



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Kasdi Merbah Ouargla
Institut de technologie et sciences appliquées

Mémoire de fin d'études
Présenter pour obtenir le diplôme de licence professionnelle

Département de génie appliqué
Spécialité : Mesure, Métrologie et Qualité



Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive pour assurer la qualité des machines tournantes

Présenté par : Merabti Imène

Soutenu le 12/06/2023 devant le jury composé de :

<i>M. MECHRI Med laid</i>	<i>MCB à UKMO</i>	<i>Président</i>
<i>M. SETTOU Belkhir</i>	<i>MCB à UKMO</i>	<i>Examineur</i>
<i>M. ROUABEH Boubaker</i>	<i>MCB à UKMO</i>	<i>Examineur</i>
<i>M. LEMNOUER Khaled</i>	<i>Enseignant à UKMO</i>	<i>Encadreur</i>

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

On remercie dieux de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire

Avant de commencer la présentation de ce mémoire, je profite l'occasion pour remercier du fond du cœur toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr LEMNOUER KHALED je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur durent notre préparation de ce mémoire

Je remercie les membres de jury Mr. Mechri Med Laid et Mr. Setou Belkhir et Mr. Rouabeh Boubaker

*Je remercie Mr BOURENAN BILAL pour son aide pratique
Mon remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leur générosité et leur grande patience*

Dédicaces

*Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de
ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma
joie*

*A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de
ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui
allume mon chemin, ma maman*

*A celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, à mon
support qui été toujours à mes côtés pour me soutenir et
m'encourager, à mon papa*

A mon frère pour l'amour qu'il me réserve

*A ma grande sœur qui m'a encouragé et soutenu tout au
long de mes études*

A mes deux adorables nièces, Loua et Hanine

*A ma meilleure amie Marwa qui a été toujours à mes
côtés durant notre vie universitaire, la fille que j'ai des
très beaux souvenirs avec elle*

*A tous ce qui m'ont participer à ma réussite a tous qui
m'aiment*

Merabti Imène

Table des matières

Remerciement	I
Dédicaces	II
Table des matières.....	III
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VI

Introduction générale

Chapitre 1 : présentation de l'entreprise

I. Introduction	1
II. Présentation de SONATRACH.....	1
III. Présentation de la région Hassi Messaoud	1
IV. Historique.....	2
V. Direction régionale de Hassi Messaoud	3
VI. Direction maintenance.....	4
VII. Département maintenance compression.....	5
VIII. Service compression sud	5

Chapitre 2 : généralité sur la métrologie et la maintenance

La première partie : la métrologie et qualité

I. Historique de la métrologie	6
II. Définition de la métrologie	7
III. Types de métrologie	8
IV. Application de la métrologie	9
V. Métrologie et la qualité	9
VI. Définition de qualité.....	10
VII. Importance de la qualité	10
VIII. Outils de qualité	10
IX. Contrôle de qualité	11
X. Application de la qualité dans la maintenance	11

Deuxième partie : la maintenance

I. Introduction sur la maintenance	12
II. Définition de la maintenance	13
III. Types de maintenance	13
IV. Maintenance préventive	14
1. Définition de la maintenance préventive.....	14
2. Types de la maintenance préventive	15
3. Opérations de la maintenance préventive	16

4. Méthodes de la maintenance préventive	17
5. Avantages de la maintenance préventive	18
V. Maintenance corrective	18
1. Définition de la maintenance corrective	18
2. Types de la maintenance	19
3. Avantages de la maintenance corrective	19
4. Inconvénients de la maintenance corrective	19

Troisième partie : fiabilité

I. Introduction sur la fiabilité	20
II. Définition de la fiabilité	21
III. Lois de la fiabilité	21
IV. Indicateurs de la fiabilité	22
V. Analyse de la fiabilité par la loi de Weibull	24
1. Définition de loi de Weibull	24
2. Paramètres de loi de Weibull	24
3. Disponibilité	25
V. Fiabilité d'un système de plusieurs composants	25
VI. Maintenance et la fiabilité	26
VII. Evaluation des couts en fonction de fiabilité	27

Application de la fiabilité sur les aéroréfrigérants

I. Les aéroréfrigérant	28
II. Composants des aéroréfrigérants	29
III. Etude de pannes	31
1. Etapes de la maintenance	32
IV. Plan de travail	39
Conclusion	40
Conclusion générale	41
Bibliographie	42
Résumé	

Liste des figures

Figure I-1 le champ de Hassi Messaoud	1
Figure I-2 organigramme de la direction régionale Hassi Messaoud.....	3
Figure I-3 organigramme de la direction maintenance	4
Figure II-1 présente un ancien instrument de mesure	6
FigureII-2 les types de la maintenance.....	13
Figure II -3 la méthode 5S.....	17
Figure II-4 PDCA cycle	17
Figure II-5 diagramme d'Ishikawa.....	17
Figure II -6 processus de la fiabilité.....	20
Figure II-7 taux de défaillances pour des produits mécaniques	22
Figure II-8 les relations entre MTBF, MTTR, MTU	23
Figure II-9 la relation entre la maintenance et la fiabilité	26
Figure II-10 l'évaluation des couts en fonction de fiabilité	27
Figure III -1 vue d'ensemble d'un aéroréfrigérant (tirage forcé)	28
Figure III-3 la fourchette	30
Figure III-2 la porte-pales.....	30
Figure III -4 les pales	30
FigureIII-5un roulement endommagé	31
FigureIII-6 silent-block	32
Figure III-7 courroie déchirée	32
Figure III-9 fourchette neuf.....	33
Figure III -8 fourchette endommagée.....	33
Figure III -10 pale endommagée	33
Figure III-11 pale neuf	33
Figure III -12 vise d'assemblage endommagé	34
Figure III-13 vise d'assemblage neuf	34
Figure III-15 la presse hydraulique	35
Figure III-14 l'utilisation de la presse.....	35
Figure III-16 l'élément de montage	35
Figure III-17 l'élément de démontage	35
Figure III-18 diagramme de la fiabilité de l'entreprise SONATRACH	37
Figure III-19 diagramme de la fiabilité de l'entreprise GTP	38

Liste des tableaux

Tableau II. 1 la fiabilité d'un système de plusieurs composants	25
Tableau 2 les pannes d'un système de ventilation	31
Tableau III. 3 historique de pannes des aéroréfrigérants de l'entreprise SONATRACH	36
Tableau III. 4 historique de pannes des aéroréfrigérants de l'entreprise GTP.....	36
Tableau III. 5 l'application des lois de fiabilité	37
Tableau III. 6 l'application des lois de fiabilité	38

Introduction générale

La maintenance joue un rôle central pour assurer le bon fonctionnement et la longévité de l'équipement, des systèmes et de l'infrastructure dans diverses industries

Bien que la maintenance englobe plusieurs aspects, un facteur crucial qui sous-tend son efficacité est la qualité. La qualité de la maintenance fait référence au respect des normes établies, de la meilleure pratique et des processus d'amélioration continue visant à améliorer les performances, la fiabilité et la rentabilité.

Les pratiques de la maintenance de qualité contribuent à améliorer les performances de l'équipement, en mettant en œuvre des inspections régulières, des routines d'entretien préventif et des réparations proactives, les entreprises peuvent identifier et résoudre les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent des problèmes majeurs. Cette approche proactive minimise les temps d'arrêts, améliore la fiabilité de l'équipement et optimise la production ou la prestation de services.

Le maintien de la qualité garantit que l'équipement fonctionne avec une efficacité maximale, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité et une meilleure satisfaction. La fiabilité est un aspect crucial de la maintenance, en mettant en œuvre des stratégies de maintenance axées sur la fiabilité les entreprises peuvent augmenter la disponibilité des équipements, réduire la probabilité des pannes. Cette approche permet de minimiser la réduction des coûts en évitant les remplacements inutiles

L'importance de la qualité ne peut pas être surestimée, les pratiques de la maintenance améliorent la performance, la fiabilité et la rentabilité de l'équipement tout en assurant la sécurité et la conformité, en adoptant des approches axées sur la qualité, les entreprises peuvent minimiser les temps d'arrêt, optimiser l'utilisation des actifs et obtenir des résultats cohérents. En outre, le maintien de la qualité favorise une culture d'amélioration continue et d'innovation, permettant aux entreprises d'adopter les technologies émergentes et les meilleures pratiques de l'industrie.

Chapitre I :

Présentation de l'entreprise SONATRACH

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons l'entreprise Sonatrach, dans laquelle j'ai effectué un stage au sein de sa région Hassi Messaoud en présentant l'organigramme de ses directions et leur service.

II. Présentation de l'entreprise Sonatrach :

Sonatrach (société nationale pour la recherche, la production, le transport, et la commercialisation des hydrocarbures s.p.a) est une entreprise publique algérienne créée le 31 décembre 1963, un acteur de l'industrie pétrolière surnommé la major africaine. Sonatrach est classée la première entreprise en Afrique

III. Présentation de la région Hassi Messaoud :

Les champs de Hassi Messaoud sont situés au milieu du Sahara algérien sur une surface de 2.500Km il est le plus grand gisement de pétrole d'Algérie.

Découvert en juin 1956 et mis en exploitation en juin 1958 avec au départ de 20puits d'exploitation après des années de recherches et mise en valeur par la société française SNREPAL (société nationale de recherches de pétrole en Algérie) actuellement le champ de Hassi Messaoud compte plus de 934 puits producteurs d'huile, 129 puis injecteurs (gaz et eau)



Figure I-1 le champ de Hassi Messaoud

IV. Historique :

Le gisement pétrolier de Hassi-Messaoud d'une superficie de 2500 Km² est subdivisé géographiquement en deux zones nord et sud.

Cette répartition remontant à 1956 lors de la découverte et l'exploitation du champ par les deux compagnies françaises CFPA au nord et la SNREPAL au sud, a engendré la création de deux centres de production.

Au départ ces centres regroupaient uniquement des installations de séparation, de traitement, de stockage et expédition du pétrole brut, par la suite, d'autres unités de traitement de gaz et de réinjection sont venues s'y greffer pour étendre davantage les centres de production.

L'activité raffinage s'est également développée par la construction de deux raffineries dont le rôle est l'approvisionnement du marché local en carburants.

Actuellement, l'ensemble de ces unités nombreuses et diversifiées, forme deux complexes industriels sud et nord (CIS & CINA).

L'exploitation de ces complexes est assurée par la Direction Exploitation composée de 636 agents dont 161 cadres, 435 agents de maîtrise et 40 exécutants.

Les deux complexes CIS et CINA composés d'une chaîne de procédés plus ou moins complexe ont pour fonction le traitement des effluents en provenance des puits producteurs.

Ces procédés sont faits pour prendre en charge :

- Le traitement de l'huile : séparation huile- eau- gaz, dessalage, et stabilisation.
- Le traitement des gaz associés pour la production des GPL et condensât.
- Le traitement des eaux huileuses pour la protection de l'environnement.
- Le raffinage d'une partie du brut pour la production de carburants.
- La réinjection des gaz résiduels pour le maintien de la pression du gisement.
- L'injection d'eau pour le maintien de la pression du gisement.

