

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**ETUDE FMD DE LA GRENAILLEUSE VAIS DE LA
TUBRIE ALFAPIPE**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

**SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE
MECANIQUE**

PRESENTE PAR : IMANE ZOUAINIA

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Mr. CHAOUI K

DEVANT LE JURY

PRESIDENT:	Pr. KHELIF.R (Prof)	Université Badji Mokhtar Annaba
EXAMINATEURS :	Dr. BOURENANE.R(MCA)	Université Badji Mokhtar Annaba
	Dr. MERABTINE.A/M (MCB)	Université Badji Mokhtar Annaba
	Dr. BOUTECHICHE.S (MAA)	Université Badji Mokhtar Annaba
	Mr. OMRI MOHAMED.S (MAA)	Université Badji Mokhtar Annaba

Année : 2015/2016



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A la fleur de ma vie... ma très chère mère en témoignage de ma profonde et ma grande reconnaissance pour sa tendresse, sa patience, ces sacrifices tout au long de ma vie.

Mon honorable et très cher père « MOHAMED » qui a sacrifié sa vie pour qu'on puisse se retrouver à ce niveau et qui m'a été source de réussite.

A mes frères et mes sœurs

A Toute ma famille.

A tous mes amis

A Toute la promotion Mécanique « option maintenance des installations et fiabilité Mécanique, année 2015/2016 »



IMANE .Z

INTRODUCTION

Ce projet de fin d'études a été réalisé suite au stage en milieu industriel effectué dans l'Entreprise ALFAPIPE d'El-Hadjar. Cette entreprise produit des tubes de pipelines soudés en spirale et destiné au transport d'hydrocarbures (Pétrole et Gaz). Le sujet qui nous a été proposé concerne la phase de préparation des surfaces des tubes avant revêtements interne et externe pour la protection contre la corrosion. Les grenailleuses de surface sont des équipements qui assurent des fonctions importantes pour le revêtement des tubes en usine. En effet, les opérations de maintenance doivent être correctement étudiées pour assurer une bonne durée de vie au moindre coût.

Dans le chapitre 1, après la présentation de l'entreprise et son organisation, nous avons traité la fonction maintenance de manière générale à travers la procédure globale de maintenance. Ensuite, nous avons présenté les fondements de la fonction maintenance avec toutes les opérations envisagées dans les entreprises. A la fin, nous avons montré des généralités sur la partie FMD (Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité) qui sera appliquée dans la chapitre4.

Dans le chapitre 2, nous avons présenté le fonctionnement des installations de grenailage externe et interne avec les détails nécessaires pour comprendre ces équipements particuliers pour les tubes aciers. Les caractéristiques, les spécifications du constructeur et les procédures de fonctionnement ont été discutées. Des organes importants comme les turbines, les filtres, les boites à tiroirs et des aspects de sécurité ont été exposés à partir de la documentation fournie sur place. Aussi, le procès-verbal d'entretien du filtre contre la poussière et les délais de services ont été montrés avec un guide de recherche des causes de pannes pour les grenailleuses

Dans le chapitre 3, les historiques de pannes des 2 grenailleuses VAIS (surface interne) et ROTO-JET (surface externe) sont été étudiés. Mais pour indisponibilité de toutes les données, l'étude FMD a été limité à la grenailleuse VAIS.

Dans le chapitre 4, une étude des différents risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses est présentée. Elle se base sur la documentation fournie par l'entreprise et les recommandations du constructeur.

Il ressort que ces grenailleuses sont des équipements qui assurent des taches difficiles et surtout dangereuses pour les personnels et l'environnement. Il y a donc nécessité de chercher à appliquer avec fermeté les consignes de maintenance et de sécurité pour éviter les accidents et exploiter pleinement les possibilités de l'équipement.

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons essentiellement les bases relatives à la fonction maintenance dans une entreprise de production industrielle. Après un stage de plusieurs semaines effectué en entreprise, nous avons pu apprécier l'importance de la fonction maintenance dans l'entreprise ALFAPIPE du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Nous avons choisi de travailler sur un équipement assurant la préparation des surfaces des tubes pour recevoir l'enrobage en matière polymère (extérieur : HDPE et intérieur : Epoxy). Les grenailleuses installées en chaîne de production assurent convenablement cette fonction. Cependant, elles-mêmes sont sujettes à des dégradations avec le temps d'utilisation car elles subissent des usures ou des pannes sur les groupes hydrauliques. En plus, il y a tous les autres défauts causant des arrêts tels que les fissurations des organes. Il est important de présenter l'entreprise et ensuite la fonction maintenance avec ses fondements de base.

