.1. Maintenance corrective.....	07
I.6.1.1. La maintenance palliative.....	08
I.6.1.2. Maintenance curative.....	08
I.6.2. Maintenance préventive.....	08
I.6.2.1. Maintenance préventive systématique (périodique).....	08
I.6.2.2. Maintenance préventive conditionnelle.....	10
I.6.2.3. Maintenance préventive prévisionnelle.....	10
I.6.3. But de la maintenance préventive.....	10
I.6.4. Les objectifs de la maintenance préventive.....	10
I.7. Concepts de maintenances.....	11
I.8. Opérations de la maintenance.....	11
I.8.1. Opérations de la maintenance corrective.....	11
I.8.2. Opération de maintenance préventive.....	12
I.9. Les méthodes de maintenance.....	12
I.10. Défaillance.....	13
I.10.1. Définition de défaillance.....	13
I.10.2. Classification en fonction de la rapidité de manifestation.....	13
I.10.2.1. Classification en fonction de leur amplitude.....	13
I.10.2.2. Classification des défaillances en fonction de leurs causes.....	14

I.10.2.3. Classification de défaillance en fonction de leurs conséquences.....	14
I.10.3. Modes de défaillance.....	15
I.11. Conclusion.....	15

Chapitre II

Méthodes d'analyses de la défaillance

II.1. Introduction.....	16
II .2. Eléments de base de la sûreté de fonctionnement.....	16
II .2.1. Définition de sûreté de fonctionnement.....	17
II .2.2. Les fondamentaux de la sûreté de fonctionnement.....	17
II .3. L'objectif de la sûreté de fonctionnement.....	19
II .4. Les études de La sûreté de fonctionnement.....	19
II .5. Métriques de la sûreté de fonctionnement.....	20
II .6. Les méthodes d'analyses des défaillances.....	22
II.6.1. L'AMDEC : Analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité.....	22
II .6.2. Le classement ABC, loi de PARETO.....	25
II.7. les coûts de maintenance.....	26
II.7.1. Les coûts directs de maintenance (C_m).....	26
II.7.1.1. Coûts de main d'œuvre (C_{mo}).....	26
II.7.1.2. Frais généraux du service maintenance.....	26
II.7.1.3. Coûts de possession des stocks, des outillages et des machines.....	26
II.7.1.4. Consommation de matières, de fournitures, de produits utilisés.....	26
II.7.1.5. Consommation des pièces de rechange.....	26
II.7.1.6. Coûts des contrats de maintenance.....	27
II.7.1.7. Coûts des travaux sous-traités.....	27
II.7.2. Les coûts indirects de maintenance (C_i).....	27
II.7.2.1. Perte de production (C_p).....	27
II.7.2.2. Coûts de la main d'œuvre de production.....	28
II.7.2.3. Coûts des arrêts induits.....	28
II.7.2.4. Coûts des rebuts, de la non-qualité et des délais non tenus.....	28
II.7.2.5. Frais de redémarrage de production.....	28
II.7.2.6. Coûts induits en cas d'accident corporel.....	28
II.7.2.7. Les coûts de défaillance (C_d).....	28

II.8.Analyse des coûts de maintenance.....	29
II.8.1. coût de la maintenance corrective.....	29
II.8.2. coût de la maintenance préventive.....	31
II .9. Conclusion.....	31

Chapitre III

Description du complexe L'ENCC

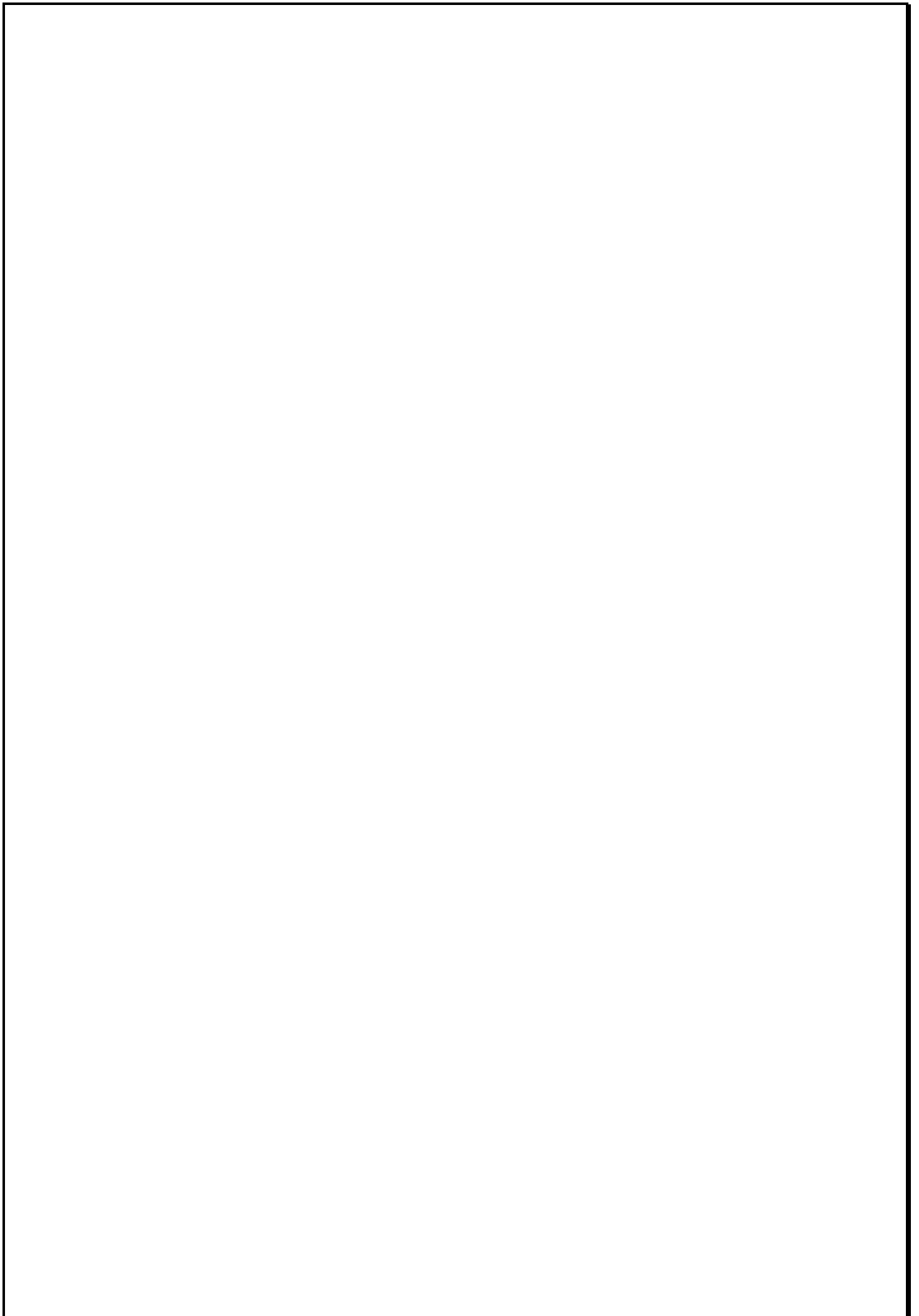
III.1. Introduction général.....	32
III.2. Historique et description de L'NCC.....	32
III.3. département contrôle.....	37
III.4. Service comptabilité.....	37
III.5. Service maintenance équipement.....	37
III.6. Service potentiel humain.....	38
III.7. Service fabrication.....	38
III.8. Service maintenance industrielle.....	40
III.9. Conclusion.....	40

Chapitre IV

Illustration et application

IV .1 Introduction.....	41
IV.2 Etude de la sureté de fonctionnement des équipements (Gemini 32 notée A, potence notée B, perceuse notée C, pont roulant notée D, plieuse notée E).....	42
IV.3 Analyse selon la nature des pannes.....	55
IV.3.1 Analyse selon la nature des pannes du GEMINI 32.....	55
IV.3.2 Analyse selon la nature des pannes du POTENCE.....	56
IV.3.3 Analyse selon la nature des pannes du PERCEUSE.....	57
IV.3.4 Analyse selon la nature des pannes du PONT ROULANT.....	57
IV.3.5 Analyse selon la nature des pannes du PLIEUSE.....	58
IV.3.6 Les valeurs moyennes des pannes selon la nature.....	59
IV.4 Analyse des coûts de maintenance.....	60
IV.4.1 Analyse des coûts de maintenance GEMINI 32.....	60
IV.4.2 Analyse des coûts de maintenance de la POTENCE.....	60

IV.4.3 Analyse des coûts de maintenance de la PERCEUSE.....	61
IV.4.4 Analyse des coûts de maintenance PONT RAULANT.....	61
IV.4.5 Analyse des coûts de maintenance PLIEUSE.....	62
IV.5. conclusion.....	63
Conclusion générale.....	64



Introduction générale :

L'objectif principal de toute entreprise consiste à maximiser les profits et minimiser les pertes. Ainsi, les stratégies de maintenance adoptées s'orientent vers la réduction des coûts des actions de maintenance et/ou l'amélioration de la disponibilité du système de production à maintenir.

La mise en place d'un plan de maintenance préventive permet d'optimiser les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment, l'objectif final étant d'assurer la qualité du produit et d'améliorer le taux de disponibilité des équipements pour augmenter la productivité.

Les exigences de haute sécurité, la réduction de coûts d'exploitation et la maîtrise de la disponibilité des équipements donnent à la maintenance des systèmes un rôle prépondérant. Elle doit être permise n'intervenir qu'en présence d'éléments défectueux, de minimiser le temps de réparation ; et de fournir un diagnostic fiable et facilement interprétable malgré la complexité des équipements.

Le concept maintenance, considéré encore comme une fatalité éprouvée par les gestionnaires, est une approche ou plus une adéquation d'un ensemble d'activités visant à maintenir à un degré convenable les moyens de production à un prix optimum pour satisfaire la disponibilité et la sécurité des équipements. La maintenance s'impose impérativement dans la fonction de la gestion de la production même et exige des décisions pour que ses objectifs, préalablement définis, soient atteints.

La maintenance est l'ensemble des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, ...) qui permettent de conserver le potentiel du matériel donc en état de stabilité pour assurer la continuité du matériel et la qualité de la production dans les conditions de sécurité. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimum.

Cette étude porte donc sur les méthodes d'optimisation de la maintenance préventive appliquée sur un processus industriel avec une application pratique. Le travail effectué dans ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

✓ Le premier chapitre est une généralité sur la maintenance (définition, L'objectif, politique et les différents types de maintenance) ainsi que la défaillance (définition et leur classification)

✓ Le deuxième chapitre permet d'une part de définir le cadre de la sûreté de fonctionnement, les méthodes d'analyses des défaillances et d'autre part présenter les coûts de maintenance.

✓ Le troisième chapitre concerne la description du complexe l'ENCC.

✓ Enfin, le quatrième chapitre est une illustration d'un cas réel. Dont le but est de valider notre recherche sur l'obtenir un temps de bon fonctionnement, une bonne fiabilité et disponibilité.

Finalement, nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité sur la maintenance

I.1. Introduction :

Aujourd'hui, il ne s'agit pas seulement de réparer est prévenir, il faut aussi savoir empêcher de tomber en panne, plus qu'une simple technique d'intervention efficace sur le fonctionnement, la maintenance est devenue une technique d'anticipation et d'organisation.

I.2. Stratégie de Maintenance : [2]

Méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance. (Norme NF EN 13306).

Elle impose des choix pour:

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
- Élaborer et optimiser les gammes de maintenance.
- Organiser les équipes de maintenance.
- Internaliser ou externaliser des travaux de maintenance.
- Définir et gérer les stocks de pièces de rechanges et consommables.
- Gérer les ressources humaines de la Maintenance.
- Etudier l'impact économique de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.
- La stratégie implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés, des indicateurs et une analyse comparative entre résultats et objectifs.

I.3. Définitions de maintenance :**I.3.1. Selon Larousse : [2]**

La maintenance est l'ensemble de tous ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement.

I.3.2. Selon L'Association française de Normalisation (AFNOR X 60-010-1994) : [3] [7]

Ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise dans des conditions bien définies. Ces activités sont une combinaison d'activités technique, administratives et de management. Les deux grandes familles de la maintenance sont la maintenance corrective et la maintenance préventive.

D'après l'AFNOR, la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Cette définition AFNOR peut être complétée par le document d'introduction à la maintenance qui précise : « Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal ».

Notons que les actions de maintenance ne sont pas seulement techniques : l'action technique est encadrée, piloté par des actions de gestion (économie et administration) et de management, ce qui implique une large polyvalence.

On remarque dans cette terminologie la notion suivante :

- * **Maintenir** : contient la notion de « surveillance » et « prévention » sur bien en fonctionnement normal.
- * **Rétablir** : contient la notion de « correction » consécutive à une perte de fonction.
- * **État spécifié** ou **service déterminé** : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- * **Coût optimal** qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

I.3.3. Selon (Norme NF EN 13306) : [2]

Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

I.4. Objectif de la maintenance : [7] [4]

La fonction maintenance jouée un rôle de plus en plus centrale dans l'entreprise, elle contribue à augmenter la productivité et diminuer les coûts engendrés par les arrêts de production causés par les pannes, assurer un bon état des équipements et des installations elles tendent à occuper une place prépondérante dans l'entreprise.

Les objectifs de la maintenance, schématisés dans la figure (I.1) sont nombreux :

- Assurer la qualité et la quantité des produits fabriqués, tout en respectant les délais.
- Optimiser les actions de maintenance (exemple : réduire la fréquence des pannes).
- Contribuer à la création et au maintien de la sécurité au travail.
- Consolider la compétitivité de l'entreprise (exemple: améliorer la productivité).

Les objectifs de la maintenance sont représentés par la figure (I.1)

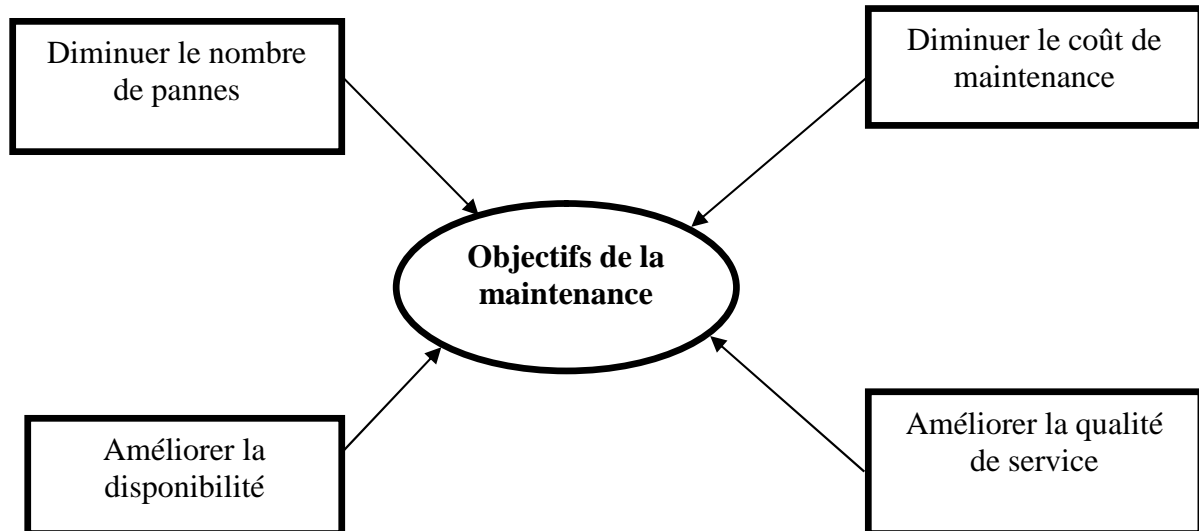


Figure I.1- objectif de la maintenance

I.5. Evaluation de la maintenance : [6]

Dans un contexte de concurrence économique à l'échelle planétaire, la gestion de la maintenance est loin d'être stabilisée dans un environnement où l'automatisation et le processus de fabrication deviennent de plus en plus complexes. Depuis les années 1940, l'évolution de la maintenance peut être tracée en trois générations selon la figure (I.2)