V. Direction régionale de Hassi Messaoud :

La direction production de Hassi Messaoud fait partie de la division production de l'entreprise nationale de SONATRACH. Elle se charge de la production du pétrole et du gaz du champ de Hassi Messaoud et la gestion de toutes les directions et divisions affiliées.

Elle comprend dans l'ensemble six divisions en départements ou services, cinq directions et des secteurs environnants de production.

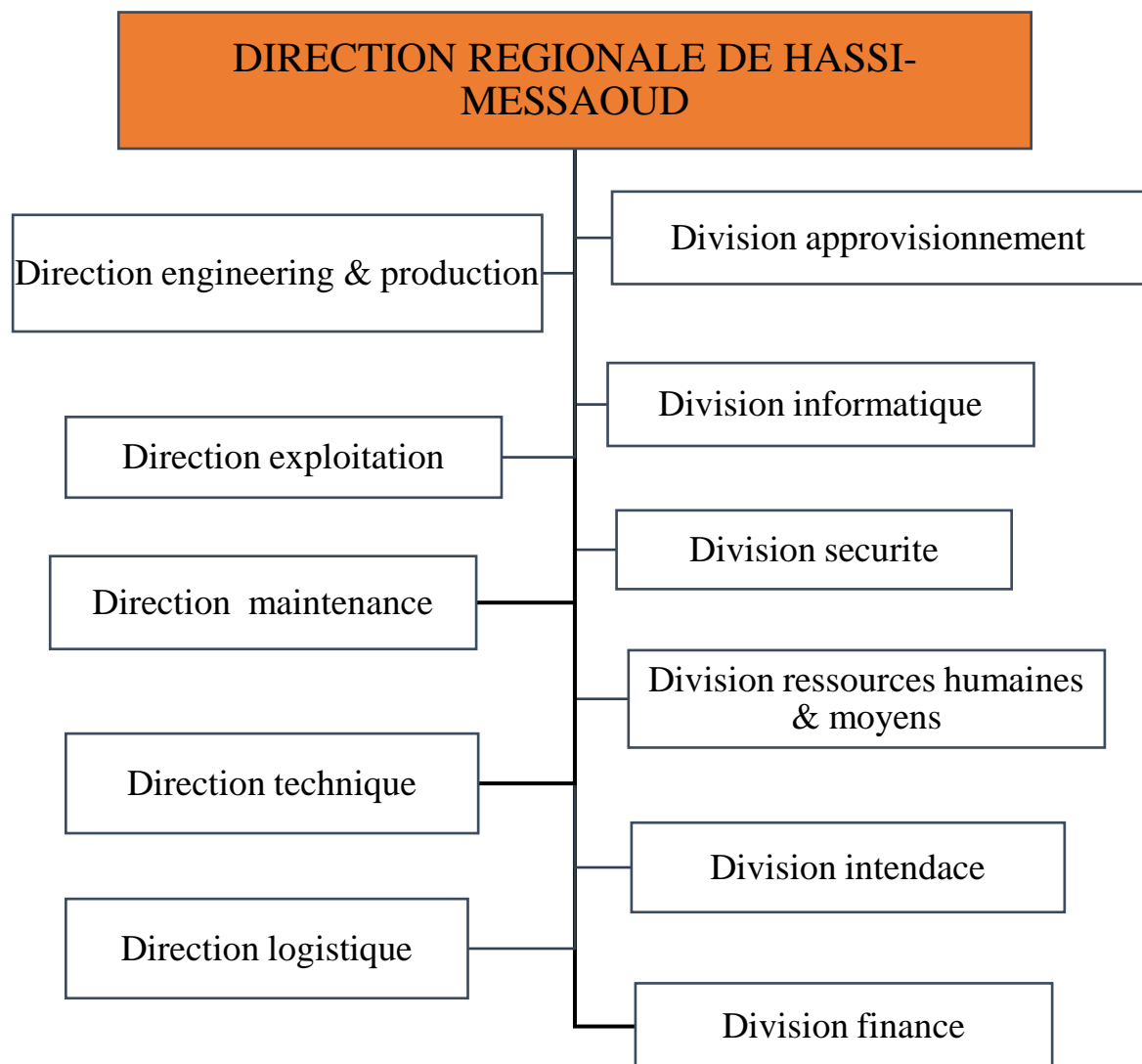


Figure I-1 organigramme de la direction régionale Hassi Messaoud

VI. Direction maintenance :

La direction maintenance est placée sous l'autorité régionale de Division production de SONATRACH à HASSI MESSAOUD, elle est responsable de la maintenance des installations de production et travaille en collaboration avec les autres structures

Cette direction est composée essentiellement de six départements subdivisés en plusieurs services technique et distingués selon deux types d'activité, illustrées par l'organigramme qui suit :

- ❖ Activité « intervention » : activité opérationnelle assurée par quatre départements :
 - Département CIS
 - Département CINA
 - Département compression
 - Département ZCINA
- ❖ Activité « support » :
 - Département méthodes
 - Département maintenance centrale
- ❖ Deux autres services sont liés directement à la direction :
 - Service gestion du personnel et ordonnancement
 - Service télémétrie

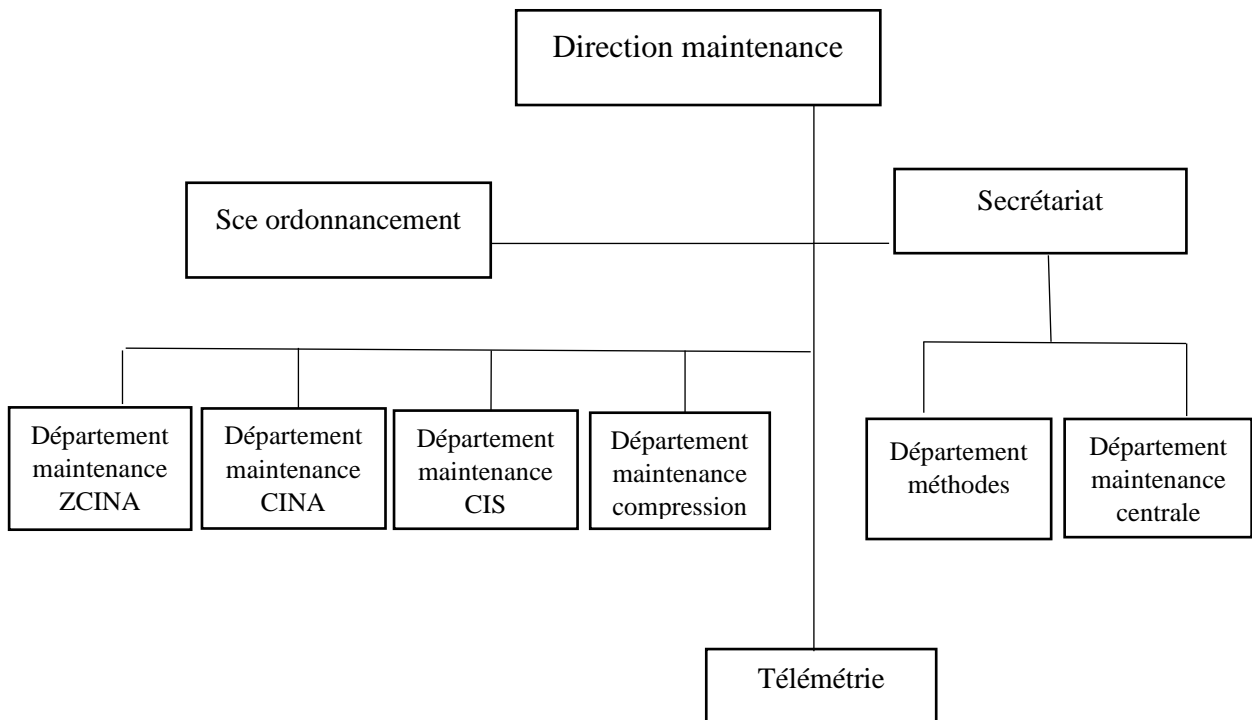


Figure I-2 organigramme de la direction maintenance

VII. Département maintenance compression :

Ce service assure la maintenance des unités de compression de gaz avec l'intervention des 3 sections : électricité, mécanique, régulation et une cellule de préparation.

Il est structuré de sept services qui veillent sur la réalisation des objectifs du département ainsi que ceux de la direction maintenance :

- Service compression sud.1(sc2...sc6)
- Service compression sud.2(sc7...sc12)
- Service turbomachine
- Service électronique
- Service statique
- Service calorifuge
- Service feu et gaz (anti-incendie)

VIII. Service compression sud :

Description de service compression sud :

- section mécanique : Sa tâche est d'assurer l'intervention en matière de panne mécanique et l'entretien préventif des équipements auxiliaires (pompes, moteurs, aéros, soupapes...)
- section électricité : S'occupent des interventions et de l'entretien des équipements électriques au niveau des unités et des sous stations
- section régulation : Assure l'intervention sur les instruments de contrôle des boucles de régulation (transmetteur, régulateurs, vanne.etc.)

Conclusion :

La major africaine SONATRACH qui tire sa force de sa capacité à être un groupe entièrement intégré sur toute la chaîne de valeur des hydrocarbures. Notre expérience avec cette entreprise été riche en informations concernant la maintenance avec l'équipe compression sud.

Chapitre II :

Métrologie, qualité, maintenance, fiabilité

I. Introduction :

A travers ce chapitre, nous aborderons la signification de la métrologie dans le domaine de l'industrie et son importance, notamment dans la détermination de la précision. Nous expliquerons également en détail la maintenance industrielle et comment maintenir la qualité et la fiabilité des machines grâce à des programmes de maintenance préventive. Nous expliquerons également en détail la relation complémentarité entre métrologie et maintenance industrielle.

II. Historique :

La métrologie est la science des mesurages et ses applications, rassemble l'ensemble des techniques permettent de réaliser des mesures de les interprètes et d'assurer leur fiabilité

Rappelons que la métrologie existe depuis l'aube des civilisations, On retrouve des traces très anciennes de systèmes de mesure existant déjà en Mésopotamie, puis dans l'ancienne Egypte, l'homme mesure le monde qui l'entour à l'aide de son corps, ils ont utilisé la longueur de doigt, la palme, le pied, la coudée, le pas, la brasse des rois de tel époque qui pouvait naturellement varie considérablement d'un individu à l'autre

Lorsque ces grandeurs ne furent plus appropriées parce que trop approximatives, il a fallu trouver d'autre grandeur plus fiable et facile à reproduire

Première unité de mesure du système métrique initial est née en France à l'époque de la révolution française, le mètre a d'abord été défini comme la 10 000 000 partie d'une moitié de méridien terrestre et celui-ci a été rapidement adopte par de nombreuses nations par la signature de la convention du mètre le 20 mai 1875 à paris.

C'est cette initiative qui a été le point de départ de la métrologie internationale et le système de mesure



Figure II-1 présente un ancien instrument de mesure

III. Définition de la métrologie :

La définition du VIM est la suivante : « **est la science de mesurage et ses applications** »

La métrologie désigne l'ensemble des techniques permettant de garantir et maintenir et de réaliser des mesures exactes pour assurer la qualité et la fiabilité des processus de mesure

Les résultats obtenus par la métrologie permettent :

- La définition des unités de mesures
- Assurer la qualité d'un produit ou d'un instrument
- Détecter les défauts et l'incertitude
- La validation d'un procédé

La métrologie s'occupe dans tous les domaines où des mesures doivent être réalisées

IV. Différents Type de métrologie :

La métrologie est divisée en trois catégories :

- La métrologie scientifique : (appelée aussi la métrologie fondamentale) est consacrées à la recherche des unités de SI et le développement des étalons de mesure
- La métrologie industrielle : Est un processus mis en place par les entreprises afin d'attester avec certitude de la conformité et de la validité des pièces produites en vérifiant leur caractéristique
- La métrologie légale : est un outil pour la protection des consommateurs et la loyauté des échanges

1. La métrologie scientifique :

La métrologie fondamentale est consacrée à la recherche sur les unités de SI, c'est le domaine le plus élevé de la métrologie car il touche les unités de bases

Grace à la métrologie scientifique il est possible de réaliser différents schémas ou paramètres qui permettent une mesure plus exacte et plus précise, elle est divisée en :

- Métrologie thermique
- Métrologie métrique
- Métrologie électrique
- Métrologie des fluides

2. La métrologie légale :

Elle regroupe l'ensemble d'exigences et de procédure de contrôle imposée par l'état pour garantir la conformité de certain instrument de mesure, elle désigne l'application d'exigences réglementaire

Ses principales missions :

- Protéger l'économie nationale sur le plan des échanges nationaux et internationaux
- Effectuer la surveillance de marché
- Procéder aux essais de vérification primitive et périodique des instruments de mesure
- Garantir la loyauté des transactions commerciale

3. La métrologie industrielle :

La métrologie industrielle est une démarche volontaire d'un organisme laboratoire ou industrie, elle permet de contrôler la qualité de produit ou service offert et faciliter le transfert de unités de mesure vers les utilisateurs finaux, ce transfert se fait grâce à l'étalonnage

Son fonctionnement est devisé en trois processus complémentaires :

- Processus d'ajustement : est effectué pour obtenir des indications et des valeurs précises
- Processus de vérification : c'est lorsque des preuves objectives sont fournies sur les besoins qu'un élément donné satisfait
- Processus d'étalonnage : la relation entre les valeurs et les incertitudes des mesures sont en parfait état

V. Application de la métrologie :

Dans le but de l'amélioration de la qualité et la certification de produits les entreprises doivent appliquer la métrologie et ses principes

La métrologie s'applique dans tous les domaines pour une meilleure amélioration de produit au sein de leurs laboratoires de contrôle d'essais, on la trouve dans :

- **L'industrie** : les activités industrielles ont besoin de la science de mesure pour le contrôle de chaîne de production.
- **L'énergie** : elle contrôle la conformité d'installations de source d'énergie.
- **La chimie** : identification d'élément ou composé (elle utilise des méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse)

- **La sante** : l'analyse médical, garantir la qualité de résultats d'analyse.
- **L'entreprise** : permet la réduction des couts par gérer le risque des résultats incorrect.
- **L'environnement** : protéger le consommateur par la surveillance des produits.

La métrologie ne se limite pas dans des domaines spécifiques, elle inclut tous les secteurs de mesure pour assurer la qualité et la crédibilité des produits

VI. Métrologie et la qualité :

La métrologie est une partie prenante de la qualité de la production, c'est elle qui permet d'avoir confiance aux équipements qui sont utiliser quotidiennement sur les sites industriels, selon l'échelle de la mesure, un écart même très faible peut avoir des conséquences importantes.

La métrologie donc permet de vérifier la fiabilité des mesures pour limiter le risque d'incertitudes et pour assurer une bonne maitrise des processus de fabrication.

La qualité d'un équipement ou d'un processus ou d'un produit est basée sur une bonne métrologie.

VII. Définition de la qualité :

Selon l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), la qualité est :

« L'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ».

Selon la norme ISO 9000 :2000 :

« La qualité est définie comme l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences »

La qualité est synonyme de performance et compétitivité et l'excellence des produits et des services, elle tend à désigner ce qui rend quelque chose supérieur à la moyenne, elle se décline sous deux formes :

La qualité externe : c'est lorsqu'un produit ou service répond parfaitement aux besoins et attentes des clients. Au quotidien, de nombreuses entreprises perdent des parts de marchés, car elles ne parviennent pas répondre efficacement aux exigences clients.

La qualité interne : C'est la maîtrise et l'amélioration du fonctionnement de l'entreprise. Les bénéficiaires en sont la direction, le personnel de l'entreprise, les actionnaires ... et bien sûr les clients. Difficile de faire de la qualité externe sans qualité interne !

VIII. Importance de la qualité :

La qualité est très intéressante pour plusieurs raisons :

- Les défauts de qualité coutent cher
- Une non-conformité est un effet de gaspillage
- Meilleure maitrise de techniques de production
- Amélioration des performances des produits
- Assurer la conformité d'un produit
- Optimiser les moyens et les ressources

Elle vise toujours que les critères sont précisément fixés pour avoir des résultats de production atteindre le niveau souhaité, la qualité s'oppose alors au défaut un objet de qualité est un objet sans défauts

IX. Outils de la qualité :

Pour réussir à améliorer la qualité il faut utiliser des méthodes et des outils adaptés à la situation et l'objectif recherché, il existe pour chaque situation un ou plusieurs outils de la qualité facilitant l'atteinte des objectifs car ils apportent des méthodologies éprouvées

L'outil qualité est un moyen utilisé pour réaliser une tâche précise selon un mode opératoire bien définie

Exemples d'outils qualité :

- Les 5S : outil qualité d'amélioration continue importé du japon, il est base sur la participation du personnel (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke)
- Le diagramme d'Ishikawa : le diagramme de 5M (main-d'œuvre, matériel, méthodes, milieu, matières)
- L'amdec : outil qualité d'analyse préventive permettant de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillance
- Le diagramme de patero : outil de qualité et d'analyse aide à la décision, il permet de mettre en évidence la loi des « 80/20 » 20% des causes provoquent 80% des effets

X. Contrôle qualité :

Le contrôle qualité représente une procédure de mesurer, examiner, et comparer les résultats visant à assurer la qualité d'un produit et à répondre aux normes de qualité

La mission principale de l'inspection, d'est de détecter des non-conformités au bon moment et surtout d'identifier les causes et les conséquences qu'elle pourrait produire

Les types de contrôle qualité :

- Le contrôle d'entrée
- Le contrôle dans le processus de fabrication
- Le contrôle de sortie

Le contrôleur de qualité peut contrôler :

- Les composants d'un produit ou la matière première
- La production en cours de réalisation
- Les produits finis

XI. Utilisation du contrôle qualité dans la maintenance :

La maintenance et la qualité sont intimement liées, un équipement mal entretenu va inévitablement voir la qualité de ses produits se dégrader par rapport à un équipement entretenu, la maintenance fait partie des causes les plus importantes de la dégradation de la qualité

Le contrôle qualité permet de détecter des défauts, ces défauts peuvent affecter sur la qualité du produit ce qui nécessite l'application de la maintenance pour garantir la conformité des produits

En effet le processus de production est contrôlé par une carte de contrôle, lorsqu'une défaillance survient, le processus devient hors-contrôle ce qui permet de déclencher une maintenance.

Deuxième partie : la maintenance

I. Introduction sur la maintenance :

Le mot maintenance est apparu dans le vocabulaire industriel dans les années 1950, au fil du temps la maintenance a été développée et les entreprises commencent à lui donner une grande importance, le développement des machines a augmenté le risque de défaillance ce qui a incité les entreprises à réduire ces risques

La maintenance industrielle a joué un rôle important au sein des usines, parmi ses objectifs :

- Limiter les risques d'accident
- Contrôle de la manière assidue le fonctionnement des machines
- Éviter les défaisances au maximum
- Assurer la qualité des produits

La mission principale de la maintenance est d'éviter les pannes parce qu'avoir une panne représente un coût pour une entreprise, elle regroupe des actions comme le dépannage, réparation, réglage, révision, contrôle et vérification, la maintenance ne vise plus seulement à réparer des équipements mais aussi à anticiper les pannes et les dysfonctionnements

Il existe deux types de maintenance :

- **La maintenance corrective** qui peut être palliative ou curative
- **La maintenance préventive** qui peut être systématique ou conditionnelle, prévisionnelle

La gestion de la maintenance se base sur trois grands principes :

- **La fiabilité** : qui mesure la continuité de service
- **La maintenabilité** : qui est l'aptitude aux réparations et aux évolutions
- **La disponibilité** : qui est le fait d'être prêt à l'utilisation

La maintenance a pour objectif d'assurer la qualité d'un produit conformément aux exigences spécifiées

II. Définition :

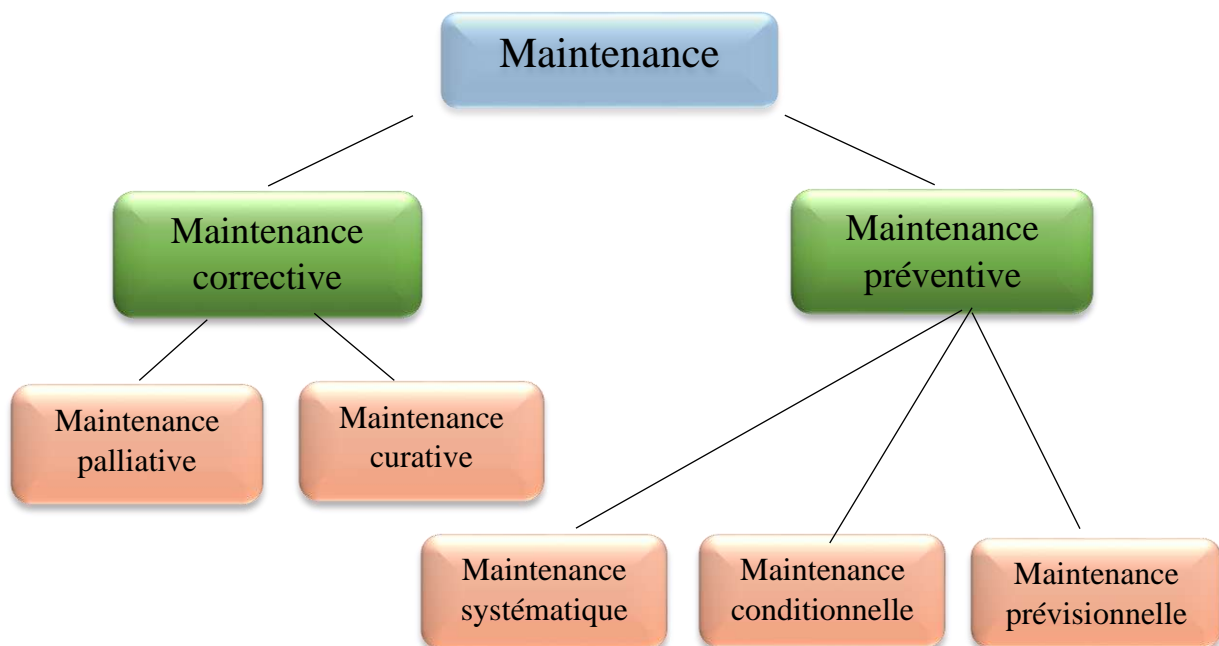
D'après L'Association française de Normalisation (AFNOR X 60-010-1994) :

« 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. Ces activités sont une combinaison d'activités technique, administratives et de management »

C'est l'ensemble des opérations d'entretien et les actions de dépannage et de réparation et de réglage durant le cycle de vie d'une machine

La maintenance est de rétablir un équipement dans un état défini, elle permet de prévenir un grand nombre de problèmes et de diminuer les pertes de productivité.