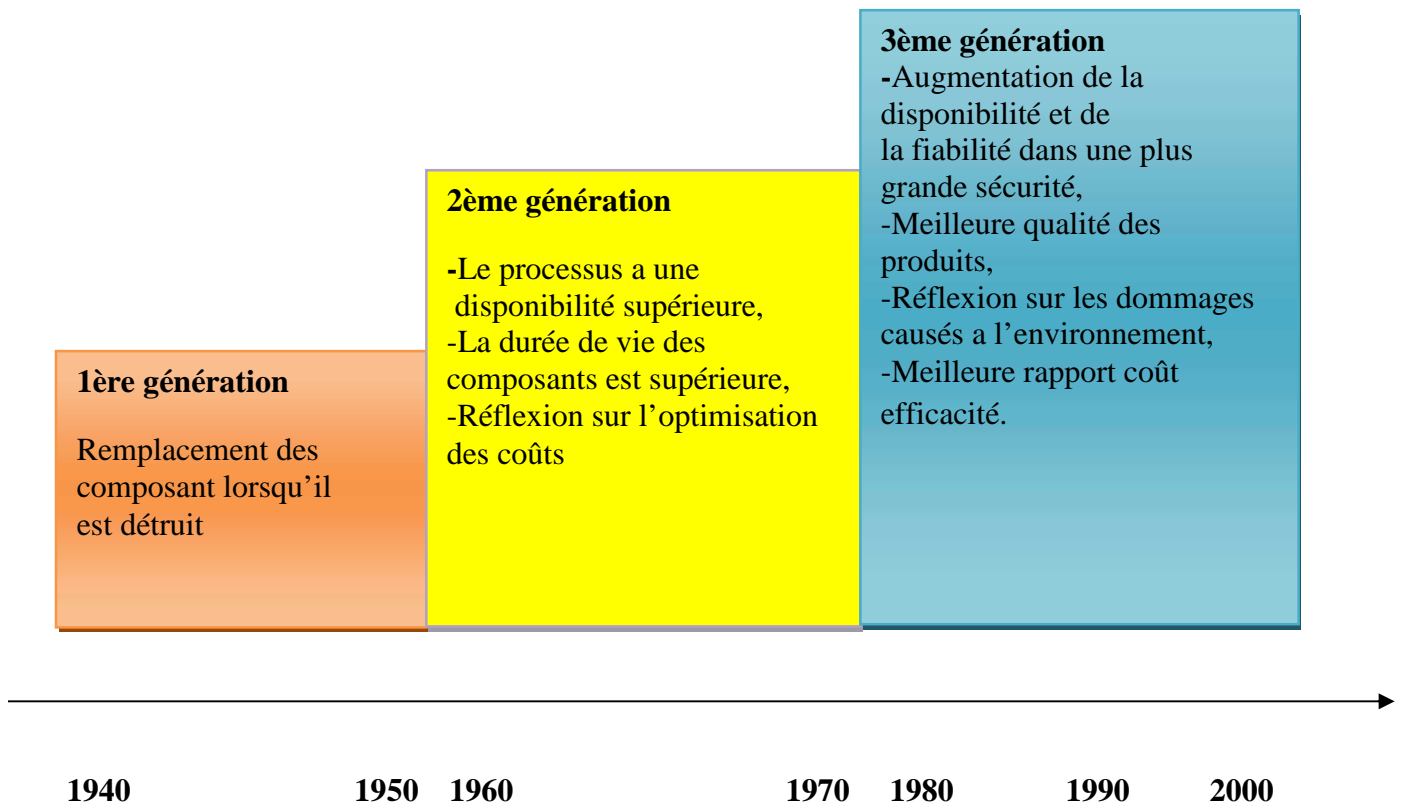


Figure I.2 - Evolution de la maintenance depuis 1940

I.6. Politique de maintenance : [4]

La politique de maintenance peut être répertoriée en deux grandes catégories la maintenance corrective et la maintenance préventive.

La maintenance corrective est la maintenance qui intervient suite à la défaillance du système alors que la maintenance préventive est réalisée lorsque le système est encore en fonctionnement. Le recours à l'une ou à l'autre de ces politiques diffère suivant l'élément considéré mais aussi le type de structure, la politique d'exploitation et de suivi, les coûts, la disponibilité de l'information, etc.

Dans la (figure I.3), nous présentons les différentes politiques suivant le type de maintenance étudiée. Alors que la mise en place d'opérations correctives ne dépend que de l'occurrence d'une panne, les maintenances préventives peuvent être programmées en fonction de différents paramètres.

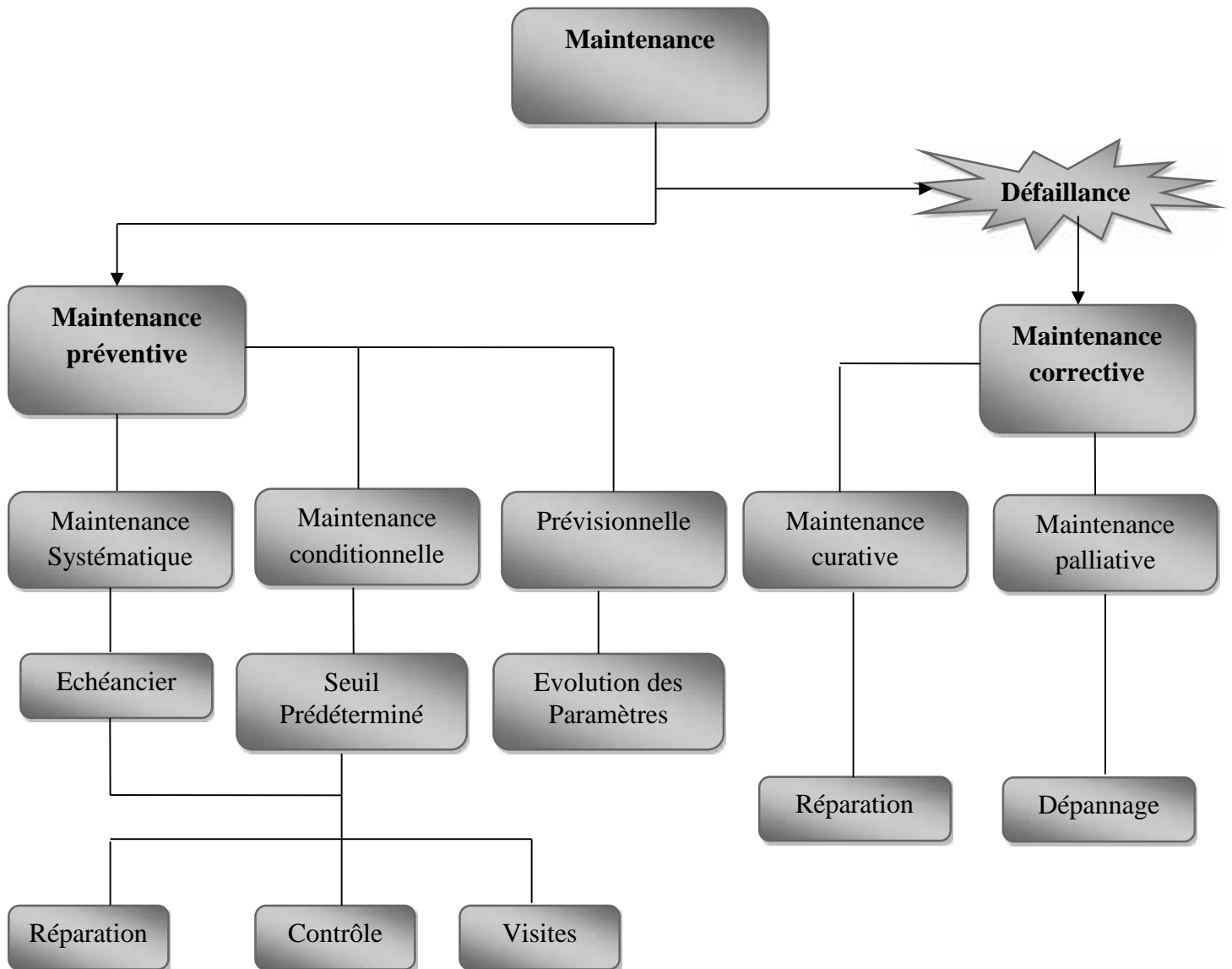


Figure I.3. Les différentes politiques de maintenance. [2]

I.6.1. Maintenance corrective : [7]

C'est «l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement:

Ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement».

La définition de la maintenance corrective fait donc apparaître 5 notions :

- **Au moins provisoirement:** la maintenance palliative a le caractère provisoire et la maintenance curative au caractère permanent des actions effectuées.
- **Localisation:** localisation de l'équipement, module ou composant défaillant.
- **Diagnostic:** Identification de la fonction perdue, de la nature de la panne, de sa (ou ses) cause(s).
- **Remise en l'état avec ou sans modification:** la correction inclut-elle l'idée d'amélioration? Pour la palliative c'est non. Pour la curative cela peut-être oui.
- **Contrôle:** Essais de bon fonctionnement.

On peut distinguer deux types de maintenance corrective : la maintenance curative et la maintenance palliative.

I.6.1.1. La maintenance palliative : [3]

Qui représente «l'activité de la maintenance corrective destinées à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise, Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'action à caractère provisoire qui devront être suivies d'action curatives».

I.6.1.2. Maintenance curative : [3]

Qui représente «l'activité de la maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances ».

I.6.2. Maintenance préventive : [3]

C'est la « maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu ». Les correspondantes sont déclenchées selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminés d'unités d'usage (maintenance systématique). Et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

I.6.2.1. Maintenance préventive systématique (périodique) : [5] [10] [4] [3]

D'après la norme X 60-010, la Maintenance Préventive Systématique est une maintenance préventive effectuée selon un échancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

Les activités de maintenance systématique sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage.

Lorsque la maintenance préventive est réalisée à des intervalles prédéterminés, on parle de maintenance systématique, l'opération de maintenance est effectuée conformément à un Échéancier, un calendrier déterminé a priori tel représenté dans la figure (I.7) Aucune intervention ne peut avoir lieu avant l'échéance prédéterminée. L'optimisation d'une maintenance préventive systématique consiste à déterminer au mieux la périodicité des opérations de maintenance sur la base du temps, du nombre de cycles de fonctionnement, du nombre de pièces produites... etc.

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'usage main sans contrôle préalable de l'état du bien. (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

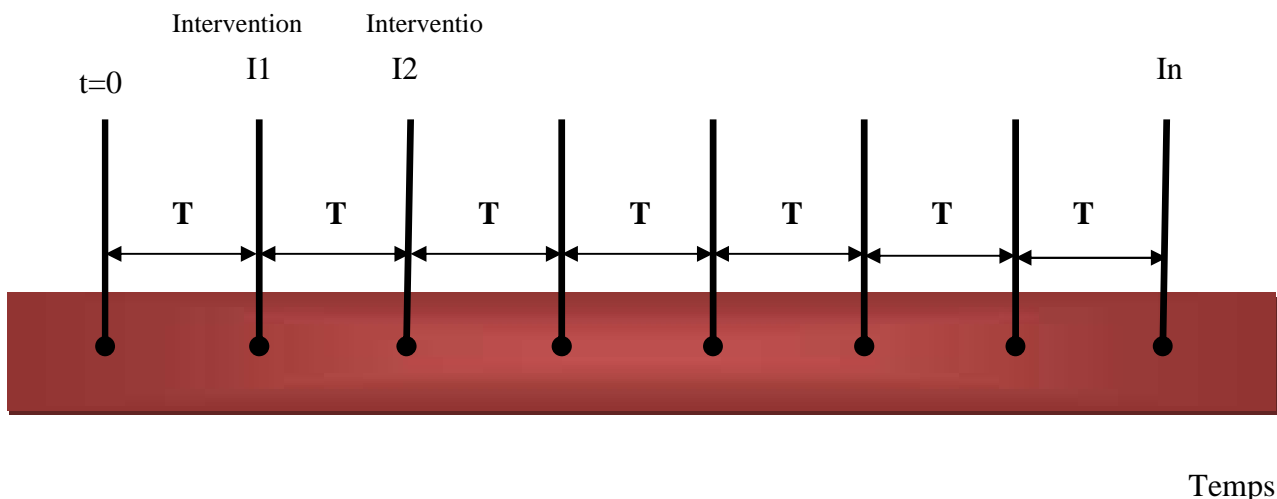


Figure I.4. Intervention préventive systématique

L'intervalle T peut-être exprimé en:

-) Temps
-) Nombre de cycles
-) Distance
-) Tonnage

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

- J Le comportement du matériel ;
- J Les modes de dégradation ;
- J Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

I.6.2.2. Maintenance préventive conditionnelle : [3]

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

I.6.2.3. Maintenance préventive prévisionnelle : [3] [1]

On définit par la «Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettent de retarder et de planifier les interventions ».

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.

I.6.3. But de la maintenance préventive : [9]

- Augmenter la durée de vie des matériels.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant,.....etc.
- Diminuer le budget de la maintenance.
- Supprimer les causes d'accident graves.

I.6.4. Les objectifs de la maintenance préventive : [7]

- J Augmenter la durée de vie des matériels.
- J Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- J Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- J Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- J Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.

- J Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, de pièces détachées, etc.
- J Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- J Diminuer le budget de maintenance.
- J Supprimer les causes d'accidents graves.

I.7. Concepts de maintenances : [7]

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts :

- a) **Les événements** : l'origine de l'action : référence à un échancier, relation à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
- b) **Les méthodes de maintenance** : qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
- c) **Les opérations de maintenance** : proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.
- d) **Les activités connexes** : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

I.8. Opérations de la maintenance :

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance :

I.8.1. Opérations de la maintenance corrective : [4]

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes et dans l'ordre :

Test : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.

Détection : ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.

Localisation : ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.

Diagnostic : ou identification et analyse des causes de la défaillance.

Dépannage, réparation : ou remise en état (avec ou sans modification).

Contrôle : du bon fonctionnement après intervention.

Amélioration éventuelle : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.

Historique : ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

I.8.2. Opération de maintenance préventive : [1]

Inspection : [contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant, calibrant les caractéristiques significatives d'un bien] (CEN).

Contrôle : [vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement] (AFNOR). ce jugement peut être une information relevée ou une décision : rejet, acceptation, ajournement.

Test : comparaison des réponses d'un dispositif à des sollicitations prédéterminées avec des réponses signification d'un bon fonctionnement (AFNOR).

Surveillance de fonctionnement : [activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien] (CND).

Surveillance active : dans cet ouvrage, l'auteur nomme ainsi l'action de surveiller maintenance. Par exemple, j'observe que le niveau est bas et je le complète, que la lampe est grillée et je la charge, ou que la courroie est détendue et je la retends.

Ronde : surveillance et/ou inspection de plusieurs installations à partir d'une (route) préétablie.

Visite : [opération de maintenance préventive consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments d'un bien et pouvant impliquer des opérations de premier niveau] (AFNOR).

I.9. Les méthodes de maintenance : [9]

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut être informé des objectifs de la direction, des décisions politiques de maintenance, mais il faut aussi connaître le fonctionnement et les caractéristiques des

matériels ; le comportement du matériel en exploitation ; les conditions d'application de chaque méthode ; les couts de perte de production.

I.10.Défaillance :

I.10.1.Définition de défaillance : [7]

C'est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. On dira qu'une entité connaît une défaillance lorsqu'elle n'est plus en mesure de remplir sa (ou ses) fonctions par extension on considère par fois qu'il y a une défaillance lorsqu'il y a altération de l'aptitude d'une entité a une fonction requise : les tolérances associé doivent alors être définis.

I.10.2.Classification en fonction de la rapidité de manifestation : [7]

a) Défaillance progressive

Défaillance due à une évolution dans le temps des caractéristiques d'une entité.

b) Défaillance soudaine

C'est la défaillance qui ne se manifeste pas par une perte progressive des performances et qui n'aurait pas pu être prévue par un examen ou surveillance antérieurs.

I.10.2.1.Classification en fonction de leur amplitude : [7] [4]

a) Défaillance partielle

C'est la défaillance résultante de déviation d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparation complète de la fonction requise.

b) Défaillance complète

C'est la défaillance résultante de déviation d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise.

c) défaillance intermittente

Ces défaillances résultent d'une perte de certaines des fonctions pour une très courte durée dans le temps. Le bloc fonctionnel retrouve ses performances d'opération tout de suite après la défaillance. (Exemple : défaut de connexion électrique.).

Les défaillances catastrophiques correspondent aux défaillances soudaines et complètes, alors que les défaillances dégradées correspondent aux défaillances partielles et progressives.

I.10.2.2. Classification des défaillances en fonction de leurs causes : [8]

Dans ce type en a deux cas : les défaillances intrinsèques ayant pour origine le système lui-même et les défaillances extrinsèques pour lesquelles le système n'est pas en cause.

a) Défaillance due à une faiblesse inhérente (intrinsèque)

Défaillance propre au système lors de conditions normales d'utilisation, la défaillance survient alors que le système n'est pas soumis à des contraintes dépassant ses possibilités. La conception et la réalisation peuvent être mises en cause. Ex: défaut de qualité matière ou de construction ou d'assemblage.

b) Défaillance première (intrinsèque)

C'est la défaillance propre à un composant du système (ex. Grippage d'un roulement à billes).

c) Défaillance due à un mauvais entretien (extrinsèque)

C'est la défaillance attribuable à l'application de contraintes au non respect ou à la méconnaissance des règles d'entretien.

d) Défaillance due à un mauvais emploi (extrinsèque)

C'est la défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du système.

I.10.2.3. Classification de défaillance en fonction de leurs conséquences : [4]**a) Défaillance majeure**

C'est la défaillance qui risque de réduire l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction.

b) Défaillance critique

C'est la défaillance qui empêche l'accomplissement de la mission et fait en courir des risques de blessures à des personnes ou des dégâts très importants au matériel. Ce type de défaillance est pris en compte dans les études de sûreté.

c) Défaillance mineure

C'est la défaillance qui ne réduit pas l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction.

I.10.3. Modes de défaillance : [3]

La norme (NF X60-510), relative à la procédure d'analyse des modes fonctionnement et de leurs effets (une AMDE diffère essentiellement d'une autre AMDEC par l'absence d'évaluation de la criticité), propose une liste de trente trois modes de défaillance génériques suffisamment ouvert pour cerner tous types d'élément.

Les modes de défaillance sont étroitement liés à l'environnement et aux conditions de fonctionnement. Une analyse fine de la situation est indispensable.

I.11. Conclusion :

La maintenance n'est pas toujours le fait de mesurer et de remettre en marche un équipement défaillant, mais c'est maîtriser ces équipements au point de dresser leur planning de maintenance. Cette fonction doit être un moyen d'optimisation des arrêts et de réduction des pertes de production. Elle doit être basée sur des choix appuyés sur la rationalité et non sur l'intuition.

chapitre II

méthodes d'analyse de la défaillance

II 1. Introduction :

Les préoccupations dites de sécurité sont très présentes dans le monde des machines outils ou dans les procédés continus comme la pétrochimie. Dans les applications de type manufacturier ou batch, les préoccupations sont plutôt liées à la disponibilité. Dès lors que la sécurité ou la disponibilité d'un système est mise en défaut, on incrimine sa fiabilité. Enfin, en cas de dysfonctionnement initial : c'est là qu'intervient la maintenabilité.

Ces quatre caractéristiques constituent la sûreté de fonctionnement d'un dispositif.

Sur un site industriel, il existe trois éléments fondamentaux : [11]

a) Produit :

La raison d'être d'un site de production est de fournir un produit. Les exigences des marchés actuels conduisent à demander au produit en question une conformité à certaines spécifications, tout en respectant les critères classiques de coût et de délai. Mais sans les deux éléments qui suivent, le produit n'existerait pas.

b) Acteurs humains :

Une usine industrielle met en œuvre des acteurs humains. Quelles que soient leurs fonctions (Opérateurs, techniciens de maintenance,..), ils sont les éléments vitaux du bon fonctionnement d'un site de production. Ils sont, entre autres, ceux sur qui va reposer la lourde responsabilité de « faire fonctionner » l'usine pour atteindre les objectifs définis dans le cadre de la politique générale de l'entreprise.

c) Outil :

Le troisième élément incontournable est représenté par l'ensemble des installations techniques mises en œuvre pour que les agents, en les « faisant fonctionner », puissent garantir la fourniture du produit, au coût prévu, dans les délais et avec le niveau de qualité requis. C'est sur cet outil que la maintenance interviendra afin d'assurer la pérennité du bon fonctionnement du système productif. La caractéristique essentielle attachée à cet outil est l'assurance d'une sûreté de fonctionnement appelée « disponibilité ».

II .2. Eléments de base de la sûreté de fonctionnement : [12]

La sûreté de fonctionnement a acquis sa notoriété et sa forme actuelle principalement au cours du dernier demi-siècle et dans les secteurs de défense, de l'aéronautique, de l'espace, du nucléaire, puis des télécommunications et des transports. Ce domaine se montre de plus indispensable à tous les secteurs de l'industrie.

Par définition, la sûreté de fonctionnement consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances des systèmes technologiques et les défaillances humaines. Nous allons présenter dans ce qui suit les notions fondamentales à la maîtrise de cette discipline et les outils et démarches associées.

II .2.1. Définition de sûreté de fonctionnement : [12]

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. On notera que ce concept peut englober la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, la sécurité, ou des combinaisons de ces aptitudes.

Au sens large, la sûreté de fonctionnement est considérée comme la science des défaillances et des pannes.

La sûreté de fonctionnement est souvent défini comme :

- FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité et Sécurité) ;
- Science des défaillances / Analyse des risques

Elle se caractérise à la fois par les études structurelles statistique et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel et expérimental (essais accidents), en tenant compte des aspects probabilité et des conséquences induites par les défaillances technique et humaines. Cette discipline intervient non seulement au niveau de systèmes déjà construits mais aussi au niveau conceptuel pour la réalisation des systèmes.

II .2.2. Les fondamentaux de la sûreté de fonctionnement : [13]

Le terme « **sûreté de fonctionnement** », inventé voici trente ans pour englober plusieurs concepts, n'a pas d'équivalent exact en langue anglais. En France la sûreté de fonctionnement regroupe quatre notions :

❖ **La fiabilité** : la norme AFNOR NF X 60-500 définit la fiabilité comme l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans les conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

La notion de fiabilité s'interprète par $R(t)$ que l'entité considérée soit non défaillante sur la durée $[0, t]$ sachant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant 0.

Un exemple de mesure de fiabilité est le taux de défaillance, inverse du MTTF (Mean Time To Failure : temps moyen jusqu'à la première défaillance)

Il existe deux types de fiabilité : [11]

- la fiabilité intrinsèque, qui est propre à un matériel, selon un environnement donné ; elle ne dépend que de la qualité de ce matériel.
- La fiabilité extrinsèque, qui résulte des conditions d'exploitation et de la qualité de la maintenance; elle est relative à l'intervention humaine.

❖ **La maintenabilité :** Dans les conditions données d'utilisation, L'AFNOR définit la maintenabilité comme étant l'aptitude d'une entité à être maintenu ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.

On notera que la norme américaine MIL-STD-721C est presque identique dans sa formulation mais inclut le niveau requis de qualification des personnels : « la maintenance est la mesure de l'aptitude d'un dispositif (« item ») à être maintenu ou remis dans les conditions spécifiées lorsque la maintenance de celui-ci réalisée par les agents ayant les niveaux spécifiées de compétences, utilisant les procédures et les ressources prescrites, à tout les niveaux prescrits de maintenance et de réparation »

Elle se caractérise par la probabilité $M(t)$ que la maintenance de l'entité considéré accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits, soit effectuée sur la durée $[0, t]$ sachant qu'elle est défaillante à l'instant 0. Un exemple de mesure de la maintenabilité est le MTTR (Mean Time To Recover : temps moyen de réparation ou de restauration du système dans l'état de bon fonctionnement).

L'indicateur MTTR est calculé en additionnant les temps actifs de maintenance ainsi que les temps annexes de maintenance, le tout divisé par le nombre d'interventions.

❖ **La disponibilité :** la norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité être en état d'accomplir une fonction requise dans les conditions données, à un instant moyennant l'intervention extérieure nécessaire de maintenance soit assurée ».

❖ Sécurité (Safety) : [12]

« Aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques ».

Il est important de noter qu'en français, la terminologie ne fait pas la différence entre « Security » et « Safety ». Le terme « Security » concerne les aspects réglementaire de la Sécurité (respect des normes, contrôle des accès à des locaux ou à des systèmes informatiques) tandis que le terme « Safety » enseigné aux Etats-Unis sous le nom « d'industriel Safety » recouvre les aspects techniques de la sécurité. En sûreté de fonctionnement nous sommes plus proches de « Safety ».

II .3. L'objectif de la sûreté de fonctionnement : [13]

La sûreté de fonctionnement (SdF) a pour objectif de répondre :

- ✓ D'abord aux exigences de fiabilité du système particulièrement dans les systèmes industriels ;
- ✓ Ensuite aux exigences de disponibilité, mettant en jeu des propriétés de fiabilité et de maintenabilité intrinsèque au système, mais d'efficacité de son système de maintien en condition opérationnelle. Elles répondent à des attentes de qualité de service.

La sûreté de fonctionnement est une notion générique qui mesure la qualité de service délivré par un système, de manière à ce que l'utilisateur ait en lui une confiance justifiée.

Cette confiance justifiée s'obtient à travers des méthodes d'analyses qualitatives et quantitatives des différentes propriétés du service délivré par le système, mesurée par les grandeurs probabilistes : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité pour une analyse qualitative et une étude AMDEC pour analyse quantitative.

II .4. Les études de La sûreté de fonctionnement : [13]

Elles constituent un préalable indispensable à la conception et à l'exploitation d'un système voulu sûr, et permet d'aider à la décision en :

- Comprendre et identifier les risques ;
- Optimiser l'architecture et comparer des solutions différentes ;
- Optimiser les moyens de soutien en comparant des solutions ;
- Justifier les choix de façon rationnelle et démontrée ;
- Vérifier la bonne atteinte des objectifs de La sûreté de fonctionnement.

Elles peuvent aussi aider à l'optimisation en :

- Diminuant le nombre de pannes qui seront observées durant la vie du système ;
- Rendant la maintenance plus ciblée et plus efficace ;
- Dimensionnement au plus juste les moyens de soutien nécessaires (stocks de pièces de rechange).

En pratique l'étude de La sûreté de fonctionnement comporte deux volets complémentaires :

- Une analyse fonctionnelle, qui va détailler la manière dont le système va opérer dans toutes ses phases de vie ainsi que les autres systèmes avec lesquels il va pouvoir interagir ;
- Une analyse dysfonctionnement, qui vise à imaginer l'ensemble des défaillances pouvant survenir n'importe où dans le système, seules ou combinées entre elles, et à analyser l'impact de ces pannes.

Les résultats de ces deux études sont mis en commun dans une modélisation de système qui va représenter virtuellement celui-ci avant sa réalisation, tant dans son fonctionnement attendu que dans la panne susceptible de lui arriver.

En étudiant cette modélisation, il devient alors possible de valider ou invalider une solution technique, optimiser des choix architecturant, remplacer les composants critiques, ceci dans le but de :

- Réduire au maximum les risques ;
- Réduire au maximum les coûts d'exploitation ;
- Tolérer, dans la mesure du possible, certaines fautes en autorisant un fonctionnement en mode dégradé sous certaines conditions.

II .5. Métriques de la sûreté de fonctionnement : [13]

Des grandeurs associées à la sûreté de fonctionnement peuvent être calculées à partir des mesures de probabilités. Contrairement aux précédentes, qui sont fonction du temps, les grandeurs suivantes caractérisent des durées moyennes.

❖ **MTTF** : Durée moyenne de fonctionnement d'une entité avant la première défaillance (en anglais Mean Time To Failure)

$$\mathbf{MTTF} = \int_0^{\infty} \mathbf{R(t)} \mathbf{dt}$$

❖ **MTTR** : Moyenne des Temps Techniques de Réparation (en anglais Mean Time To Repair)

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\sum \mathbf{TTR}}{\mathbf{NP}}$$

-TTR : Temps de Réparation.

-NP : Nombre de Panne.

-MUT : Durée moyenne de fonctionnement après réparation (anglais Mean Time Up Time).

-MDT : Durée moyenne d'indisponibilité après défaillance (Mean Time Down Time).

-MTBF : Durée moyenne entre deux défaillances, c'est la moyenne Totale de Bon Fonctionnement (anglais Mean Time Between Failure).

-TTBF : Totale des Temps de Bon Fonctionnement.

-TBF : Temps de Bon Fonctionnement.

NPBF : Nombre de Période de Bon Fonctionnement.

$$\mathbf{MTBF} = \mathbf{MDT} + \mathbf{MUT}$$

$$\mathbf{MTBF} = \frac{\sum \mathbf{TBF}}{\mathbf{NPBF}}$$

Ces durées sont représentées dans la figure II.1

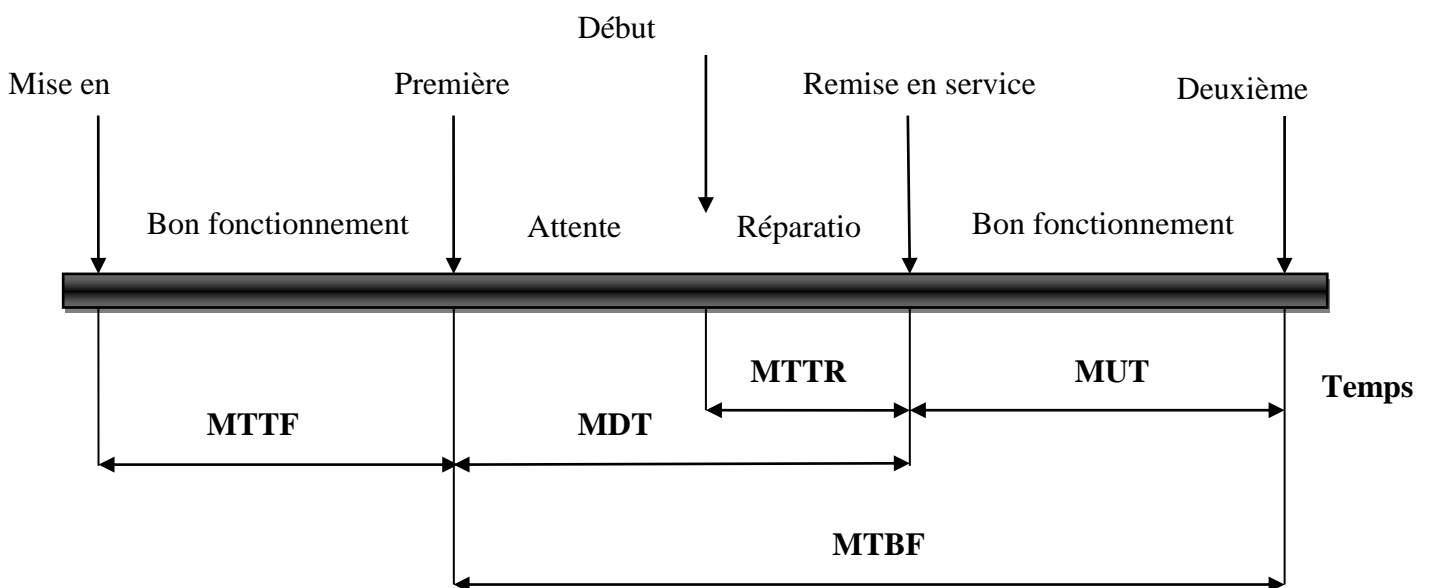


Figure II .1. Les paramètres de la sûreté de fonctionnement

❖ **Les indicateurs de la FMD : [13]**➤ **Le taux de défaillance λ**

Fonction de taux de défaillance, c'est le nombre de défaillance par unité de temps. Déduite de l'inverse de la MTBF

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

➤ **Le taux de réparation μ**

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

➤ **Disponibilité**

L'indicateur de base de la disponibilité opérationnelle est : **D**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

II .6. Les méthodes d'analyses des défaillances : [11]**II.6.1. L'AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité :**

C'est une méthode inductive permettant, pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou la sécurité de système.

Acronyme Anglais: FMECA: Failure Modes and Effects and Critically and Analysis.

Dans le cas d'organes spécifiques et mal connus, une analyse de type AMDEC peut s'avérer nécessaire. La réalisation d'une AMDEC permet de considérer les causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production. Il s'agit d'une analyse critique qui se déroule en six étapes (figure II.2). Cette analyse a pour objectif d'identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines, puis à en rechercher les origines et leurs conséquences.

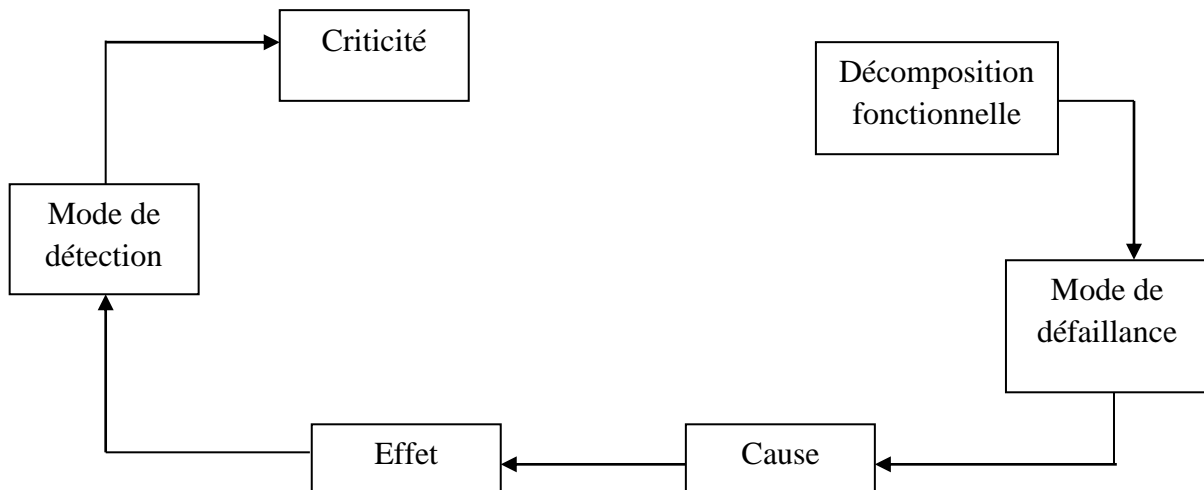


Figure II.2. Etapes d'une analyse de type AMDEC

Décomposition fonctionnelle :

Il s'agit d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement.