III. Types de la maintenance :



FigureII-2 les types de la maintenance

La maintenance industrielle est divisée en trois types :

- **La maintenance préventive** : elle est définie comme une maintenance « effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu » AFNOR X60-000.
 - La maintenance préventive systématique
 - La maintenance préventive conditionnelle
 - La maintenance préventive prévisionnelle
- **La maintenance corrective** : est la maintenance effectuée après la défaillance
 - La maintenance corrective palliative
 - La maintenance corrective curative

IV. Maintenance préventive :

1) Définition :

La maintenance préventive inclut l'ensemble des contrôles, visites et interventions, elle est effectuée selon des critères prédéterminés pour permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation

Elle suit l'état d'évaluation d'une machine pour prévoir une intervention dans le but de réduire la probabilité de défaillance, la maintenance préventive a pour objectif :

- Augmenter la durée de vie d'un équipement
- Éviter et réduire les défaillances du matériel
- Les contrôles et les visites systématiques
- Diminuer le temps d'arrêts en cas de pannes
- Prévoir les interventions
- Garantir la qualité des produits
- Améliorer la fiabilité du matériel

2) Les types de la maintenance préventive :

Il existe trois types de la maintenance préventive :

1) Maintenance préventive systématique :

« Effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage »

La maintenance préventive systématique est une opération de routine importante, elle est réalisée par un technicien de manière régulière son but principal est d'éviter les pannes

Elle peut être programmée selon l'historique des pannes ou des défaillances, exemple de la maintenance préventives systématiques :

- Le changement de néon chaque les 7000h d'utilisations
- Vidange d'huile d'un moteur chaque 15000km
- Changement des filtres

Cette opération nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre les deux pannes
- Les modes de dégradation

Les cas d'applications de la maintenance préventives systématiques :

- Equipement dont la panne risque de provoquer des accidents graves
- Equipement ayant un coût de défaillance très élevé
- Equipement dont les dépenses de fonctionnements deviennent anormalement élevées au cours de leur service

Elle coûte cher car la périodicité est calculée sur la vie minimum des éléments

2) Maintenance préventive conditionnelle :

« 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 de la norme NF EN 13306 X 60-319 de juin 2011)

La maintenance conditionnelle est une forme de maintenance préventive, qui permet le suivi continu du matériel en service et à partir de la surveillance une intervention est décidée lorsqu'un certain seuil est atteint, un exemple de la maintenance conditionnelle :

- Le changement de plaquette de frein d'une voiture lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement et de placer un capteur de contrôle qui indiquera le moment de les changer

Ce type de maintenance se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Les températures
- La tension et l'intensité électrique
- La vitesse et l'accélération des vibrations
- Le niveau et la qualité d'huile

La maintenance conditionnelle comporte 3 phases

- La détection de défaut qui se développe
- L'établissement d'un diagnostic
- L'analyse de la tendance

La maintenance préventive conditionnelle permet de choisir le meilleur moment pour décider les interventions de maintenance, il est préférable de favoriser la maintenance conditionnelle à la systématique

3) Maintenance préventive prévisionnelle :

Aussi appelé la maintenance prédictive, est, selon la norme NF EN 13306 X 60-319, « une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ».

Elle permet de prévenir des pannes de machine grâce au cumul d'ensemble des données, cette maintenance nécessite des outils sophistiqués donc elle est coûteuse

Les outils de la maintenance prévisionnelle sur les machines tournantes sont :

- La détection de défauts par ultrasons
- L'analyse des vibrations
- L'analyse spectrale
- Le contrôle par examen visuel

En conclusion, les trois types de la maintenance préventive ayant pour un seul objectif est de réduire la probabilité des pannes

3) Les opérations de la maintenance préventive :

- **Les inspections** : contrôle de conformité ou bien des activités de surveillance peut être réalisé avant ou après les activités de maintenance
- **Les visites** : des opérations de surveillance, s'opèrent dans une périodicité déterminée
- **Les contrôles** : vérification du bon fonctionnement par rapport à des données préétablies
- **Les opérations de la surveillance** (les inspections, les visites, les contrôles) sont très importantes pour le suivi le bon fonctionnement du matériel

D'autres opérations liées à la maintenance : révision, échange standard, maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, travaux neufs, sécurité.

4) Les méthodes de la maintenance préventive :

Pour mieux gérer la maintenance il existe des méthodes faciles à comprendre, ces méthodes sont :

1. **La TPM** : « Total productive maintenance » ou bien maintenance productive totale, est une ancienne technique japonaise qui vise zéro panne, zéro défaut et zéro accident de travail, elle évite les arrêts non planifiés et la perte du temps

La TPM s'appuie sur trois éléments :

- TRS (le taux de rendement synthétique) indique le taux d'utilisation de chaque équipement
- L'auto-maintenance permet aux opérateurs de réaliser des tâches simplifiées de maintenance

2. **Les 5S** :
- Seiri (ordonner)
 - Seiton (ranger)
 - Seiso (dépoussiérer)
 - Seiketsu (rendre évident)
 - Shitsuke (être rigoureux)



Figure II -3 la méthode 5S

3. Le PDCA :

La roue de Deming en français, cette méthode est très utilisée pour améliorer la performance d'une organisation, elle correspond à :

- Plan : planifié le projet
- Do : faire ce qui a été prévu
- Check : vérifier le travail
- Act : dresser un bilan



Figure IV-4 PDCA cycle

4. Le diagramme d'Ishikawa :

Appeler aussi diagramme cause/effet ou bien la méthode de 5M son but et d'organiser par catégories de toutes les causes possibles (par exemple de panne sur machine) et des solutions c'est un outil visuel utilisé dans la gestion des risques, propre à la gestion de projet

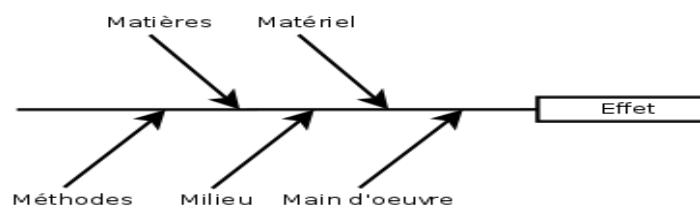


Figure IV-5 diagramme d'Ishikawa

5. L'AMDEC :

L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur critique, est un outil de gestion de qualité, il permet de gérer la maintenance industrielle et détecter les défaillances potentielles

L'AMDEC a une démarche de 4 étapes :

- Déterminer le mode de défaillance ainsi que la cause
- Mesurer les effets sur le système
- Identifier les critères (nombre de panne, la fréquence, la gravité, évidence)
- Calculer les critères

5) Les avantages de la maintenance préventive :

La maintenance préventive permettra de :

- Augmenter la durée de vie des équipements
- Optimiser le temps de fonctionnement et éviter les retards de production
- Facilite la résolution de problèmes
- La réduction des coûts
- Assurer la fiabilité des machines industrielles pour une meilleure qualité de production
- La diminution des arrêts imprévus

V. Maintenance corrective :

1) Définition :

Est définie comme une maintenance effectuée après défaillance (AFNOR X 60-010), c'est l'ensemble des interventions réalisés après la défaillance ou une panne sur un équipement

Il existe 2 formes de défaillance :

- ❖ **Défaillance partielle** : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.
- ❖ **Défaillance complète** : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise

2) Types de la maintenance corrective :

La maintenance corrective peut être :

- **Maintenance corrective palliative** : il s'agit d'une intervention lorsqu'une panne ou un problème a été identifié, c'est une réparation provisoire avant une maintenance corrective ou bien préventive.
- **Maintenance corrective curative** : est fortement liées à la fin de vie d'une machine, elle s'applique quand un équipement est en panne et il ne peut pas être réparé lorsque la maintenance corrective et la maintenance préventive ont échoué.

La maintenance corrective planifiée : ce type de maintenance corrective va souvent de pair avec les routines de la maintenance préventive, ce type de maintenance concerne toujours les pannes et les défaillances inattendues.

La maintenance corrective non planifiée : ce type de maintenance se produit généralement lorsqu'aucun plan de la maintenance préventive n'a été mise en place, la maintenance non planifiée nécessite souvent une réparation immédiate.

3) Avantages de la maintenance corrective :

La maintenance corrective donne de bons avantages parmi ses avantages :

- La maintenance corrective est un processus simple basé sur les besoins
- Elle nécessite moins de planification que la maintenance préventive
- Coûts moindres à court terme
- Prolongation de la durée de vie des équipements
- Idéal pour détecter le défaut

4) Inconvénients de la maintenance corrective :

Même si la maintenance corrective est bien utile, elle représente quand même des inconvénients :

- La maintenance corrective ne prend que 20% des réparations de maintenance
- Elle ne concerne que les installations avec des coûts minimes
- L'inconvénient le plus important est la nature imprévisible de la maintenance corrective
- Elle peut être lente et coûteuse

Troisième partie : la fiabilité

I. Introduction sur la fiabilité :

La fiabilité est un concept essentiel dans de nombreux domaines, elle se réfère à la capacité d'un système, d'un équipement ou d'un processus à fonctionner de manière cohérente et prévisible, en fournissant des résultats attendus dans des conditions spécifiées, la fiabilité garantit une performance cohérente, un système fiable fonctionne de manière constante cela permet d'assurer la qualité des produits et minimise les pannes et les défaillances

La fiabilité est étroitement liée aux pratiques de maintenance préventive, qui visent à prévenir les défaillances potentielles, elle peut avoir un impact significatif sur la rentabilité d'une entreprise, les coûts liés aux pannes et aux défaillances tels que les réparations d'urgences, les pertes de production peuvent être considérables

En s'efforçant d'améliorer la fiabilité, les entreprises peuvent réduire ces coûts et augmenter leur rentabilité globale, une maintenance préventive régulière et des processus de contrôle de la qualité contribuent à améliorer la fiabilité



Figure II IV-6 processus de la fiabilité

II. Définition :

Selon la norme X05-501 : « la fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'utilisation et de maintenance, pendant une durée donnée »

On dit d'un système ou d'un équipement qu'il est fiable lorsque la probabilité qu'il accomplisse ses fonctions prévues sur une durée donnée correspond à celle spécifiée au cahier des charges.