Modes de défaillance :

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Ceci peut intervenir de quatre manières différentes:

- Plus de fonction : la fonction cesse de se réaliser.
- Pas de fonction : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite.
- Fonction dégradée : la fonction ne se réalise pas parfaitement : altération des performances.
- Fonction intempestive: la fonction se réalise alors qu'elle n'est pas sollicitée.

Causes de défaillance :

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance.

Il existe trois types de causes conduisant à une défaillance :

- Causes internes au matériel ;
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu, à l'exploitation ;
- Causes externes dues à la main d'œuvre.

Effet de la défaillance :

L'effet d'une défaillance est, par définition, la conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple mode-cause de la défaillance et correspond à la perception finale de celle-ci.

Mode de détection :

Le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur est susceptible de détecter la présence d'une défaillance.

Criticité :

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par l'analyse du scénario mode-cause-effet-détection de défaillance. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

- La gravité de l'effet ;
- La fréquence d'apparition du couple mode-cause ;
- La possibilité d'utiliser des signes de détection ;

L'indice de criticité, qui vise à évaluer le niveau de risque associé à la fonctionnalité d'un équipement permet de décider de l'action à entreprendre. Cet indice est déterminée par :

$$C = G * O * D$$

C : Indice de criticité.

G : Indice de Gravité.

O : Indice de fréquence d'Occurrence.

D : Indice de non Détection.

II .6.2. Le classement ABC, loi de PARETO : [11]

C'est une méthode qui permet de sélectionner les équipements les plus critiques à partir de données statistiques objectives. Elle est aussi appelée <<règle des 20-80>>, (20 % des équipements provoquent 80% des pannes du système de production).

➤ Courbe ABC :

Cette méthode revient à partager la courbe de répartition en trois zones distinctes appelées A, B, C. la zone A contient les éléments qui contribuent à la valeur de 73% et 97% tandis que la zone C inclut les éléments restants.

La figure (II.3) représente les trois zones :

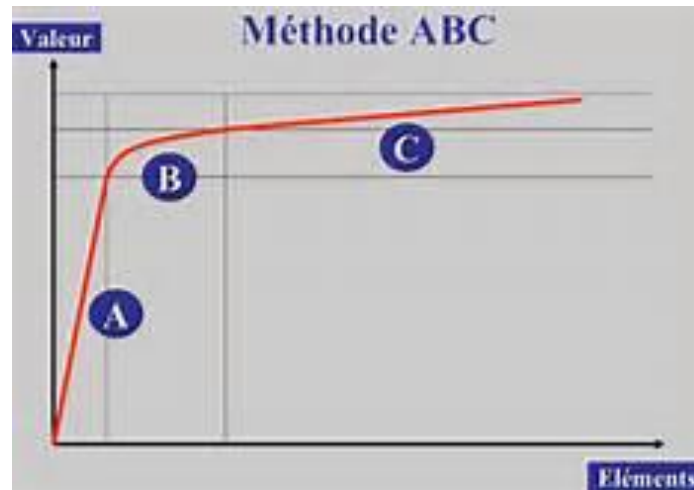


Figure II.3. Diagramme de la méthode ABC

➤ **Le but :**

C'est un outil de visualisation, d'analyse et d'aide à la prise de décision. En soulignant la répartition des faits par ordre d'importance, il permet de faire un choix et de concentrer l'action autour des problèmes à traiter en priorité. Le but de cette méthode est aussi faire apparaître les causes les plus importantes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets. Sachant que 20% des causes sont à l'origine de 80% des conséquences.

II.7. les coûts de maintenance : [11]

Les coûts de maintenance représentent l'ensemble des dépenses engagées pour maintenir en état de fonctionnement un système complexe. Bien souvent ils sont associés à des exigences de fonctionnement en termes de sécurité, de fiabilité ou encore de disponibilité.

L'analyse des coûts permet au responsable de la politique de maintenance d'effectuer ses choix principaux :

- Etablissement d'un budget prévisionnel annuel ;
- Suivi des dépenses et respect du budget ;
- Optimisation de maintenance préventive à mettre en œuvre ;
- Vérification de l'efficacité des actions de maintenance ;
- Décision du recours ou non à la sous-traitance et à la main d'œuvre externe ;
- Renouvellement du matériel.

II.7.1. Les coûts directs de maintenance (Cm) :

Ils peuvent se rapporter à une intervention corrective (C_{me}), préventive (C_{mp}) ou externalisée (C_{me}). Les coûts directs de maintenance (C_m) sont constitués des éléments suivants :

II.7.1.1. Coûts de main d'œuvre (Cmo) :

Les couts de main d'œuvre correspondent à l'équation II.1

$$C_{mo} = \text{temps passés} * \text{taux horaire de maintenance.} \quad \text{Equation II.1}$$

Les temps passés sont saisis par les techniciens de maintenance sur les bons de travail. Le taux horaire de maintenance exprimé en DA / heure est fourni par la comptabilité. Ce taux est évidemment fonction de la qualification de l'intervenant, mais également de la politique sociale de l'entreprise. Ceci explique que ce taux varie pour un même technicien employé dans des structures différentes.

II.7.1.2. Frais généraux du service maintenance :

Les frais généraux du service maintenance sont les frais fixes du service, estimés à l'année et ramenés à l'heure d'activité. Ils sont parfois estimés en pourcentage du budget du service ou intégrés au taux horaire. Ils comprennent les appointements des cadres et des employés de bureau, les loyers, les assurances, les frais de chauffage, d'éclairage, de reprographie, de communication, etc.

II.7.1.3. Coûts de possession des stocks, des outillages et des machines :

Les coûts de possession des stocks, des outillages et des machines donnent une évaluation des pertes et dépréciations dues au stockage. Ils intègrent également les frais de magasinage.

II.7.1.4. Consommation de matières, de fournitures, de produits utilisés :

L'exécution des tâches de maintenance exige de nombreuses fournitures dont le coût est connu grâce aux factures rédigées par les fournisseurs.

II.7.1.5. Consommation des pièces de rechange :

Il s'agit d'un poste important en maintenance, évalué à partir des factures d'achat qu'il faut réactualiser (pièce dormante pendant plusieurs années, mais qui reste stratégique) et corriger par la prise en compte des frais de transport, de passation de commande et de magasinage.

II.7.1.6. Coûts des contrats de maintenance :

La maintenance de certains matériels spécifiques est parfois externalisée (sous-traitance).

Le montant du contrat de maintenance est généralement négocié à l'année.

II.7.1.7. Coûts des travaux sous-traités :

Les coûts des travaux sous-traités sont connus par les factures des prestataires de service, puis éventuellement majorés par un « taux de participation du service » sous forme de prêt de matériel, assistance, contrôle, etc.

Il est alors possible de regrouper les coûts directs de maintenance en 4 rubriques donné par l'équation II.2 :

- C_{mo} : dépenses de main d'œuvre.
- C_f : dépenses fixes du service maintenance.
- C_c : dépenses de consommables.
- C_e : dépenses externalisées.

$$C_m = C_{mo} + C_f + C_c + C_e \quad \text{Equation II.2}$$

II.7.2. Les coûts indirects de maintenance (C_i) : [11]

Les coûts indirects de maintenance peuvent aussi être nommés coûts indirects de disponibilité ou coûts indirects d'arrêt de production. Ces coûts intègrent toutes les conséquences économiques induites par l'arrêt d'un équipement requis.

III.7.2.1. Perte de production (C_p) :

Il est évident que, pendant l'arrêt d'une ligne de production, non seulement les produits non fabriqués ne peuvent être commercialisés, mais plus encore, ils sont vendus par la concurrence.

Il est possible d'estimer les pertes de production par:

$$C_p = \text{temps d'indisponibilité (Ti)} * \text{taux horaire de non production } (\tau) \quad \text{Equation II.3}$$

Ti : est le temps de l'indisponibilité relevé pendant une période où l'équipement défaillant est requis. Le taux horaire, exprimé en DA / heure, est déterminé pour l'équipement considéré. Il

dépend majoritairement de la criticité de l'équipement à l'intérieur de l'ensemble du système de production.

II.7.2.2. Coûts de la main d'œuvre de production :

Ces coûts correspondent à l'attente des opérateurs pendant le temps d'indisponibilité de l'équipement (T_i).

II.7.2.3. Coûts des arrêts induits :

Les coûts des arrêts induits touchent particulièrement les organisations en flux tendus. En effet, faute de stocks tampons, l'arrêt d'une unité sur une ligne de production perturbe rapidement les unités en amont (saturation) et en aval (pénurie).

II.7.2.4. Coûts des rebuts, de la non-qualité et des délais non tenus :

Ces coûts sont souvent difficilement chiffrables, puisque le coût de la diminution ou de la perte d'une certaine image de marque ne peut être défini précisément. Il est cependant possible d'estimer les pénalités de retard et les coûts des pièces fabriquées mais rebutées.

II.7.2.5. Frais de redémarrage de production :

Souvent, le redémarrage d'une ligne de production induit une période de perte de matière ou de qualité, obligeant à éliminer des produits fabriqués.

II.7.2.6. Coûts induits en cas d'accident corporel :

Une panne fortuite traitée dans l'urgence est malheureusement parfois génératrice d'accidents du travail en interne, et parfois même, peut induire des dommages corporels pour les usagers.

II.7.2.7. Les coûts de défaillance (C_d) :

Les coûts de défaillance résultent des coûts directs et indirects d'une ou d'un cumul de défaillances relatives à un équipement représenté par l'équation II.4

$$C_d = C_m + C_i \quad \text{Equation II.4}$$

La figure (II.4) montre que les coûts directs et indirects de maintenance varient dans des sens opposés, dans la mesure où la diminution des temps d'indisponibilité est le résultat d'une maintenance préventive plus importante et plus efficace.

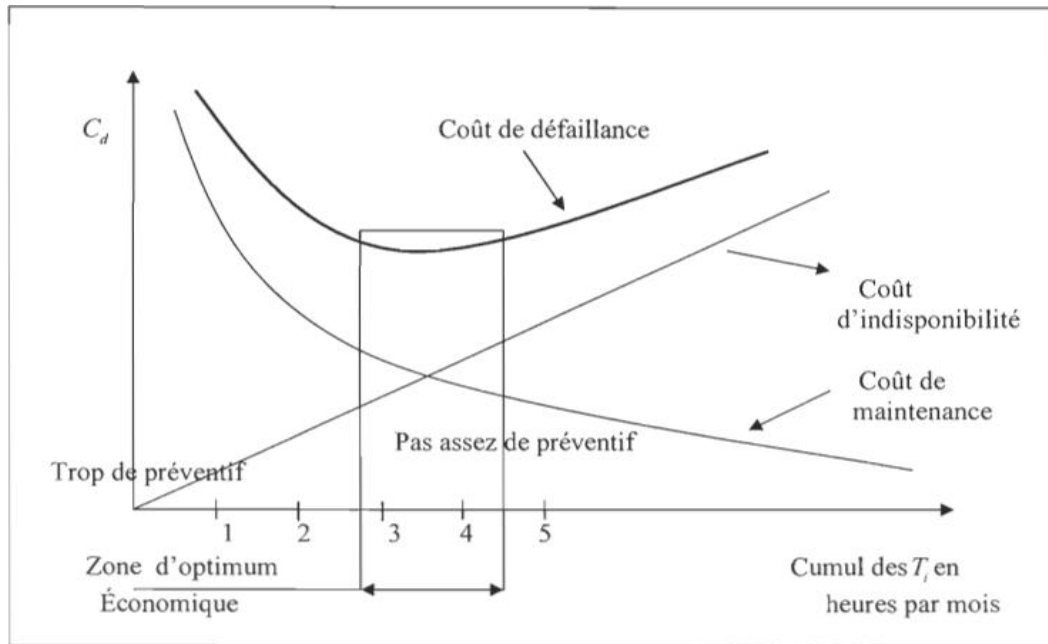


Figure II.4. Evolution des coûts de défaillance.

La figure (II.4) met en évidence la linéarité des coûts d'indisponibilité. Une maintenance préventive peu développée entraîne des coûts indirects, dus aux arrêts de production, trop importants. Inversement, trop de préventif entraîne des coûts directs, dus à des investissements humains et matériels, trop importants.

Cependant le graphique montre également qu'il existe un optimum au niveau des coûts de défaillance. L'objectif est donc d'optimiser le plan de maintenance préventive en cherchant un équilibre entre les coûts directs et indirects et donc, entre la disponibilité des équipements et les coûts de maintenance.

II.8. Analyse des coûts de maintenance : [14]

Dans cette section, en se référant à (Monchy, F. (2003)), on analyse les coûts de maintenance pour le cas : corrective et préventive.

II.8.1. coût de la maintenance corrective :

Pour les coûts de maintenance corrective, nous adopterons le modèle suivant :

$$C_d = C_m + C_i$$

Equation II.5

❖ Constitutions des coûts directs de maintenance C_m :

-coût de la main d'œuvre :

-faire généraux du service de maintenance : ils comportent les appointements des cadres, des employé de bureau, les loyers et assurances, les frais de chauffage, d'éclairage, de communication, etc.

-coût de possession des stocks, des outillages et des machines.

- coût de consommation de matière, produits et fournitures utilisés.

- coût consommation des pièces de rechange.

- coût des contrats de maintenance.

- coût des travaux sous-traités.

Donc, il possible de regrouper les coûts direct de maintenance sous quatre rubrique :

$$C_m = C_{mo} + C_c + C_f + C_e \quad \text{Equation II.6}$$

➤ Constitutions des coûts d'indisponibilité C_i :

Ils intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement requis. Ils sont parfois nommés coût de perte de production ou de coût non maintenance. Le problème, à ce niveau, est les coûts directs sont difficilement quantifiable ou ne le sont pas du tout. Les conséquences d'une défaillance fortuite sur un équipement requis peuvent porter sur les éléments suivant :

La perte de production C_p , tel que:

$$C_p = \tau_2 \cdot T_i \quad \text{Equation II.7}$$

Avec : T_i est le temps d'indisponibilité propre relevé pendant une période où l'équipement défaillant est requis.

τ_2 : est le taux horaire, exprimé en dollar/heure, déterminé pour l'équipement considéré.

Il dépend majoritairement de la criticité de l'équipement à l'intérieur de l'ensemble du système de production. Lorsque le taux τ_2 intègre tous les critères de perte suivants, la formule devient :

$$C_p = \tau'_2 \cdot T_i$$

Equation II.8

- les coûts de main d'œuvre de production inoccupé pendant
- le coût d'amortissement du matériel arrêté.
- le coût des arrêts induits, l'arrêt d'une unité perturbe rapidement les unités amont (saturation) et aval (pénurie)
- le coût du aux frais de redémarrage de la production
- les coûts induits en cas d'accident corporels
- les coûts par les délais non retenus. Pénalité de retard, perte de clients ou dégradation de l'image de marque de l'entreprise.

II.8.2. coût de la maintenance préventive : [14]

Les coûts de maintenance préventive C_{mp} varient logiquement à l'inverse des coûts directs de maintenance corrective C_{mc} . En fait, la stratégie de maintenance permet de choisir librement le niveau de soin préventif à organiser sur un équipement. Dans ce cas, les coûts correctifs deviennent des coûts résiduels.

II .9. Conclusion :

Dans se chapitre nous donnons les quatre notions fondamentales de la sureté de fonctionnement matérialisés par la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, la sécurité, leurs objectifs est l'approche technique de celle-ci. Les méthodes fréquentes d'analyse de défaillance sont citées, ainsi que les calculs des coûts de maintenance pour aboutir à une optimisation

Chapitre III

Description du complexe L'ENCC

III.1. Introduction :

Les productions de vapeurs ou d'eau chaude occupent une place dominante dans les activités industrielles, le principe est de chauffer de l'eau et produire de la vapeur, l'énergie thermique peut être produite de diverses manières soit par l'électricité effet Joules, par combustion solide, liquide ou gazeuse. La chaudière est un nom de sens féminin désignant un appareil où l'eau est transformée en vapeur afin de produire une énergie thermique et répandre de la chaleur.

Chaudière : désigne un appareil (voir une installation industrielle, selon sa puissance) permettant de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau). L'énergie thermique transférée (source de chaleur) peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de fioul, de gaz, de bois, de déchets, etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion ou gaz de procédés chimiques, chaudière « nucléaire » recevant la chaleur du circuit primaire, etc.), soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques, par exemple). Les chaudières sont aussi bien des systèmes industriels que domestiques.

III.2. Historique et description de L'NCC:

L'unité chaudières industrielles a été affectée en tant que projet en 1983 à l'ENCC. Elle démarré eu part qu'unité en avril 1985

L'unité est spécialisée dans la fabrication de chaudières de différentes capacités

Les principaux produits et prestation que livre l'unité actuellement sont :

- Chaudière à eau chaude ;
- Chaudière à vapeur ;
- Chaudière domestiques ;
- Usinage mécanique ;
- Rénovation des chaudières.

Quelques exemples des produits :



Figure III.1. Chaudière à eau.



Figure III.3. Chaudière à vapeur.



Figure III.2.Les citernes.

Pour réaliser ses plans de production que livre l'unité dispose de moyens techniques et industriels de production se répartissant entre deux grands ateliers :

1/un atelier corps de chaudières dote d'équipements et installation techniques dont notamment des équipements de chaudronnerie sous pressions, la construction des éléments essentiels du corps de la chaudière tel que la virole, le voyer, les plaques tubulaires et un fais eau de tubes.

Le montage de ces ensembles est exécuté au niveau de même atelier selon un plan pré établi.

2/un atelier mécanique usinage équipe des machines-outils assure l'usinage d'une partie des accessoires des chaudières la politique de développement économique qui a été déployée en Algérie a été dominé par deux axe principaux – l'indépendance –cet économique et par l'intégration industrielle.

La mise en œuvre d'une telle stratégie de développement industrielle impliquant la création de moyens en vue de sa réalisation notamment dans les secteurs qui devaient jouer un rôle prépondérant dans la mise en place de cette infrastructure industrielle, les secteurs qui ont été les plus concernés sont la sidérurgie et la métallurgie la société nationale de construction métallique (SNMETAL) a été créé le 09.11.1967et a dû déployée de nouveaux investissement pour couvrir la demande national en charpente métallique et chaudronnerie...

LENCC issue de la restructuration de la SNMETAL a été créé par décret 83.49 du 01.01.1983 au journal officiel du 25.01.1983 l'entreprise dispose de moyens d'études de fabrication de montage sur site et de maintenance industrielle.

L'unité chaudière a été créé par décision du secrétaire d'état 074.607DI du 14.08.1974 elle s'étend sur 38 hectares a été individualisé et sa configuration initiale prévoyait des ateliers pour la fabrication industrielle et domestique ainsi que la chaudronnerie lourde pour les appareils à pression période de mise en route des principaux équipements et installation 80/84-mise en route 84/85.

Son capital social fixé à la somme 100.000.000 de dinars devisé en 1000 action de 100.000 dinars chacune numérotée de 1 à 1000 représentatives d'apports en nature Sa superficie globale est de 20 hectares répartis comme suit :

- Sa superficie couverte : 4.6 hectares ;
- Superficie couverte : 15.4 hectares dont 1.2 hectares de stockage ;

CHAUDRAL emploie actuellement 176 travailleurs dont 22 cadres ,42 agents de maîtrise et 112 agents d'exécution son personnel est spécialisé dans la fabrication de différentes capacités et utilisation

- Chaudières industrielles ;
- Chaudières domestiques ;
- Chaudières à vapeur ;
- Générateurs.

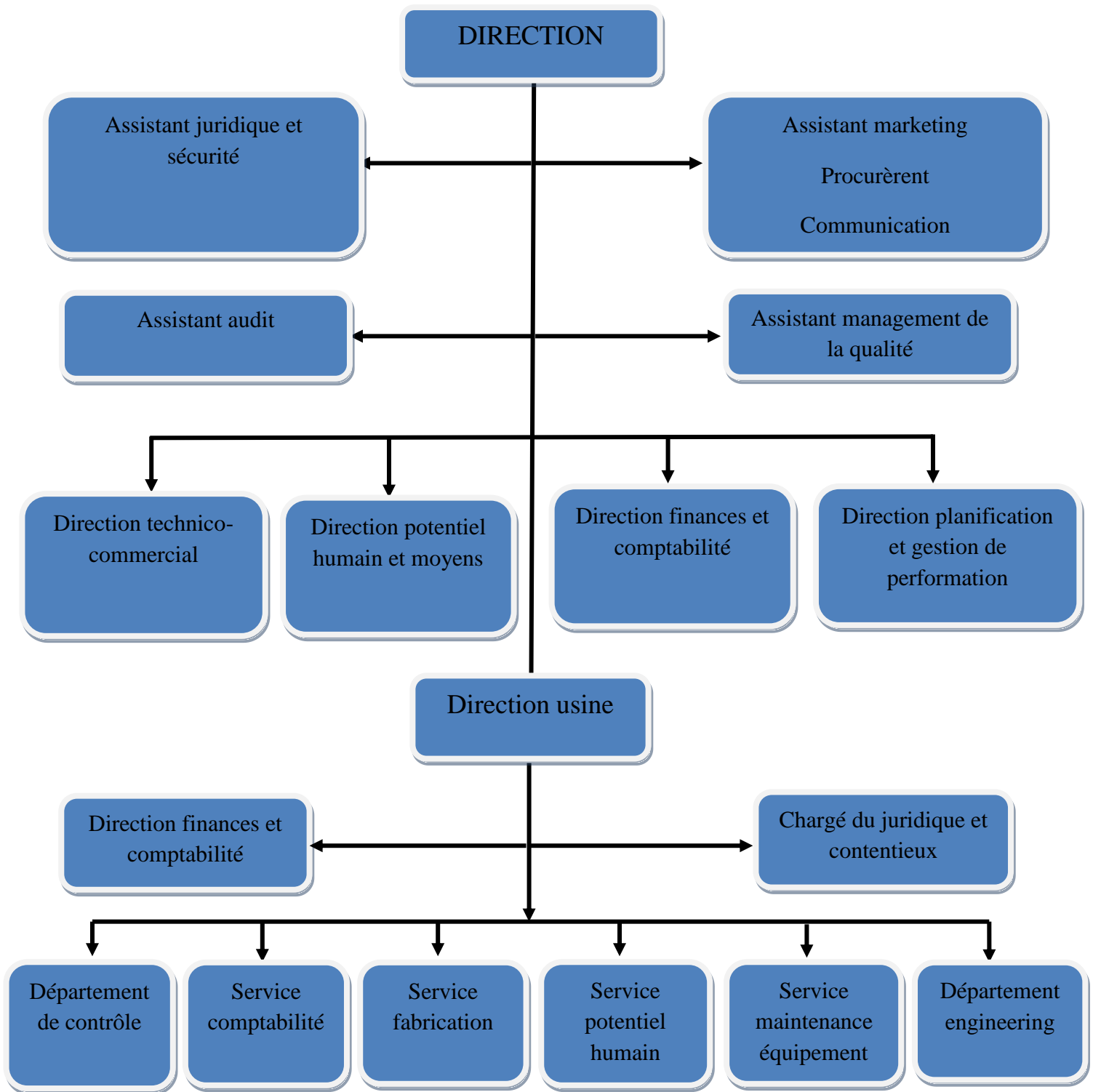


Figure III.4. Organigramme de fonctionnement de chaudral

III.3. Département contrôle :

Reçoit la gamme de fabrication ou la gamme d'usinage du bureau des méthodes.

Le contrôle utilisée au niveau d'atelier de l'ENCC est contrôle destructif (les essais mécaniques tels que : essai de traction, pleige) et contrôle le non destructif tels que le contrôle de soudure par rayons x, ultrason et le produit nettoyant, pénétrant et révélateur).

Il est essentiel que le personnel connaisse les avantages et inconvénients et les limites des différentes méthodes et technique employées.

-le produit (ex la chaudière) est contrôlée la première opération jusqu'à la dernière opération

Contrôle l'oxycoupage (dimensionnel à l'aide des instruments de mesure tels que : le mètre, pied à coulisse.)

-contrôle de qualité .après soudage par Rx ou US ;

-après assemblage contrôle visuel ;

-puis la chaudière subie le traitement thermique ;

-contrôle d'étanchéité assemblage corps chaudière ;

-test hydraulique ;

-test de performance et le contrôle complet de la chaudière.

III.4. Service comptabilité :

La gestion financière consistée :

-gérer la comptabilité générale ;

-assurer l'équilibre financier (achat salaire) ;

- Traduire les résultats financiers (bénéfices- pertes) ;

-contrôle les facteurs par rapport aux entrées /sorties du magasin ;

-établir la valeur des stocks.

III.5. Service maintenance équipement :

Définition: c'est un ensemble d'actions qui permet l'entretien et maintien des équipements de production en état de disponibilité.

Il se compose de chef service, d'un technicien chargé de la maintenance et de deux équipes d'interventions (mécanique, électromécanique).

III.6. Service potentiel humain :

Il s'occupe de :

- la gestion du cout du travail ;
- l'application de règlementation ;
- la discipline et l'hygiène de l'entreprise ;
- procédure de recrutement ;
- Etablissement des décisions (promotions –mise en disponibilité) ;
- Gestion des courriers des employés ;
- Gérer les moyens généraux et les œuvres sociales.

III.7. Service fabrication :

Le service fabrication est constitué de plusieurs groupes que ces groupes nous vous la maîtrise et les exécutent.

Chaque groupe est composé de :

- Un responsable ;
- Des chaudronneries ;
- Des machinistes.

Le rôle de la fabrication est commencer un produit- quelconque jusqu'à sa finition qui sera remis au commençant la fabrication travail avec le département technique ainsi le service contrôle.

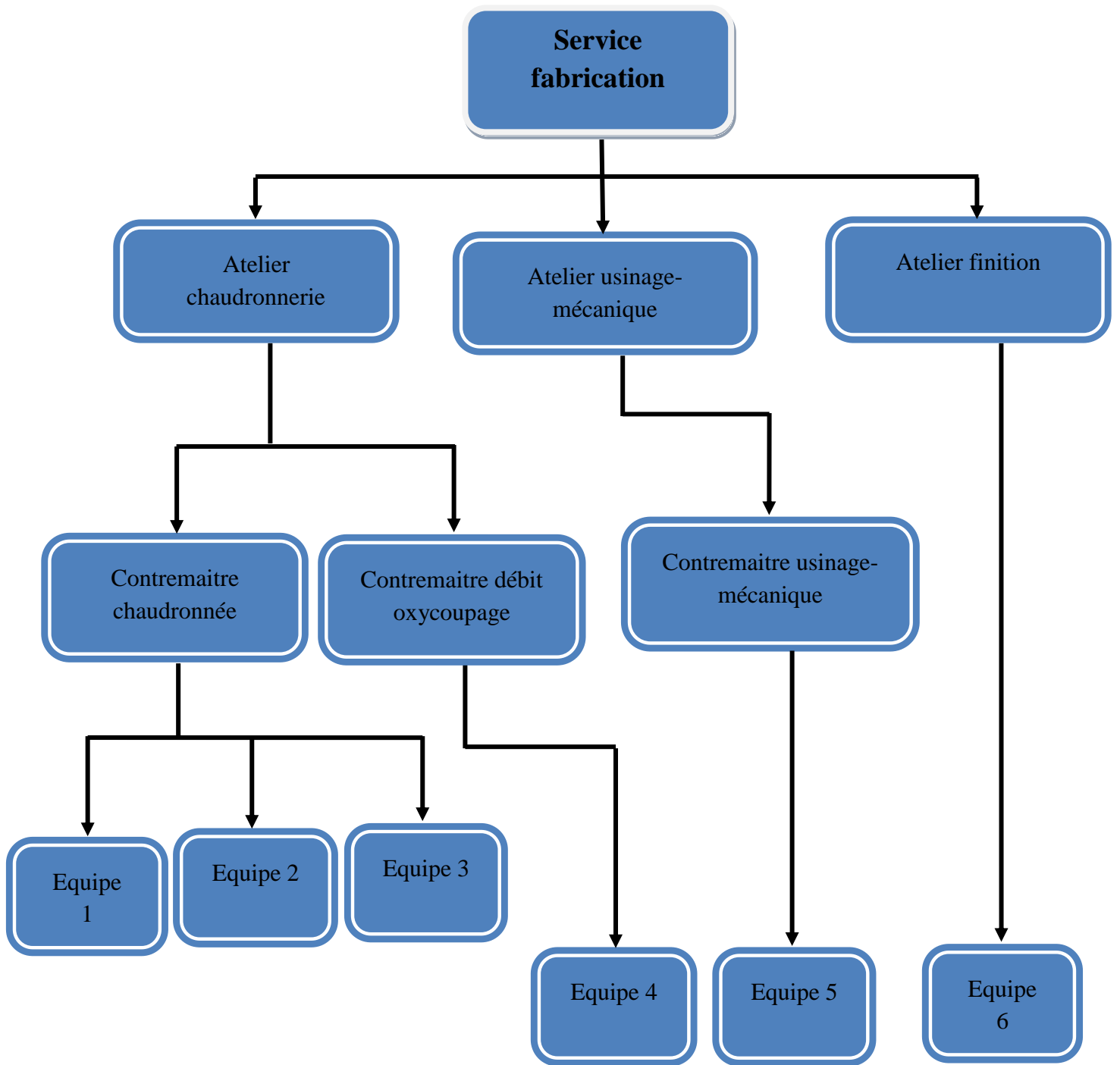


Figure III.5. Service de fabrication

III.8. Service maintenance industrielle :

La maintenance industrielle se devise en deux postes :

Poste A : à la demande de client :

- Intervention : effectuer des travaux d'urgence.
- Révision : examiner de nouveau pour corrige ou modifier le produit réalisé.

Poste B : planning chaudral :

- Inspection : effectué des contrôles et des vérifications établir un rapport et un bilan thermique si nécessaire.
- Maintenance : effectuer des travaux suivant rapport d'un organisme.

Qui permettent de maintenir le produit réalisé en bon état de fonctionnement afin d'éviter toute dégradation.

III.9. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'unité chaudière L'NCC, Découvrir tous les équipements de production et le processus de fabrication, faire une étude détaillée sur les différentes structures de l'entreprise.

Chapitre IV

Illustration et application

IV.1. Introduction :

Les statistique des dossiers technique du L'ENCC nous ont permit d'effectuer des relavés détaillés sur cinq équipements (GEMINI, POTENCE, PONT ROULANT, PERCEUSE, PLIEUSE), installé dans l'atelier chaudière, le synoptique de l'installation des équipements étudié sont représentés par figure (IV.1).