La fiabilité d'un produit caractérise son aptitude à fonctionner sans défaillance, c'est une composante de la qualité, le temp moyen entre les pannes (MTBF) est un bon indicateur de la fiabilité, elle s'appuie sur les fondements mathématiques, la statique et le calcul des probabilités

La défaillance c'est-à-dire le non fiabilité augmente les couts d'après-vente

III. Lois de la fiabilité R(t) :

1. La loi exponentielle : elle a un seul paramètre (le taux de défaillance, λ)

- La fiabilité est solution de :

$$R(t) = \exp(-\lambda t)$$

- Densité de probabilité :

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$$

- Fonction de répartition :

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$$

III. Indicateurs de fiabilité :

1. Le taux de défaillance :

Le taux de défaillance, noté $\lambda(t)$ est un indicateur de fiabilité il représente la probabilité de défaillance d'un système entre deux instant le taux de défaillance est exprimé sous la forme générale :

$$\lambda = \frac{\text{nombre de defaillance}}{\text{durée d'usage}}$$

L'écriture mathématique du taux de défaillance à l'instant t , noté $\lambda(t)$, défini sur R est la suivante

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} \right)$$

Le graphique suivant représente la loi de probabilité d'un taux de défaillances suivant ce type d'évolution « courbe en baignoire » :

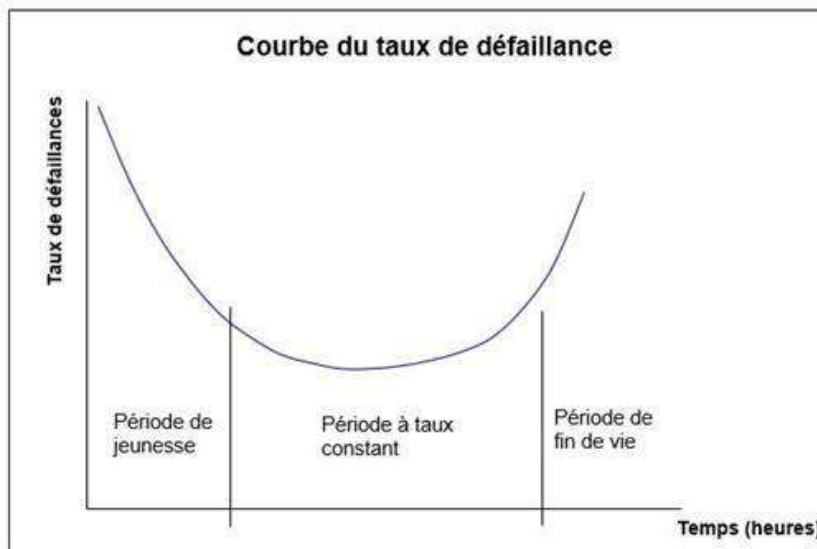


Figure II-7 taux de défaillances pour des produits mécaniques

Le graphe présente la vie des équipements en trois phases :

- **Phase de jeunesse** : le taux de défaillance est plus élevé, $\lambda(t)$ décroît rapidement
- **Phase de maturité** : Le taux de défaillance est constant ou légèrement croissant, la défaillance est aléatoire
- **Phase de vieillesse** : $\lambda(t)$ croît rapidement., C'est la période d'obsolescence

2. Le temps moyen de bon fonctionnement :

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est une mesure de maintenance, il est défini comme étant le temps de fonctionnement moyen entre deux défaillances, il correspond à l'Espérance de la durée de vie t

Le MTBF est exprimé sous une forme :

$$\frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement entre les } n \text{ défaillances}}{\text{nombre de pannes}}$$

Bien que le MTBF ne tienne pas compte de la maintenance planifiée, il peut néanmoins être appliqué à des choses comme le calcul de la fréquence des inspections pour les cas de maintenance préventive

3. Moyenne du temps de bon fonctionnement :

Le MTU (Mean Time Up) est le temps moyen jusqu'à défaillance :

$$MUT = \frac{\int \text{temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}}$$

4. Temps moyen de réparation :

Le MTTR (Mean Time To Repair) exprime le moyenne des temps de tâches de réparations

$$MTTR = \frac{\text{temps d'arrêt total}}{\text{nombre d'arrêt}}$$

5. Les relations entre les indicateurs MTBF, MTTR, MTU :

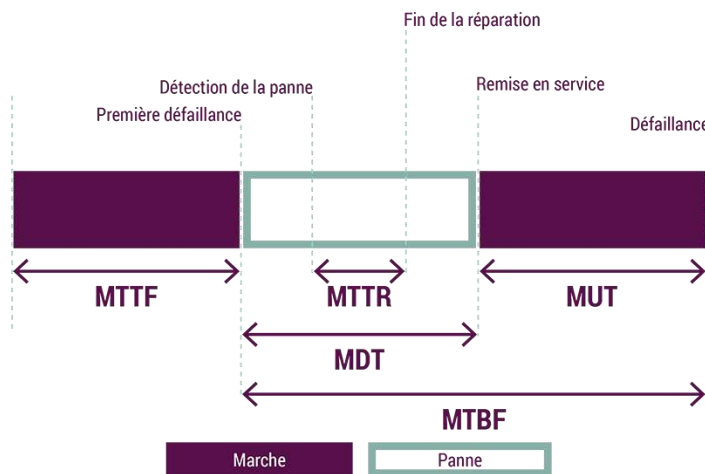


Figure II-8 les relations entre MTBF, MTTR, MTU

MTTF (Mean Time To [first] Failure) : temps moyen avant-première défaillance ;

MDT (Mean Down Time) : temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre

On a : $MTBF = MTTR + MUT$

IV. Analyse de fiabilité par la loi de Weibull :

1. Définition de loi de Weibull :

Concernant la fiabilité, c'est la règle la plus courante, utilisée dans plusieurs domaines (électronique, mécanique,). Cette loi permet l'ajustement de toutes sortes de résultats expérimentaux, La loi de Weibull caractérise le comportement du système en trois étapes de la vie, c'est-à-dire qu'elle est utilisée par étapes : de jeunesse (décroissant), de maturité (λ inchangé) et la phase de vieillissement (augmentation de λ).

Son utilisation apporte :

- Estimations du MTBF ;
- Les fonctions $R(t)$ et $\lambda(t)$ et leurs variantes sous forme de graphes ;
- Fournit également un paramètre de forme β qui peut guider le diagnostic, sa valeur caractéristique pour certains modes de défaillance

2. Paramètres de loi de Weibull :

La loi de Weibull couvre le cas où le taux de défaillance est variable, ses trois paramètres :

- β : paramètre de forme ($\beta > 0$)
- η : paramètre d'échelle ($\eta > 0$)
- γ : paramètre de position ($-\infty < \gamma < +\infty$).

• **La densité de probabilité des défaillances :**

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

$f(t)$: probabilité d'avarie au temps (t).

(Probabilité d'avoir une seule avarie au temps (t))

• **La fonction de répartition :**

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$F(t)$: probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t

• **La fonction de fiabilité :**

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$R(t)$: probabilité de non-défaillance dans l'intervalle de temps $[0, t]$ c'est-à-dire la probabilité de défaillance au-delà du temps (t), C'est la fonction complémentaire de la fonction de réparation.

3. Disponibilité :

La norme (AFNOR X60-500) définit la disponibilité comme « l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionner dans des conditions données ».

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

M.T.B.F : moyenne des temps de bon fonctionnement (Mean Time Between Failures).

M.T.T.R : moyenne des temps d'immobilisation pour intervention de maintenance (Mean time Repair)

V. La fiabilité d'un système constitué de plusieurs composants :

Tableau II. 1 la fiabilité d'un système de plusieurs composants

En série	La fiabilité R_s d'un ensemble de n constituants connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ de chaque composant. $R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n$ Si les n composants sont identiques et tous de même fiabilité R , alors	$R(s) = R^n$
En parallèle	La fiabilité d'un système peut être augmentée en plaçant les composants en parallèle. Un dispositif constitué de n composants en parallèle ne peut tomber en panne que si les n composants tombent en panne au même moment. Si F_i est la probabilité de panne d'un composant, la fiabilité associée R_i est son complémentaire : $F_i = 1 - R_i$ Pour n composants ayant des probabilités de panne (F_1, F_2, \dots, F_n) et des fiabilités associées (R_1, R_2, \dots, R_n), la probabilité de panne F_p et la fiabilité R_p de l'ensemble des n composants en parallèle sont: $F_p = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n = (1-R_1) \times (1-R_2) \times \dots \times (1-R_n)$ Si les n composants sont identiques et tous de même fiabilité R , alors	$R(p) = 1 - (1-R)^n$

VI. Maintenance et la fiabilité :

L'évaluation de la fiabilité des matériels d'une installation industrielle est une étape importante de l'analyse de risque, cette fiabilité dépend des interventions de maintenance corrective, réalisées à la suite d'une défaillance, ou préventive réalisée pour retarder ou prévenir cette défaillance

Les deux termes sont étroitement liés, la maintenance et la fiabilité partagent un but final, ils sont les objectifs commun suivants :

- Maintenir les biens à jour et en bon état
- Réduire les coûts de production en garantissant la fiabilité et la maintenance du produit
- Un moyen d'accroître la sécurité au travail et de réduire le nombre d'accident

Il est clair que, bien que les deux termes indiquent des choses différentes, ils partagent des objectifs communs liés à la fonctionnalité, aux coûts mais surtout à la sécurité.

➤ La relation entre la maintenance et la fiabilité :

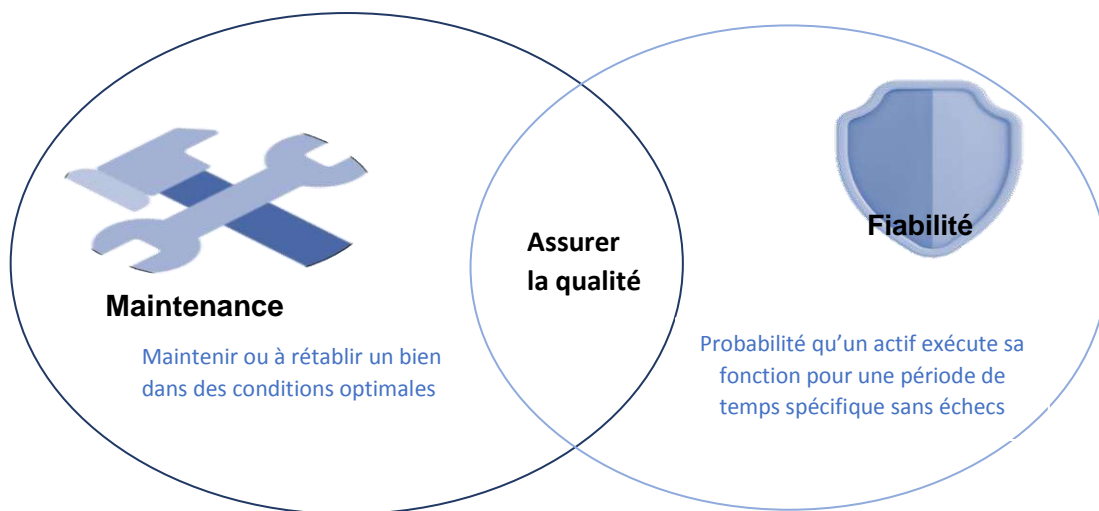


Figure II-9 la relation entre la maintenance et la fiabilité

➤ L'importance de la maintenance et la fiabilité :

L'importance de la maintenance et la fiabilité est assez évidente, la maintenance implique la résolution des pannes et dysfonctionnement avant et après leur apparition, la fiabilité quant à elle vise à établir une stratégie plus complète qui s'attaque aux causes sous-jacentes de la panne, la maintenance est précisément dans un certain sens de préserver la fiabilité du bien. Alors la fiabilité caractérise la durée pendant laquelle un bien peut fonctionner sans problème, la maintenance décrit la probabilité que le même bien puisse être restauré une fois que la panne s'est produite.