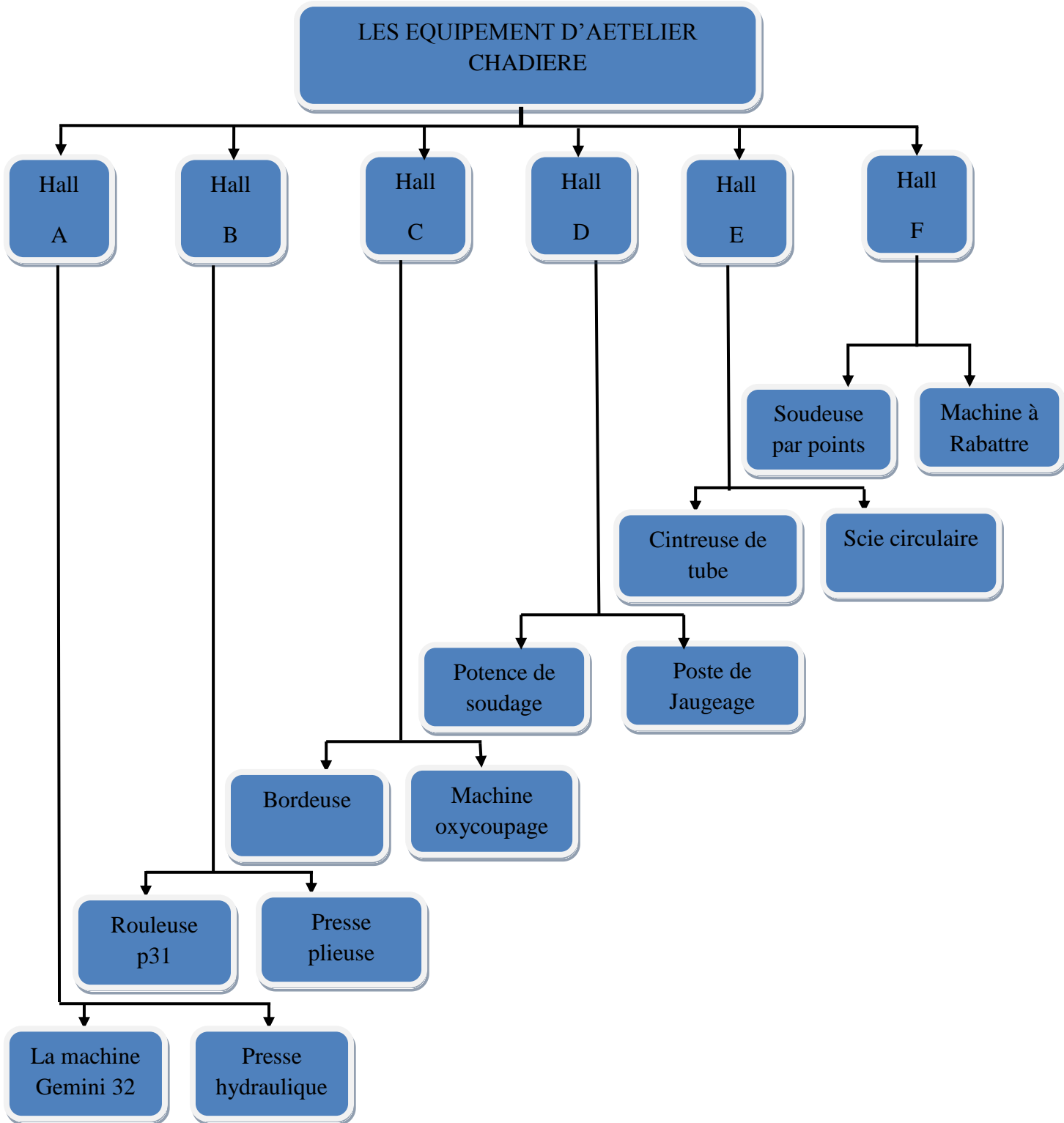


Figure IV.1. Synoptique de l'installation des équipements à études

IV.2. Etude de la sureté de fonctionnement des équipements (Gemini 32 notée A, potence notée B, perceuse notée C, pont roulant notée D, plieuse notée E) :

Les machines suivant présentent des pannes de nature diverse classée comme suit :

E : représente les pannes électriques.

M : représente les pannes mécaniques.

EM : représente les pannes électromécaniques.

I : représente les pannes d'instrumentation.

L'historique technique des pannes relevé pour les machines suivant à la date 01/01/2017 à 31/01/2017.

-Calcul de la moyenne de temps totale de bon fonctionnement (MTBF) :

Pour calculer la durée de bon de fonctionnement il faut calculer le temps total de réparation (TTR) de chaque panne qui est égale la somme des hommes heures (h) puis on calcule la moyenne totale des temps de réparation MTTR.

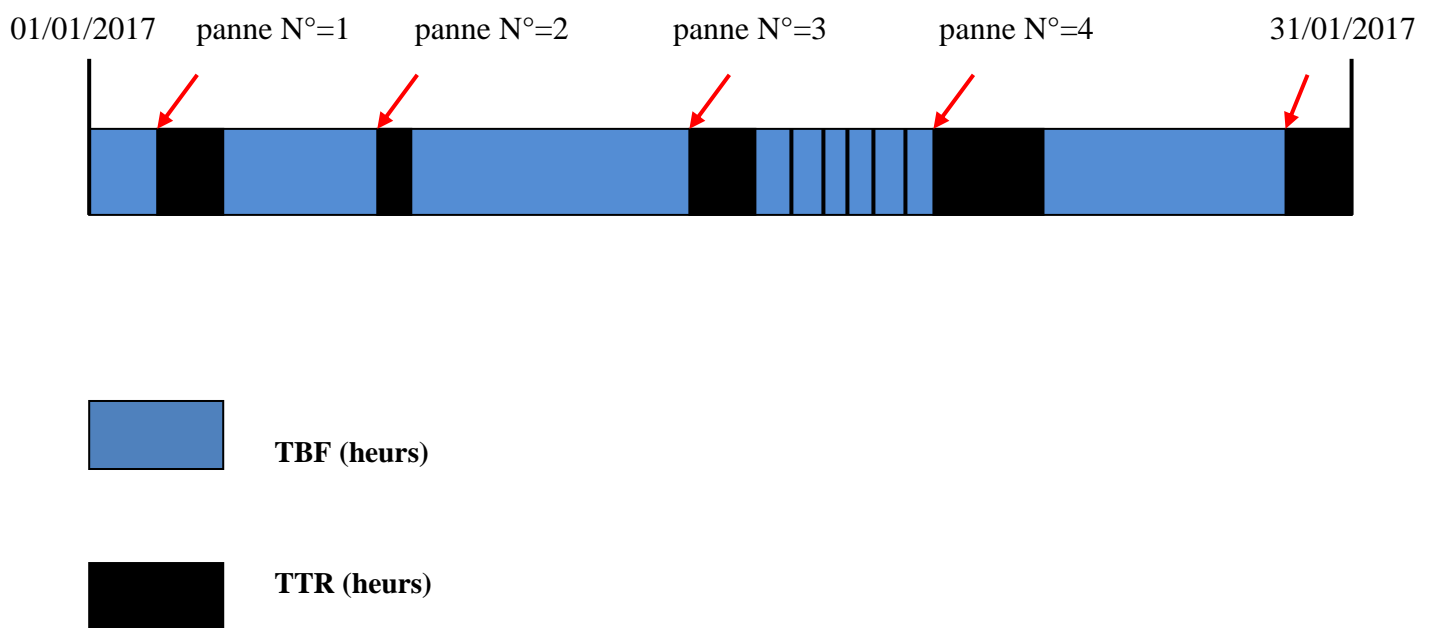


Figure. IV.2. la période choisie des équipements à étudier

TTF= 30 jours = 30*24 =720 heures

Le TTR est exprimé en heures.

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\Sigma \mathbf{TTR}}{\mathbf{NP}} \quad \text{Équation (IV .1)}$$

$$\mathbf{MTBF} = \frac{\Sigma \mathbf{TBF}}{\mathbf{NP}} \quad \text{Équation (IV .2)}$$

-Le taux de défaillance

Selon la formule suivante on calcule le taux de défaillance

$$\lambda = \frac{1}{\mathbf{MTBF}} \quad \text{Équation (IV .3)}$$

-Le taux de réparation

Selon la formule suivante on calcule le taux de réparation

$$\mu = \frac{1}{\mathbf{MTTR}} \quad \text{Équation (IV .4)}$$

-La disponibilité

Le calcul de la disponibilité stationnaire est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{D} = \frac{\mathbf{MTBF}}{\mathbf{MTBF} + \mathbf{MTTR}} \quad \text{Équation (IV .5)}$$

❖ Gemini 32

L'historique du nombre des pannes, de la nature des pannes, des causes des pannes ainsi que les indicateurs TTR, TBF et les couts de réparation exprimés en heures sont donnés dans le tableau (IV.1)

Tableau IV.1. Relevé de panne du GEMINI

Nombre des pannes	Nature des pannes	Désignation	TTR par (heurs)	TBF par (heurs)	Couts de réparation DA
1	E	Branchement de câble	1	29	5321.30
2	M	Gemini en panne	2	25	555.00
3	E	Changement de portes fusibles	3	27	21.67
4	M	Visite préventive	4	28	9500.00

Le MTBF est calculé par l'équation (IV.2), la MTTR par l'équation (IV.1), le λ par l'équation (IV.3), μ par l'équation (IV.4) la disponibilité par l'équation (IV.5), Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau (IV.2)

Tableau IV.2. Les indicateurs de la SDF du GEMINI

MTBF (heurs)	MTTR (heurs)	λ	μ	D
27.25	2.5	0.036	0.4	0.91

L'histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du GEMINI est représenté par la figure IV.3 :

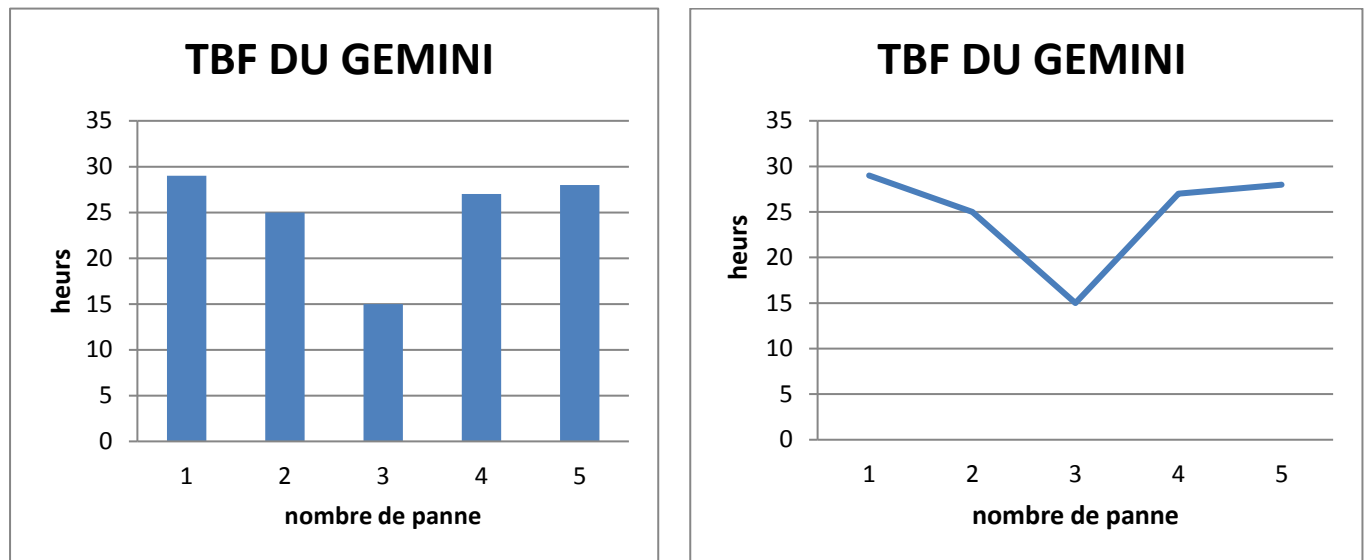


Figure. IV.3. Histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du GEMINI

L'interprétation de la figure(IV.3)

La courbe présente les variations du TBF en fonction de nombre des pannes. Tel que la valeur minimale est située entre la deuxième et la quatrième panne dont la cause est un problème électrique (Changement de portes fusibles) tandis que les autres pannes sont mineures ce qui conduit à un de temps de bon fonctionnement est relativement constant. Donc Gemini comporte quatre pannes quasiment faibles.

❖ POTENCE

L'historique des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par heures, le TBF par heures et les Coût de réparation de la POTENCE est représentés dans le tableau (IV.3)

Tableau IV.3. Relevé de panne de la POTENCE

Nombre des pannes	Nature des pannes	Désignation	TTR par (heures)	TBF par (heures)	Coût de réparation (DA)
1	E	Potence en panne électrique	3	18	350.00
2	M	Défaut de démarrage de potence	1	26	2300.00
3	E	Potence en panne électrique	2	13	95.00
4	I	Visite générale de potence	5	24	5350.00
5	I	bruit de vibration anormal	1	14	2000.00

La MTBF (heures), λ , μ , D sont déterminées par les équations citées précédemment le Tableau (IV.4) représente les résultats obtenus.

Tableau IV.4. Les indicateurs de la SDF de la POTENCE

MTBF (heures)	MTTR (heures)	λ	μ	D
19	2.4	0.05	0.41	0.88

L'histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du POTENCE est représenté par la figure (IV.4) :

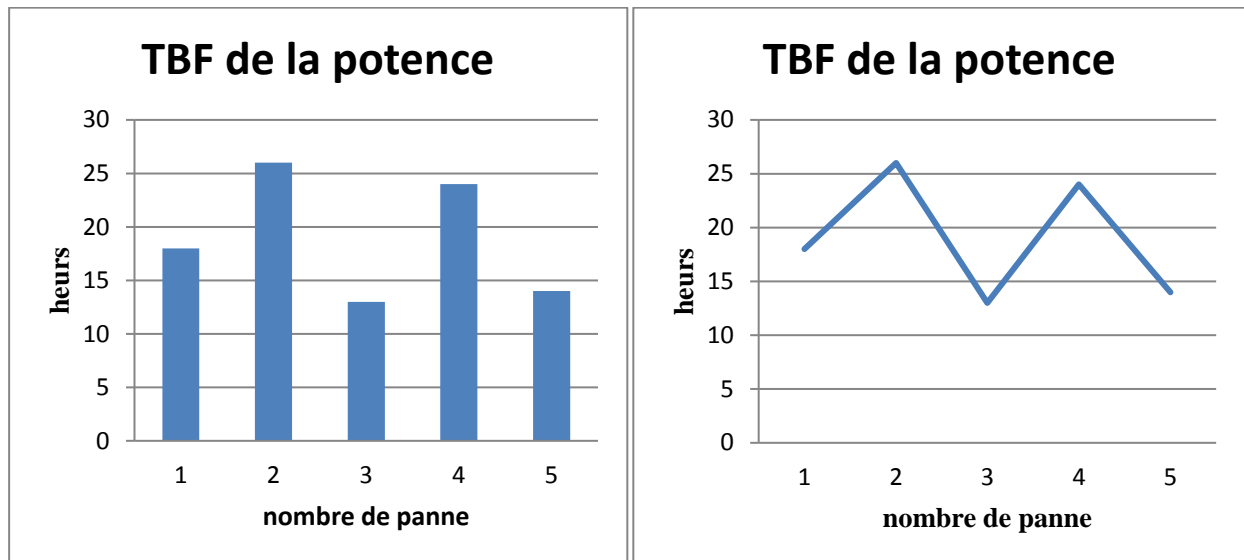


Figure. IV.4. Histogramme et graphe du TBF en fonction de nombre de la panne du POTENCE

L'interprétation de la figure(IV.4)

On remarque que la courbe présente des variations du TBF dues à l'introduction de plusieurs pannes (panne 1, panne2, panne 3) à cause de défaut de démarrage donc la potence nécessite une maintenance préventive avec une période de visite plus adaptée.

❖ **PERCEUSE**

L'historique des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par heures, le TBF par heures et Coûts de réparation de la PERCEUSE sont regroupés dans le tableau(IV.5)

Tableau. IV.5. Relevé des pannes de la PERCEUSE

Nombre des pannes	Nature des pannes	Désignation	TTR par (heurs)	TBF par (heurs)	Coûts de réparation DA
1	EM	Perceuse panne électromécanique	3	30	19500.00
2	E	Perceuse panne électrique	3	22	580.00
3	M	Serrage les vis de la perceuse	1	23	3500.00
4	EM	La pompe hydraulique en panne	2	21	900.00

La MTBF (heurs), la MTTR (heurs), λ , μ , D sont déterminées par les équations citées précédemment le tableau (IV.6) représente les résultats obtenues.

Tableau. IV.6. Les indicateurs de SDF de la PERCEUSE

MTBF (heurs)	MTTR (heurs)	λ	μ	D
24	9	0.041	0.11	0.72

L'histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne de la PERCEUSE est représenté par la figure. IV.5 :

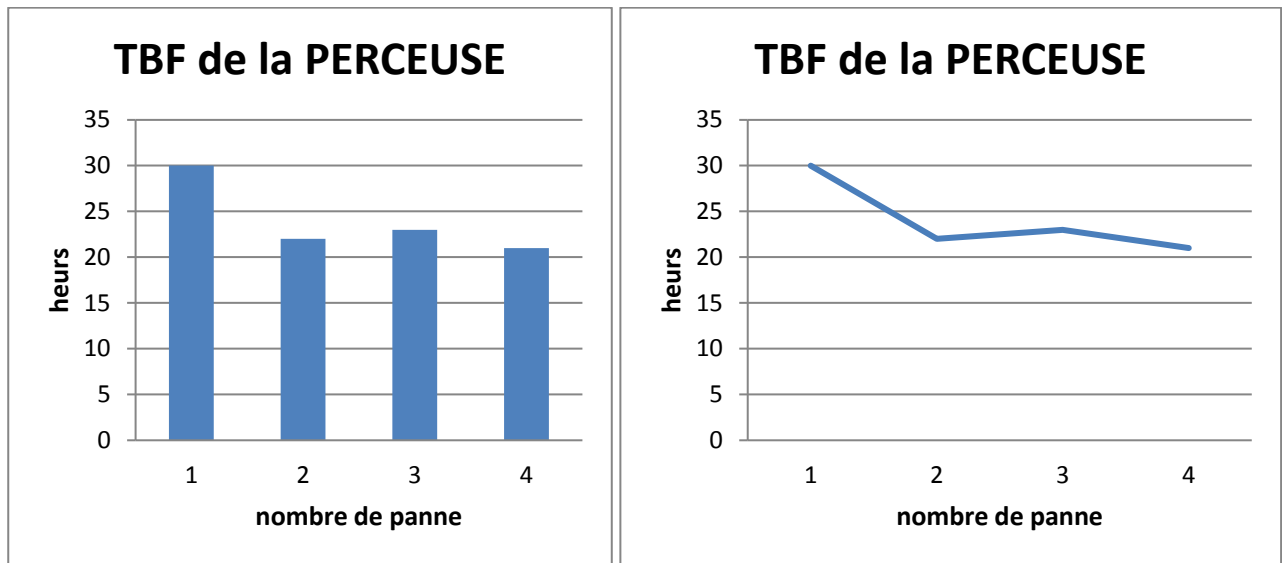


Figure. IV.5. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de panne de la PERCEUSE

L'interprétation de la figure(IV.5)

On remarque que la perceuse tombe en panne quatre fois dans une période de un mois. Les quatre pannes sont mineures ce qui conduit à un de temps de bon fonctionnement est relativement constant. Permettant une bonne fiabilité et disponibilité de la perceuse.

❖ PONT ROULANT

L'historique des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par heures, le TBF par heures et Coûts de réparation du PONT RAULANT sont regroupés dans le tableau(IV.6)

Tableau. IV.7. Relevé des pannes du PONT ROULANT

Nombre des pannes	Nature des pannes	désignation	TTR par (heurs)	TBF par (heurs)	Coût de réparation (DA)
1	E	Pant roulant en panne	2	7	5600.00
2	M	Recommandation de garniture mécanique	3	10	6700.00
3	M	Déclanchement de moteur	2	12	55000.00
4	E	Pant roulant en panne	2	14	2500.00
5	I	Contamination d'huile	4	7	6500.00

La MTBF (heures), la MTTR (heures), λ , μ , D sont déterminées par les équations citées précédemment le tableau (IV.7) représente les résultats obtenues.

Tableau IV.8. Les indicateurs de SDF du PONT ROULANT

MTBF (heures)	MTTR (heures)	λ	μ	D
10	13	0.1	0.07	0.43

L'histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne du PANT ROULANT est représenté par la figure. IV.6 :

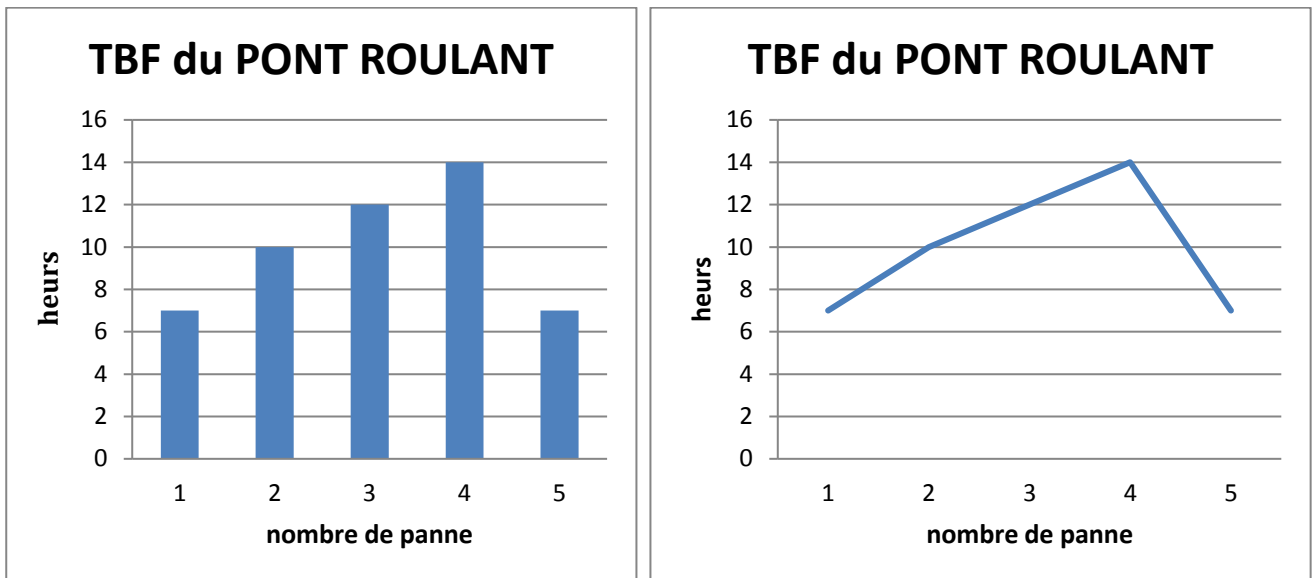


Figure IV.6. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre de pannes du PANT ROULANT

Interprétation de la figure (IV.6)

On remarque que nous avons une valeur importante des TBF entre la 2^{ème} et la 4^{ème} panne. La première panne d'origine électrique ainsi que la cinquième panne est due au problème de contamination d'huile. Réduisent la valeur du TBF. Une analyse des huiles est préconisée à des intervalles de temps plus optimisés.

❖ **PLIEUSE**

L'historique des pannes, la nature des pannes, les causes des pannes, le TTR par heures, le TBF par heures et Coûts de réparation de la PLIEUSE sont regroupés dans le tableau(IV.9)

Tableau. IV.9. Relevé de panne de la PLIEUSE

Nombre des pannes	Nature des pannes	Désignation	TTR par (heurs)	TBF par (heurs)	Coûts de réparation DA
1	M	Bruit sur moteur	3	25	5560.00
2	E	Réparation circuit électrique	2	16	6570.00
3	M	Serrage du corps de pompe	5	19	400.00
4	I	Contamination d'huile	1	22	6500.00

La MTBF (heurs), la MTTR (heurs), λ , μ , D sont déterminées par les équations citées précédemment le tableau(IV.10) représente les résultats obtenus.

Tableau. IV.10. Les indicateurs de SDF de la PLIEUSE

MTBF (heurs)	MTTR (heurs)	λ	μ	D
20.5	2.2	0.048	0.45	0.90

L'histogramme et graphe du TBF en fonction du nombre de panne de la PLIEUSE est représenté par la figure IV.7:

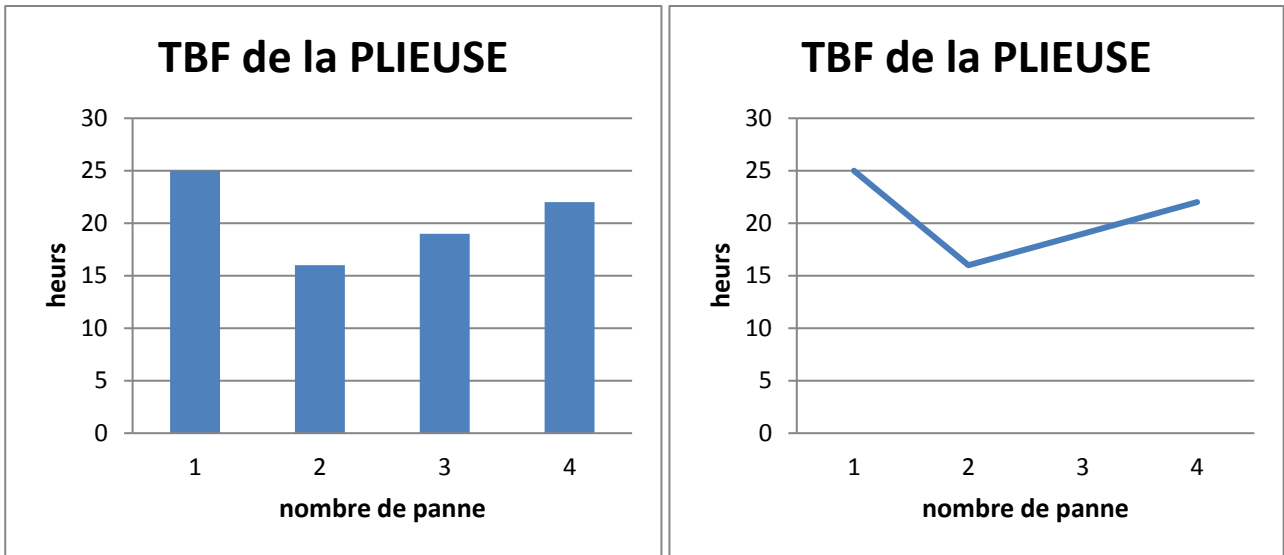


Figure. IV.7. Histogramme et graphe de TBF en fonction du nombre des pannes de la PLIEUSE

Interprétation de la figure (IV.7)

On remarque que la plieuse a un TBF maximale avant la première panne, le TBF a atteint une valeur minimale à la 2ème panne d’origine électrique et à partir de la 3ème panne le TBF augmente.

IV.3 Analyse selon la nature des pannes :

Pour synthétiser les résultats obtenus on regroupe les valeurs des pannes, des MTTR, des MTBF, par nature des pannes pour les machines suivant (Gemini 32, Potence, Perceuse, Rouleuse, Pont roulant, Plieuse, Soudure), afin de calculer le pourcentage des trois types de pannes.

IV.3.1 Analyse selon la nature des pannes du GEMINI 32 :

Tableau IV.11. Relevé de nature des pannes du GEMINI

Nature des pannes	Nombre de pannes	MTBF (heures)	MTTR (heures)
E	2	28	2
M	2	26.5	3
EM	/	/	/
I	/	/	/

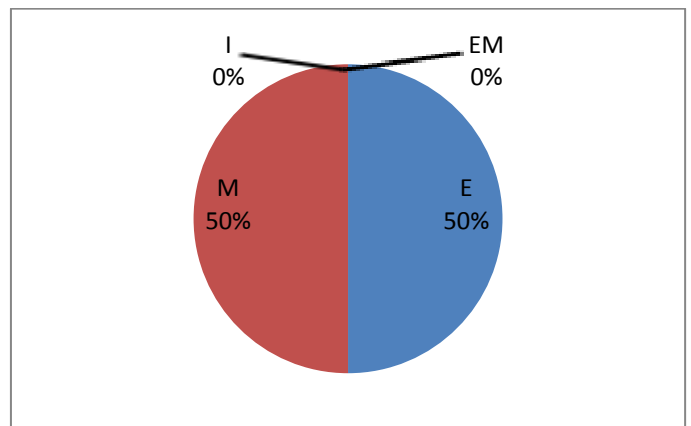


Figure. IV.8. Pourcentage de nature des Pannes de GEMINI

Interprétation de la figure (IV.8)

Nous constatons que les pannes d'origines électromécaniques et instrumentations sont inexistantes, les pannes de nature mécanique et électrique sont du même pourcentage de 50 %.

IV.3.2 Analyse selon la nature des pannes de la POTENCE :

Tableau. IV.12. Relevée de nature des pannes de la POTENCE

Nature des pannes	Nombre de pannes	MTBF (heures)	MTTR (heures)
E	2	15.5	2.5
M	1	26	1
I	2	19	3
EM	/	/	/

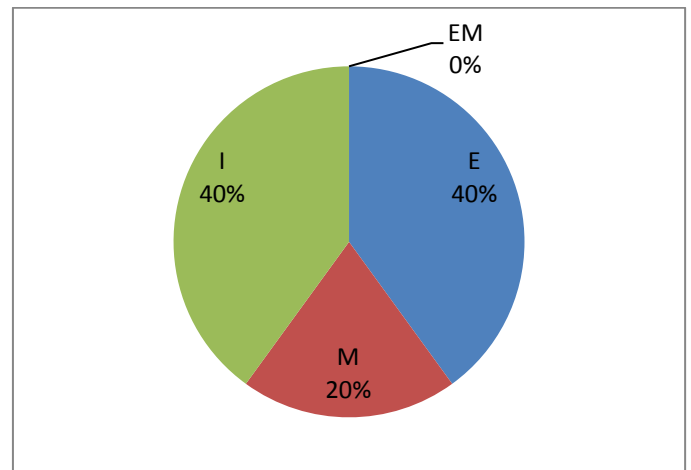


Figure. IV.9. Pourcentage de nature des Pannes de la POTENCE

Interprétation de la figure (IV.9)

On remarque que le pourcentage des pannes de nature instrumentation et électrique sont les même de valeur 40 %, on a 20 % pour les panne mécanique et les pannes d'origines électromécaniques sont inexistantes.

IV.3.3 Analyse selon la nature des pannes du PERCEUSE :

Tableau. IV.13. Relevée de nature des pannes du PERCEUSE

Nature des pannes	Nombre de pannes	MTBF (heures)	MTTR (heures)
E	1	22	3
M	1	23	1
EM	2	25.5	2.5
I	/	/	/

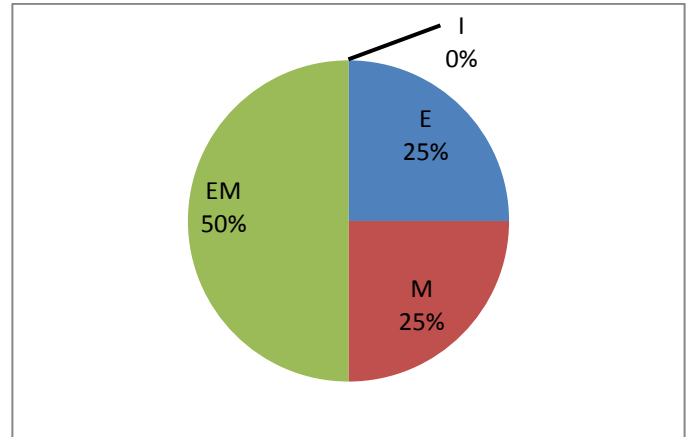


Figure. IV.10. Pourcentage de nature des Panne de la PERCEUSE

Interprétation de la Figure (IV.10)

Le pourcentage de panne de nature électromécanique est majoritaire avec 50 %, les pannes de nature électrique et mécanique sont à part égales avec 25%, les pannes instrumentation sont inexistantes.

IV.3.4 Analyse selon la nature des pannes du PONT ROULANT :

Tableau. IV.14. Relevée de nature des pannes de PONT ROULANT

Nature des pannes	Nombre de pannes	MTBF (heures)	MTTR (heures)
E	2	10.5	2
M	2	11	2.5
I	1	7	4
EM	/	/	/

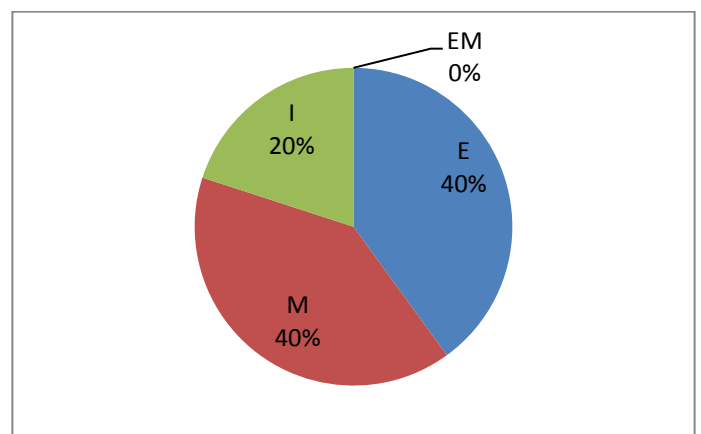


Figure. IV.11. Pourcentage des natures des pannes du PONT ROULANT

Interprétation de la figure (IV.10)

Nous constatons que les pannes d'origines mécaniques et électriques sont majoritaires avec un pourcentage de 40%, les pannes d'origines instrumentations sont de 20 % et les pannes d'origine électromécaniques sont inexistantes.

IV.3.5 Analyse selon la nature des pannes du PLIEUSE :

Tableau. IV.15. Relevée de nature des pannes du PLIEUSE

Nature des pannes	Nombre de pannes	MTBF (heures)	MTTR (heures)
E	1	16	2
M	2	22	4
I	1	22	1
EM	/	/	/

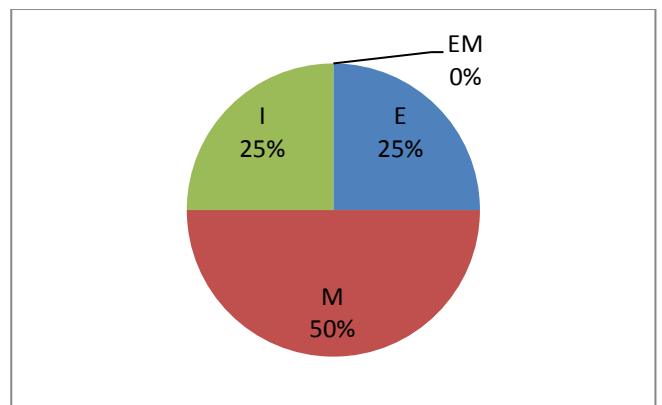


Figure. IV.12. Pourcentage de nature des Pannes de la PLIEUSE

Interprétation de la figure (IV.12)

On remarque que le pourcentage des pannes électrique et d'instrumentation sont les même à une valeur de 25 % par contre les pannes de nature mécanique sont de 50%, on a une inexistence des pannes électromécaniques.