VII. Evaluation des coûts en fonctions de la fiabilité :

La fiabilité caractérise la capacité d'un système ou d'un équipement à fonctionner sans problème pendant une période de temps, une mauvaise fiabilité augmente les coûts d'après-vente, le coût total prend en compte deux critères les coûts de conception et de production

La fiabilité vise toujours à diminuer les coûts, elle devient un paramètre clé de la qualité, les entreprises travaillent à l'amélioration de la fiabilité de leur produit en cours de leur cycle de vie. En tenant compte de la fiabilité des actifs, il est possible de prévoir le coût futur et de prendre des décisions éclairées concernant la maintenance préventive, la réparation ou le remplacement des actifs

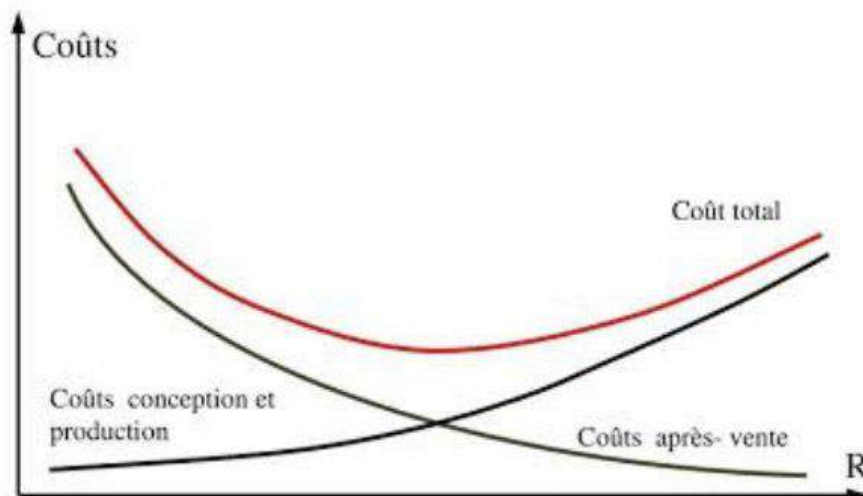


Figure 1-10 l'évaluation des coûts en fonction de fiabilité

Conclusion :

A travers ce chapitre, la métrologie nous montre une partie importante et complémentaire du programme de maintenance industrielle. C'est-à-dire que lorsque la métrologie est disponible, la qualité est active, et donc l'application de la maintenance est élevée et fiable, et vice versa.

Chapitre III :

Application de la fiabilité sur les
aéroréfrigérants

Introduction :

Durant notre stage pratique chez l'entreprise SONATRACH avec l'équipe compression-sud qui faisait l'entretien préventif des aéro, l'équipe a remarqué une inclinaison d'une pale qui nécessite une intervention pour le réparer. Dans cette partie, nous vous exposé brièvement la maintenance corrective d'un aéroréfrigérant

On va voir les étapes de la maintenance (le démontage et le montage de silent bloc) et les pannes des aéroréfrigérants, en calculons leur fiabilité et leur MTBF pour assurer leur qualité mais tout d'abord nous avons étudié l'aéroréfrigérant en particulier, où nous avons abordé son fonctionnement et la connaissance de ses composants et pièces et des avantages et inconvénients les plus importants

I. Les aéroréfrigérants :

Un aéroréfrigérant ou une tour de refroidissement est un système qui transfère l'énergie thermique d'un liquide intérieur à l'air extérieur. Il se compose d'une surface d'échange et d'un aérateur. Le liquide à refroidir circule dans les tubes et l'air extérieur circule autour des tubes qui sont ailetés pour augmenter le coefficient d'échange thermique.

Dans ce type de réfrigérant, un gaz est refroidi et mis en circulation à l'intérieur des rangées de tubes, et un liquide auxiliaire (air) circule à l'extérieur des tubes. Les tubes sont lisses ou à ailettes. Voir le schéma pour une vue d'ensemble du refroidisseur d'air.

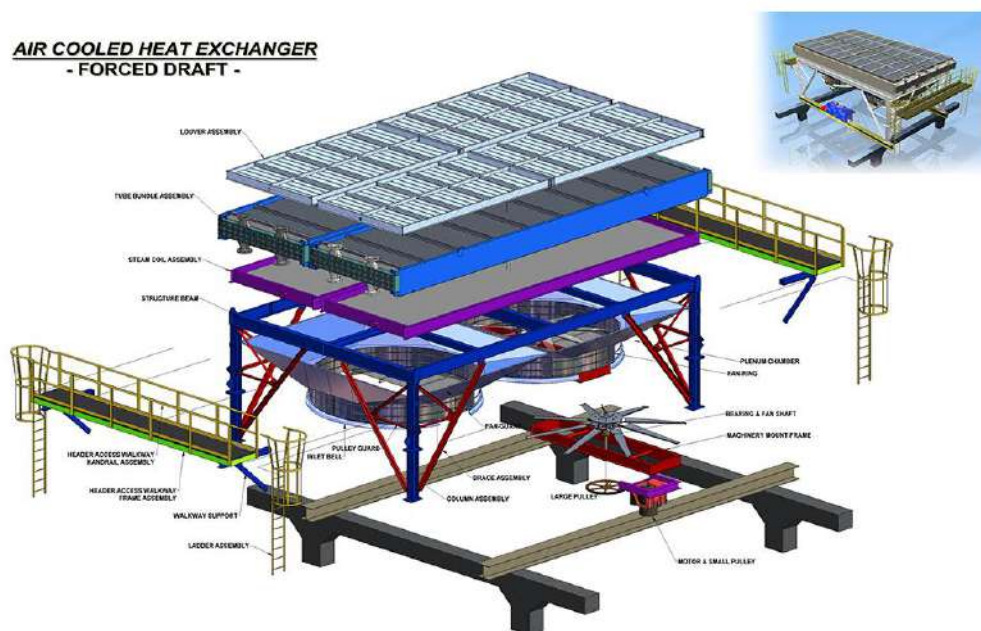


Figure III -1 vue d'ensemble d'un aéroréfrigérant (tirage forcé)

Avantages

- L'air est disponible indéfiniment.
- L'emplacement de la station n'est pas déterminé par l'installation.
- Aucun nettoyage n'est nécessaire car l'air est rarement corrosif.
- Les coûts de maintenance des aéroréfrigérants représentent 20 à 30 % du coût des aéroréfrigérants

Inconvénients

- En raison de la faible chaleur spécifique de l'air, il ne peut pas être refroidi à basse température.
- Les aéroréfrigérants nécessitent un encombrement important en raison du coefficient de transfert du « film d'air » relativement faible et de la faible chaleur spécifique de l'air.
- Les refroidisseurs d'air nécessitent des tubes à ailettes, ce qui est une technologie assez particulière.
- Les changements de température saisonniers peuvent affecter les performances du refroidisseur d'air.
- Installez l'aéroréfrigérant à un endroit qui ne bloque pas le flux d'air.

II. Composent d'aéroréfrigérant :

Les aéroréfrigérants sont des appareils de construction simple et peuvent fonctionner pendant de longues périodes sans incidents. La source principale de pannes est le moto-ventilateur parce qu'il constitue un système en mouvement. Ce sont les paliers, les courroies, les enroulements et boîtes à vitesses qui représentent les pannes les plus fréquentes. Ils sont constitués des éléments suivants :

- Bancs d'aéroréfrigérants.
- Faisceau tubulaire.
- Tubes à ailettes.
- Collecteur ou système de distribution du fluide chaud
- Systèmes de ventilation d'air (des ventilateurs).
- Dispositifs de réglage de débit d'air
- Les moteurs et systèmes de transmission
- Structure.
- Accessoires

❖ Le système de ventilation :

En général, l'air est véhiculé à travers les faisceaux par l'intermédiaire de ventilateurs en position « tirage forcé » (ventilateurs soufflant l'air vers les faisceaux), ou en position « tirage induit » (ventilateurs aspirant l'air sur les faisceaux)

Le système de ventilation comporte des ventilateurs entraînés par un moteur électrique, le ventilateur se compose d'une port-pales qui est installé sur l'arbre de ventilation, les six pales sont

Montées sur la port-pales avec des fourchettes, ces derniers sont connectés avec les pales par des silentblocs

❖ **Les pales :**

Les pales de refroidissement sont des composants essentiels de système de ventilation, l'importance des pales de refroidissement résident dans leur capacité et leur efficacité voici quelques caractéristiques clés des pales de refroidissement :

- Matériaux résistants à la corrosion :  tant donné que les pales de refroidissement sont exposées à des environnements industriels souvent corrosifs, elles sont généralement fabriquées à partir de matériaux résistants à la corrosion tels que l'aluminium, l'acier inoxydable
- Conception aérodynamique : les pales sont conçues de manière aérodynamique pour optimiser le flux d'air généré, une conception efficace permet d'obtenir un débit d'air élevé tout en minimisant la consommation d'énergie
- Taille et forme : elles sont dimensionnées en fonction des besoins de refroidissement spécifiques, la taille, la forme, le nombre peuvent varier en fonction de la taille des équipements, de la quantité de chaleur générée
- Fixation sécurisée : les pales doivent être correctement fixées au porte-pales avec des fourchettes pour assurer leur stabilité pendant leur fonctionnement

Il convient de noter que les caractéristiques spécifiques des pales peuvent varier en fonction de l'application industrielle particulière



Figure 1-2 la porte-pales



Figure III-2 la fourchette



Figure III-4 les pales

III. Etude de panne :

90% des pannes des aéro sont à cause de système de ventilation, les pales ou bien le système complet peuvent subir des dommages physiques tels que des fissures, des ébréchures ou des déformations en raison de choc, de vibration excessive ou des conditions de fonctionnement difficiles

Ces dommages peuvent compromettre l'intégrité structurelle de la pale et affecter son efficacité de refroidissement, le tableau suivant présente quelques pannes et leurs causes :

Tableau 2 les pannes d'un système de ventilation

Pannes	La cause de panne
1	Manque de lubrification
2	Endommagement de silent-block
3	Déchirures de courroie
4	Endommagement de fourchette
5	Défaillance de moteur électrique
6	Endommagement de pale

➤ Manque de lubrification :

Le manque de lubrifiant entre les rouleaux des bagues de roulement provoque une friction et ce qui génère une corrosion et un endommagement pour la pièce



Figure III-5 un roulement endommagé

➤ **Endommagement de silent-block :**

Au fil du temps et de l'utilisation, les silent-block peuvent s'user en raison des mouvements et chocs, les vibrations peuvent provoquer une dégradation progressive du matériau en caoutchouc, ce qui réduit ses propriétés d'absorption des chocs



Figure III-6 silent-block

➤ **Déchirure de courroie :**

Une surcharge du système peut entraîner une défaillance de la courroie, lorsqu'une courroie est soumise à une charge excessive, elle peut être étirée au-delà de ses limites ce qui peut entraîner sa déchirure

Les fissures et la dégradation des propriétés du matériau peuvent rendre la courroie plus susceptible de se déchirer

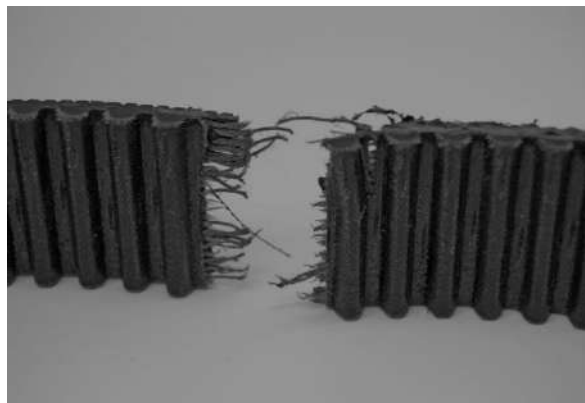


Figure III-7 courroie déchirée

➤ **Endommagement de la fourchette :**

En raison de la friction, la fourchette devienne rouillée et endommagée



Figure III -8 fourchette endommagée



Figure III-3 fourchette neuf

➤ **Défaillance de moteur électrique :**

L'utilisation continue du moteur électrique à des charge supérieures à sa capacité nominale peut entrainer une surchauffe, la surchauffe peut entrainer une dégradation de l'isolation, des dommages aux bobinages et éventuellement en défaillance complète du moteur.

➤ **Endommagement de pale :**

Les pales de ventilation sont souvent soumises à des contraintes mécaniques et à des cycles de charge répétitifs. Au fils de temps, cela peut entrainer une fatigue des matériaux, provoquant des fissures, des déformations ou même des ruptures des pales.



Figure III -4 pale endommagée



Figure III-11 pale neuf

Un autre exemple d'endommagement d'un vise d'assemblage :

Figure III -12 vise d'assemblage endommagé



Figure III-13 vise d'assemblage neuf

Il est important de mettre en place un programme de maintenance préventive pour les aéro, comprenant des inspections régulières, une maintenance appropriée contribue à éviter les pannes, à prolonger la durée de vie des équipements et à assurer un bon fonctionnement

Durant notre stage pratique chez l'entreprise SONATRACH on a assisté à l'entretien préventive des aéro, durant notre tour de d'inspection l'équipe de compression sud a remarqué un déséquilibre d'une pale qui nécessite une réparation.

Les étapes de la maintenance :

Après la d installation de système de ventilation, voici les étapes de changement d'un silent-block pour la réparation des aéroréfrigérant :

- Le démontage de silent-block avec la presse hydraulique en utilisant le clou de démontage
- Changer le silent-block endommagé avec un autre nouveau silent-block
- Appliquer la colle autour de l'entrée de silent-block sur la pale
- Changer le clou de démontage avec le clou de montage sur la presse
- Presser le silent-block dans la pale et c'est prêt



Figure III-14 l'utilisation de la presse



Figure III-5 la presse hydraulique



Figure III-16 l'élément de montage



Figure III-17 l'élément de démontage

Après la maintenance de la pale l'aéro recommence son rôle principal qui consiste à maintenir la température de gaz en dessous de celle retenue son refroidissement qui se fait par échange thermique par l'intermédiaire de l'air ventilé

IV. Plan de travail :

Notre plan de travail se base sur l'étude de la fiabilité des pales des aéroréfrigérants pour deux entreprises différentes, qui utilisent des pales qui ont les mêmes caractéristiques mais qui proviennent de différents fabricant, la première entreprise « SONATRACH » utilise des pales très coûteuses par rapport à les pales utilisés par l'entreprise « GTP ».

Dans cette étude comparative, on va calculer la fiabilité des pales utilisés par les deux entreprises « SONATRACH et GTP » d'après leur historique des pannes pour comparer entre eux

Dans ce tableau on vous présente l'historique des pannes des aéro entre l'année 2017 et 2022 qui ont été à causes des pales utilisés par l'entreprise de SONATRACH :

Tableau III. 3 historique de pannes des aéroréfrigérants de l'entreprise SONATRACH

Année	Nombre de panne	Temps d'arrêt en heures	TBF en heures
2017	2	144h	104688 h
2018	2	92h	104740 h
2019	1	52h	104780 h
2020	3	148h	104684 h
2021	2	96h	104736 h
2022	2	72h	104760 h

TBF= temps total – temps d'arrêt

- On calcule le MTBF :

$$MTBF = \frac{TBF}{\text{Nombre de pannes}}$$

- On calcule le MTTR :

$$MTTR = \frac{\text{temps d'arrêts}}{\text{nombre de pannes}}$$

- On calcule le taux de défaillance :

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

- On calcule la fiabilité : $R(t) = e^{-\lambda t}$

- On calcule la disponibilité :

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Le tableau suivant présente l'application numérique des lois :

Tableau III. 4 l'application des lois de fiabilité

Année	N pannes	TR(h)	TBF(h)	MTBF	MTTR	$\Lambda(t)$
2017	2	144	104688	52344	72	1,91044E-05
2018	2	92	104740	52370	46	1,90949E-05
2019	1	52	104780	104780	52	9,54381E-06
2020	3	148	104684	34894,6667	49,33	2,86577E-05
2021	2	96	104736	52368	48	1,90956E-05
2022	2	72	104760	52380	36	1,90913E-05

D'après les résultats obtenus du tableau on trace la courbe de la fiabilité avec logiciel Excel :

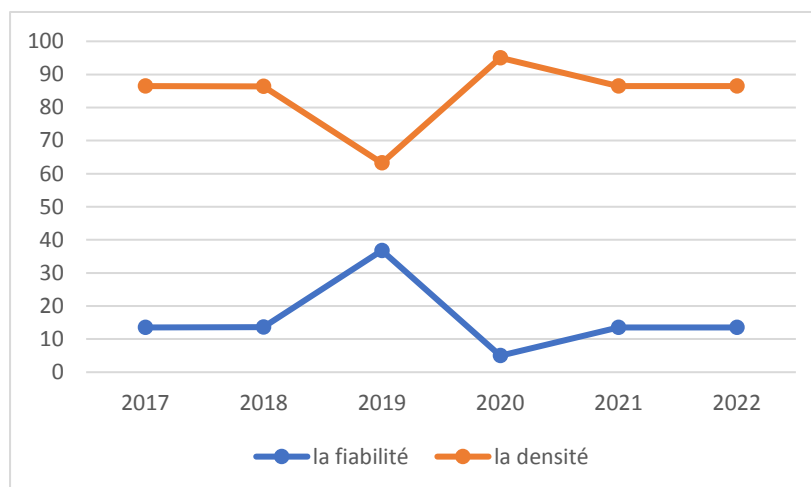


Figure III-18 diagrammes de la fiabilité de l'entreprise SONATRACH

D'après l'allure de la courbe on remarque la stabilité de la fiabilité (probabilité de bon fonctionnement) en 2017 et 2018 (deux pannes par an), suivi par une augmentation entre l'année 2018 et 2019 car la machine a tomber en panne une seule fois par an qui signifie une bonne fiabilité

La dégradation entre 2019 et 2020 signifie que les aéro subit plusieurs arrêt (trois pannes par an) qui provoque la rupture de production, peut-être à cause d'une maintenance inadéquate ou le manque de compétence, après cette dégradation on remarque le retour des valeurs à sa première stabilité

1. L'historique de pannes de la deuxième entreprise :

Tableau III.5 l'historique des pannes des aéroréfrigérants de l'entreprise GTP

Année	Nombre de panne	Temps d'arrêt en heures	TBF en heures
2017	4	227h	104605h
2018	3	151h	104681h
2019	7	510h	104322h
2020	3	146h	104686h
2021	4	198h	104634h
2022	3	146h	104686h

D'après l'historique de pannes on a :

Tableau III. 5 l'application des lois de fiabilité

Année	N panne	TR(h)	TBF(h)	MTBF	MTTR	λ (t)
2017	4	227	104605	26151,25	56,75	3,82391E-05
2018	3	151	104681	34893,6667	50,33	2,86585E-05
2019	7	510	104322	14903,1429	72,85	6,70999E-05
2020	3	146	104686	34895,3333	48,66	2,86571E-05
2021	4	198	104634	26158,5	49,5	3,82285E-05
2022	3	146	104686	34895,3333	48,66	2,86571E-05

On remarque clairement que la fiabilité des aéro entre 2017 et 2020 n'a pas dépassé 6 % à cause de l'arrêt (plusieurs pannes) c'est-à-dire que la fiabilité de cette pièce est mauvaise, ce qui a entraîné une perte de production

La courbe de fiabilité tracée par logiciel Excel :

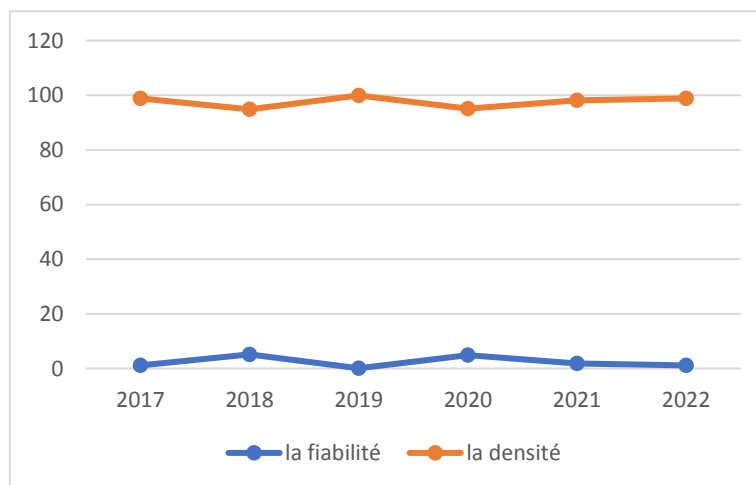


Figure III-19 diagrammes de la fiabilité de l'entreprise GTP

d'après l'analyse des deux courbes on remarque que les aéros de l'entreprise « SONATRACH » tombent en panne maximum 3 fois par an (en 2020 après cette panne l'entreprise a corrigé ses défauts pour éviter ce cas) car l'entreprise utilise des équipements fiables et de bonne qualité qui permettent d'augmenter la production et minimiser les temps d'arrêt malgré que ses équipements coûtent cher, bien au contraire avec l'entreprise « GTP » (le minimum de panne est 3 fois par an) cette entreprise souffre de nombreuses pannes qui augmentent les temps d'arrêt, la raison principale de ces pannes est le manque de fiabilité des équipements, l'entreprise utilise des équipements non-coûteux mais pas fiables et de mauvaise qualité

La fiabilité et la qualité sont des éléments cruciaux pour assurer le bon fonctionnement des actifs et garantir la continuité des opérations, la qualité coûte cher mais en investissant dans la qualité et en accordant une attention particulière à la fiabilité, les entreprises peuvent créer un avantage concurrentiel et garantir leur succès à long terme.