IV.3.6 Les valeurs moyennes des pannes selon la nature :

Tableau. IV.16. Valeurs moyennes des pannes selon la nature

Nature des pannes	Nombre des pannes	Moyenne du pourcentage
E	7	33%
M	8	38%
EM	2	10%
I	4	19%

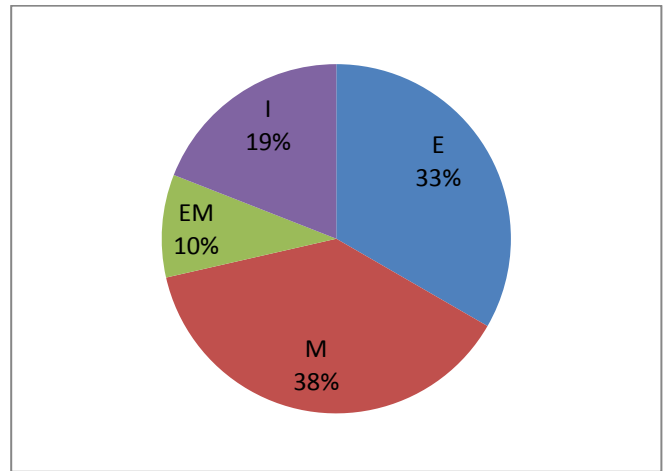


Figure. IV.13. Pourcentage moyenne des pannes selon la nature

Interprétation de la figure (IV.13)

On constate que les équipements : Gemini 32 (A), potence (B), perceuse, pont roulant, plieuse, présentent une majorité des pannes d'origine mécanique avec 38%, suivi d'une moyenne des pannes électrique à 33%, la moyenne des pannes de nature instrumentation (I) est de 19 % et la moyenne totale des pannes électromécanique représente 10%.

IV.4 Analyse des coûts de maintenance :

IV.4.1 Analyse des coûts de maintenance GEMINI 32 :

Tableau. IV.17. Relevée du coût de réparation du GEMINI

Nature des pannes	Nombre de pannes	Coûts des pièces de rechange DA
E	2	5342.97
M	2	10055
EM	/	/
I	/	/

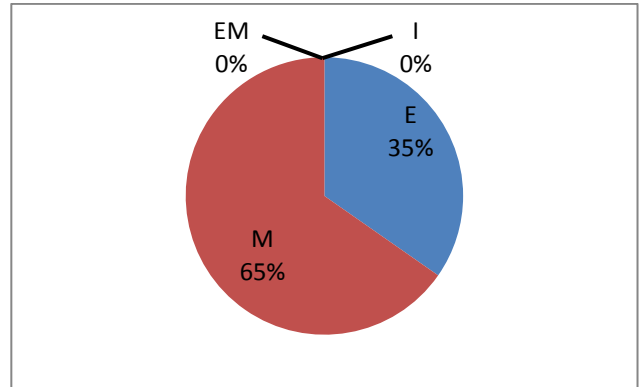


Figure. IV.14. Pourcentage du coût de réparation de la GEMINI

IV.4.2 Analyse des coûts de maintenance de la POTENCE :

Tableau. IV.18. Relevée du coût de réparation de la POTENCE

Nature des pannes	Nombre de pannes	Coûts de réparation DA
E	2	445.00
M	1	2300.00
I	2	7350.00
EM	/	/

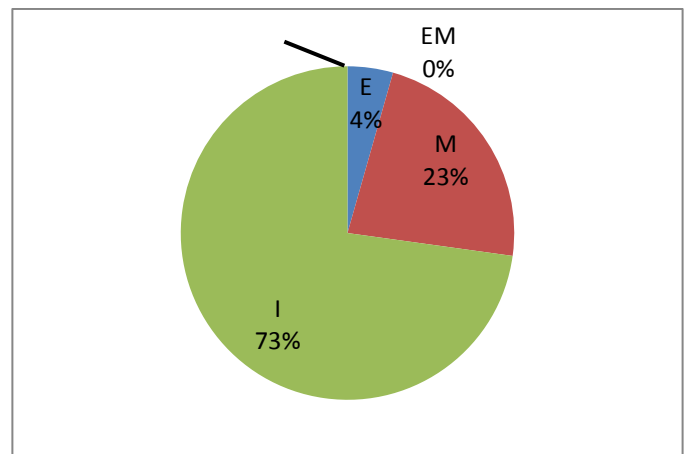


Figure. IV.15. Pourcentage du coût de réparation de la POTENCE

IV.4.3 Analyse des coûts de maintenance de la PERCEUSE :

Tableau. IV.19. Relevée du coût de réparation de la PERCEUSE

Nature des pannes	Nombre de pannes	Coûts de réparation DA
E	1	580.00
M	1	3500.00
EM	2	20400.00
I	/	/

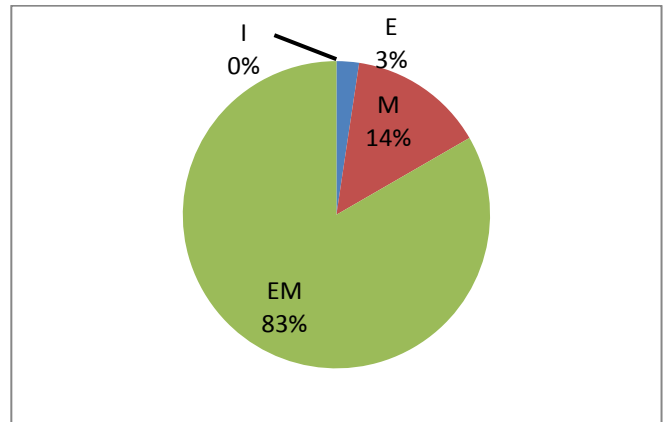


Figure. IV.16. Pourcentage du coût de réparation de la PERCEUSE

IV.4.4 Analyse des coûts de maintenance PONT RAULANT :

Tableau. IV.20. Relevée du coût de réparation du PONT RAULANT

Nature des pannes	Nombre de pannes	Coûts de réparation DA
E	2	8100.00
M	2	62700.00
I	1	6500.00
EM	/	/

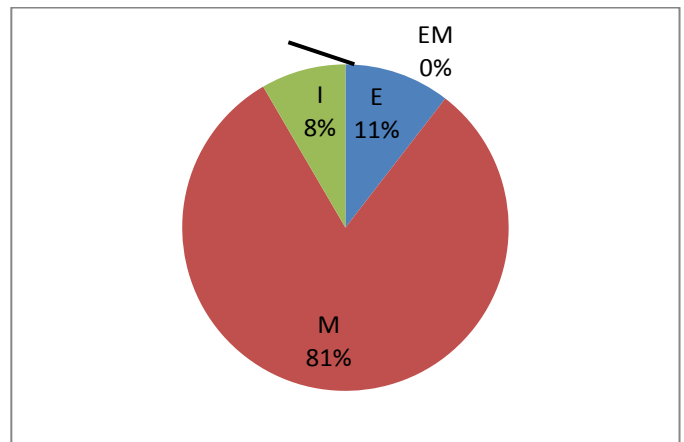


Figure. IV.17. Pourcentage du coût de réparation du PONT RAULANT

IV.4.5 Analyse des coûts de maintenance PLIEUSE :

Tableau. IV.21. Relevée du coût de réparation de la PLIEUSE

Nature des pannes	Nombre de pannes	Coûts de réparation DA
E	1	6570.00
M	2	5960.00
I	1	6500.00
EM	/	/

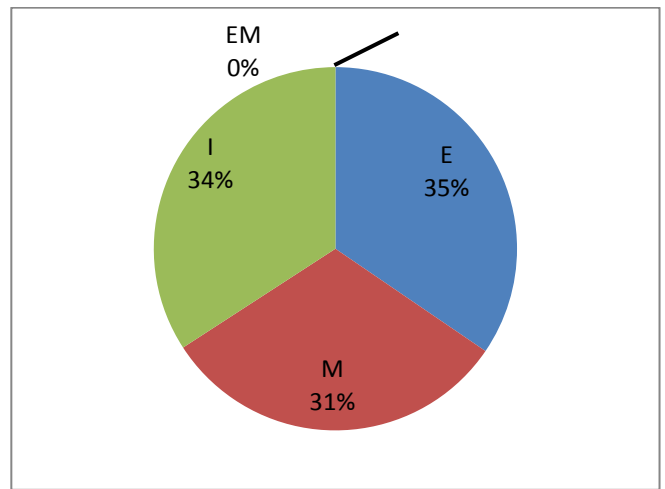


Figure. IV.18. Pourcentage du coût de réparation de la PLIEUSE

Le calcul du coût global selon la nature des pannes sont obtenues par les équations suivantes :

Calcul du Coût Total due aux pannes Electrique C_{TE} est donné par l'équation (IV .7)

$$C_{TE} = C_{E/A} + C_{E/B} + C_{E/C} + C_{E/D} + C_{E/E} = 21037.97 \text{ DA} \quad \text{Équation (IV .7)}$$

Calcul du Coût Total due aux pannes Mécanique C_{TM} est donné par l'équation (IV .8)

$$C_{TM} = C_{M/A} + C_{M/B} + C_{M/C} + C_{M/D} + C_{M/E} = 8451500 \text{ DA} \quad \text{Équation (IV .8)}$$

Calcul du Coût Total due aux pannes Electromécanique C_{TELM} est donné par l'équation (IV .9)

$$C_{TELM} = C_{ELM/A} + C_{ELM/B} + C_{ELM/C} + C_{ELM/D} + C_{ELM/E} = 20400.00 \text{ DA} \quad \text{Équation (IV .9)}$$

Calcul du Coût Total due aux pannes Instrumentation C_{TI} est donné par l'équation (IV .10)

$$C_{TI} = C_{I/A} + C_{I/B} + C_{I/C} + C_{I/D} + C_{I/E} = 20350.00 \text{ DA} \quad \text{Équation (IV .10)}$$

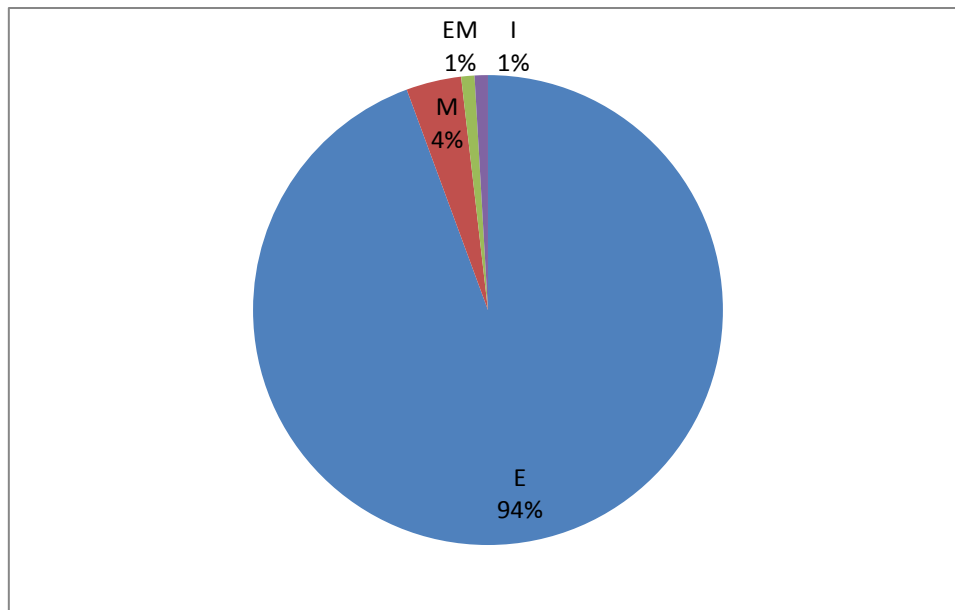


Figure IV.19. le Pourcentage de coût de réparation des équipements A/B/C/D/E

Interprétation de la figure (IV.19)

Les calculs des coûts ont confirmé les constats fait dans L'analyse précédente à savoir que la maintenance ou la réparation due à des défaillances de nature électriques coute plus chère que pour des pannes mécaniques, électromécaniques et instrumentations. Une optimisation de la maintenance préventive pour les sous ensembles de nature électrique doit être envisagée afin de mieux prévoir les périodes de visite dans des délais plus réduit pour assurer une meilleur disponibilité et un gain en termes de coût maintenance préventive.

IV.5 Conclusion :

L'analyse de cette étude sur les équipements A, B, C, D et E montres que les pannes d'origines mécaniques sont majoritaires avec un pourcentage de 38 % ,devant les pannes d'origines électriques avec un pourcentage de 33 %, les pannes de nature instrumentations donnent un pourcentage de 19 %, alors que celles d'origines électromécaniques sont minoritaires, elles représentent que 10 %.

Ainsi cette étude est représente les pourcentages des coûts de maintenance pour assurer une meilleur fiabilité, disponibilité et un profit de coût de maintenance.

Une action de maintenance préventive est préconisée à des intervalles plus réduits par rapport à la planification existante.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis de déterminer la stratégie de la maintenance au niveau de l'entreprise ENCC unité CHAUDRAL située à la wilaya de RELIZANE.

A cette fin, il est nécessaire de disposer de données. Ces données proviennent d'un historique de suivi d'un indicateur de dégradation des équipements selon les dates d'apparition.

Dans notre travail, nous appliquons l'analyse de la sûreté de fonctionnement de cinq équipements (GEMINI 32, potence, perceuse, pant roulant, plieuse), cette analyse comporte le calcul de la moyenne de temps totale de bon fonctionnement (MTBF), la moyenne de temps de réparation (MTTR), nombre, nature et les causes des pannes ainsi que les indicateurs TTR et TBF, Analyse selon la nature des pannes et analyse des coûts de maintenance.

Finalement, on déduit de ce travail que les équipements qui nous étudions sont les plus sensibles et influent directement sur les coûts de maintenance et sur la production générale dans l'unité de CHAUDRAL. Les résultats de cette étude nous ont permis de cibler la maintenance préventive sur les équipements étudiés en accentuant la surveillance des parties d'instrumentation, mécanique, électrique et électromécanique pour les cinq équipements nécessaire est d'indispensables afin de minimiser le nombre des défaillances en optimisant les coûts induits par celle –ci .

Bibliographie

- [1] F.Monchy « Maintenance Méthodes et Organisations » (2e édition), Paris, Dunod (2003).
- [2] Dr.N.LABJAR « Maintenance industrielle et gestion des risques industriels » mémoire 2013/2014
- [3] Negadi Ali « La maintenance des équipements de forage » .cas TP 127 Hassi Messaoud. juin 2014
- [4] H.Bouhenni / S.Kaddour « Analyse et diagnostic des défaillances dans un système industriel » juin 2016
- [5] Amara Diallo « Etude de la maintenance préventive a métal-Afrique » 2004/2005
- [6] H. Benaïcha, thèse Doctorat En-Science « Analyse des Stratèges de Maintenance des Systèmes de Production Industrielle » 2015.
- [7] A.Motrani, « Maintenance basée sur la fiabilité », Master génie industrielle, 2015
- [8] A.Abdelkrim / H.Ahmed « AMDEC » mémoire ingéniorat. IMSI. 2012
- [9] Benguit El-Hadj Bachir « Optimisation de la sécurité de fonctionnement d'une installation d'équipements industriels » 2015
- [10] Dr.R.NOUREDDINE .cours « Maintenance et diagnostique » 2014/2015
- [11] LLAURENS Jérémy. « Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique ». Thèse soutenue publiquement à la faculté de pharmacie de Grenoble. 16 février 2011.
- [12] M.Khatem / H.Djilali. Mémoire « Méthodes d'analyse prévisionnelles des défaillances », IMSI 2008-2009.
- [13] H. Benssada / I. Saadi « Méthodes et Outils pour Etude de la Maintenance des Motopompes et Moto compresseurs 5.5 KV » IMSI, 2009-2010.
- [14] AMINE OUERTANI « effets des stratégies de maintenance sur la performance d'une ligne de production avec zones de stockage à capacité finie », mémoire. Novembre 2010.