Conclusion :

D'une manière générale l'historique de pannes a une grande importance pour établir la bonne politique de maintenance et pour les calculs (MTBF, MTTR, R(t)...) et le suivi de l'état des équipements, après les résultats d'historique de pannes et la comparaison entre la fiabilité des pièces utilisées par l'entreprise SONATRACH et les pièces d'une autre entreprise voici les points importants que nous avons obtenus :

- L'importance de l'historique des pannes
- Les temps d'arrêt affectent sur la production de machine
- Les pannes mal traitées elle peut être répétée plusieurs fois
- La bonne maintenance assure un bon TBF (temps de bon fonctionnement)
- La fiabilité d'équipement de l'autre entreprise est très mauvaise (5.16% pour un MTBF de 34893.66 h)
- La maintenance préventive est très importante pour éviter la répétition des pannes
- La fiabilité des machines de l'entreprise de SONATRACH est excellente (des pannes maximum 3 fois par an) car cette entreprise dépend sur la bonne maintenance préventive et corrective
- Les aéroréfrigérants sont des équipements stratégiques si bien qu'elle demande une surveillance efficace
- La fiabilité assure la qualité de production une augmentation de fiabilité donne une bonne production qui élimine les coûts

Conclusion générale

Conclusion générale

En conclusion, la qualité dans la maintenance revêt une importance capitale pour garantir des performances optimales, une fiabilité accrue, une rentabilité maximale et la satisfaction des clients. En adoptant des pratiques de maintenance axées sur la qualité, les entreprises peuvent prévenir les défaillances, minimiser les temps d'arrêt, améliorer la durée de vie des équipements et optimiser les coûts opérationnels.

La maintenance de qualité favorise également la conformité réglementaire, la sécurité des employés et la préservation de la réputation de l'entreprise.

En intégrant des processus de métrologie et de la maintenance préventive efficace, les entreprises peuvent s'assurer de la précision des mesures, de la calibration adéquate des équipements de mesure et de la disponibilité d'informations fiables pour prendre des décisions éclairées en matière de maintenance.

La qualité dans la maintenance est un engagement à long terme qui exige une planification appropriée, les organisations qui valorisent la qualité dans la maintenance sont mieux positionnées pour faire face aux défis de l'évaluation technologique, il est essentiel que les organisations adoptent une approche proactive de la maintenance en mettant l'accent sur la fiabilité, cela comprend la planification et la mise en œuvre de programmes de maintenance préventive, des compétences des techniciens.

En intégrant la fiabilité dans la maintenance comme un élément central de leur stratégie, les organisations peuvent améliorer leur performance opérationnelle, réduire les coûts, augmenter la production, la fiabilité est un investissement à long terme qui permet aux organisations de prospérer dans un environnement commercial exigeant et en constante évolution.

Bibliographie

- [1] « Démarche qualité : définition et étapes + Exemple », 22 août 2022. <https://blog-gestion-de-projet.com/demarche-qualite> (10 avril2023)
- [2] « ISO 9001, qu'est-ce que la certification ISO 9001 ? », 4 mai 2020. <https://www.managementqualite.com/iso-9001-quest-ce-que-la-certification-iso-9001> (11 avril 2023)
- [3] « qualité, qualité interne, qualité externe, définition qualité, qualité iso ». <http://www.axess-qualite.fr/qualite.html> (16 avril2023)
- [4] « Les outils qualité : amdec, 5S, Pareto, 5M, brainstorming, 8D, résolution de problème... ». <http://www.axess-qualite.fr/outils-qualite.html> (20 avril 2023)
- [5] « Ingénierie Industrielle : Définitions et Normes de la Maintenance », Ingénierie Industrielle. <http://ingenierieindustrielle.blogspot.com/2014/06/definitions-et-normes-de-la-maintenance.html> (01 mai 2023)
- [6] « Fiabilité ». <https://prod-maint-indus.pagesperso-orange.fr/fiabilite/fia.html> (01 mai 2023)
- [7] « Compte Rendu Metrologie tp2 | PDF | Métrologie ». <https://fr.scribd.com/document/573674376/compte-rendu-metrologie-tp2> (02 mai2023)
- [8] F. TORLINI, « Les différents types de maintenance », Tribofilm, 6 octobre 2021. <https://www.tribofilm.fr/les-differents-types-de-maintenance> (02mai 2023)
- [9] SEOPublissoft, « Quels sont les types de métrologie ? », SEP Métrologie, 6 janvier 2021. <https://sepmetrologie.com/2021/01/06/quels-sont-les-types-de-metrologie> (06mai2023)
- [10] info@sepmetrologie.com, « Qu'est-ce que la métrologie industrielle ? », SEP Métrologie, 21 juin 2021. <https://sepmetrologie.com/2021/06/21/quest-ce-que-la-metrologie-industrielle> (06mai2023)
- [11] « Qu'est-ce que la maintenance corrective ? (définition, avantages, inconvénients et exemples) », 8 mai 2022. <https://www.spectraltms.com/blog/quest-ce-que-la-maintenance-corrective> (06 mai 2023)
- [12] « Histoire de la métrologie », 20 janvier 2020. <http://portail-qualite.public.lu/fr/metrologie/industrielle-scientifique/histoire-metrologie.html> (09 mai 2023)
- [13] « Maintenance Corrective (Extrait de La Norme AFNOR X 60-010-1994) | PDF | Calibrage ». <https://fr.scribd.com/document/550034361/abc> (09mai2023)
- [14] « La métrologie légale : qu'est-ce que c'est ? - Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS) ». <https://occitanie.dreets.gouv.fr/La-metrologie-legale-qu-est-ce-que-c-est> (10 mai 2023)
- [15] « Fiabilité : définition ». <http://www.qualiteonline.com/question-111-qu-est-ce-que-la-fiabilite.html> (11 mai 2023)
- [16] « Fiabilité ». <https://prod-maint-indus.pagesperso-orange.fr/fiabilite/fia.html> (12 mai 2023)

- [17] « Définition de la qualité ». <https://www.apia.com.tn/definition-de-la-qualite.html/> (16 mai2023)
- [18] « Avantages et inconvénients de la maintenance corrective ». <https://www.chauffage-industriel.fr/maintenance-corrective-les-avantages-et-les-inconvenients> (16 mai 2023)
- [19] C. Sagnier, « Outils méthode maintenance : 8 techniques à connaître », Mobility Work, 31 mai 2018. <https://mobility-work.com/fr/blog/methode-maintenance-industrielle> (16 mai2023)
- [20] A. Jouan, « Les différents types de maintenance industrielles », LE GARREC, 27 juin 2019. <https://www.legarrec.com/entreprise/type-maintenance-industrielle> (16mai2023)
- [21] fmaaloul, « Industrie : Qu'est-ce que la maintenance curative ? », Picomto, 10 février 2023. <https://www.picomto.com/maintenance-curative-tout-comprendre-sur-ce-type-de-maintenance-industrielle> (17mai2023)
- [22] FARDJALAH MERIEM mémoire année 2016 « la maintenance basée sur la fiabilité d'une pompe centrifuge » « UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA ».
- [23] BEDRINA ABDELATIF mémoire de master année 2021 « dimensionnement et étude de l'influence d'un aéroréfrigérant sur une unité de séparation de gaz ».
- [24] O. H. Amine, « Modélisation et dimensionnement des Aero-réfrigérants dans les stations de compression Application sur le gazoduc GZ3 reliant Hassi R'mel à Arzew ».
- [25] ANJAMALALA Lazasoa Imanoela mémoire de fin d'étude année 2013 « OPTIMISATION DE MAINTENANCE PAR LA LOI DE WEIBULL »
-

Résumé

Le but de nos recherches est de montrer l'importance de la maintenance préventive et la fiabilité des machines pour assurer leur qualité, et de connaître des généralités sur la métrologie et la maintenance, ces deux dernières sont des disciplines interconnectées qui travaillent ensemble pour assurer des mesures précises, des performances fiables de l'équipement et la conformité aux normes, la métrologie fournit les bases de mesures précises grâce à l'étalonnage, l'intégration des pratiques de la métrologie et maintenance contribue à améliorer la qualité et à réduire les temps d'arrêts

Notre thèse est structurée en trois chapitres suivis par une conclusion générale

- Dans le premier chapitre on présente l'entreprise SONATRACH et ses organigrammes
- Le deuxième chapitre est divisé en trois parties : la première partie explique des généralités sur la métrologie, et dans la deuxième partie on parle de la maintenance et ses types, et la troisième partie concerne la fiabilité et ses lois
- Le dernier chapitre expose l'application de la maintenance sur les aéro et l'étude de leur fiabilité et une comparaison entre les deux pales de deux entreprises pour assurer leur qualité

Mots-clés : Métrologie, la qualité, la fiabilité, la maintenance, les aéroréfrigérants.

Abstract

The purpose of our research is to show the importance of preventive maintenance and the reliability of machines to ensure their quality, and to know generalities about metrology and maintenance, the latter two are interconnected disciplines that work together to ensure accurate measurement, reliable equipment performance and compliance with standards, metrology provides the foundation for accurate measurements through calibration, the integration of metrology and maintenance practices helps to improve quality and reduce time stops

Our thesis is structured in three chapters followed by a general conclusion

- In the first chapter we present the company SONATRACH and its organizational charts
- The second chapter is divided into three parts: the first part explains generalities on metrology, and in the second part we talk about maintenance and its types, and the third part concerns reliability and its laws
- The last chapter exposes the application of maintenance on the aeros and the study of their reliability and a comparison between the two blades of two companies to ensure their quality

Key words: Metrology, quality, reliability, maintenance, air coolers.

ملخص

الغرض من بحثنا هو إظهار أهمية الصيانة الوقائية وموثوقية الآلات لضمان جودتها، ومعرفة العموميات حول المقاييس والصيانة، فإن هذين الأخيرين هما تخصصان مترابطان يعملان معًا لضمان القياس الدقيق، والأداء الموثوق للمعدات والامتثال للمعايير، يوفر علم القياس الأساس لقياسات دقيقة من خلال المعايرة، ويساعد دمج ممارسات القياس والصيانة على تحسين الجودة وتقليل التوقفات الزمنية

أطروحتنا مبنية على ثلاثة فصول تليها خاتمة عامة

- في الفصل الأول نقدم شركة ومخططاتها التنظيمية

- ينقسم الفصل الثاني إلى ثلاثة أجزاء: الجزء الأول يشرح العموميات حول علم القياس، وفي القسم الثاني نتحدث عن الصيانة وأنواعها، والجزء الثالث يتعلق بالموثوقية وقوانينها

- يعرض الفصل الأخير تطبيق الصيانة على المبردات الهوائية ودراسة موثوقيتها لضمان جودتها

.الكلمات المفتاحية: المقاييس، الجودة، الموثوقية، الصيانة، مبردات الهواء.