1.2 Présentation de l'entreprise ALFAPIPE :

ALFAPIPE est une unité de fabrication des tubes soudés en spirale et doublement revêtus en usine. C'est par son savoir-faire et son aptitude à répondre aux besoins diversifiés des utilisateurs que cette entreprise est entrée dans le groupe des grands fabricants de tubes vu les investissements importants consentis. Ses principaux clients sont les entreprises de l'industrie du pétrole et du gaz (Sonatrach Transports).

Aujourd'hui, ALFAPIPE délivre un tube soudé en spirale revêtu et livré sur le site afin d'éviter les aléas de manutention et de stockage intermédiaire. Elle représente un partenariat actif avec SONATRACH et les compagnies étrangères associées. Enfin, elle montre une ferme volonté de conforter sa place de leader de producteur de tube en Algérie par la recherche de nouvelles formes d'associations et par le renforcement de la modernisation de ses équipements.

1.2.1 Produits d'ALFAPIPE :

ALFAPIPE a pour rôle de produire et contrôler des tubes soudés en spirale à partir des bobines de tôles. Ces tubes sont conçus pour le transport de gaz, pétrole et d'eau. En cours normal, les bobines viennent du Laminoir à chaud (LAC) et aussi elles peuvent être importées suivant la demande du client.

La gamme des tubes fabriqués varie en diamètre entre 16 pouces (406,4 mm) et 52 pouces (1320,8 mm). Actuellement, la plupart des commandes sont à 48 pouces (1219,2 mm). Les

longueurs de tubes vendus sont entre 9 met 12 m. La production actuelle est de l'ordre de 130 000 tonnes/an.

1.2.2 Organigramme de l'entreprise:

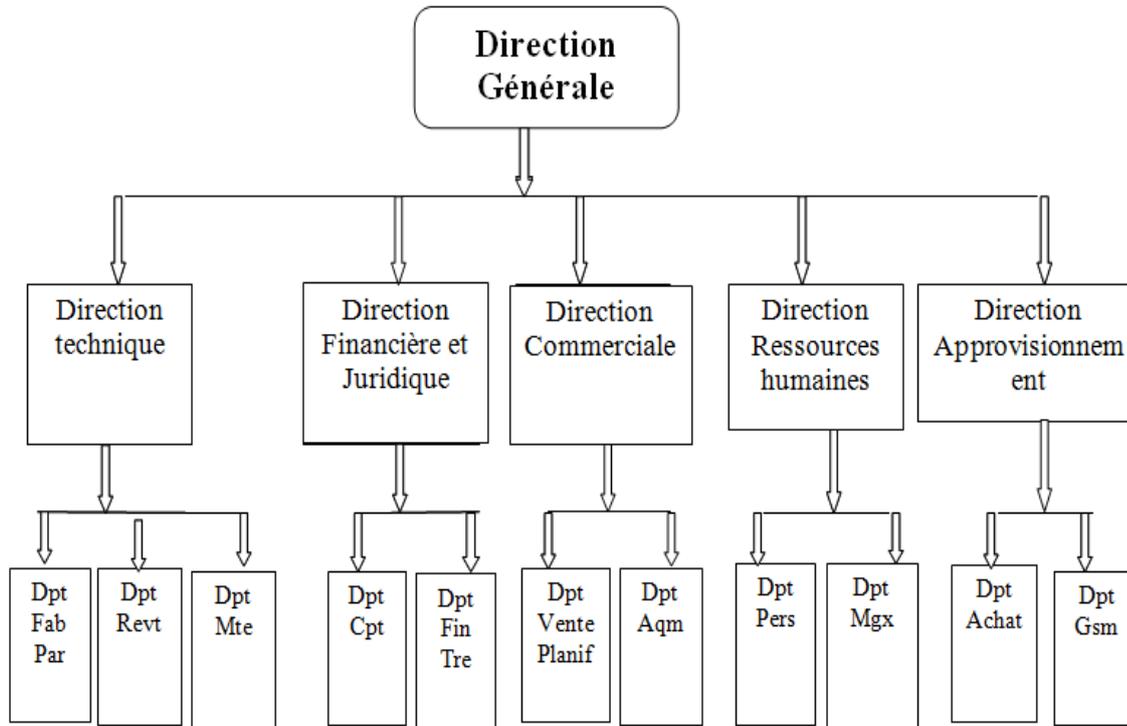


Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise ALFAPIPE.

Légende : Dpt : Département, Cpt : Comptabilité, Pers : Personnels, Mtc :Maintenance, Fin : Finances, Mgx : Moyens généraux, Fab. : Fabrication, Gsm : Gestion des Stocks, Revt : revêtement.

Par. : Parachèvement, Planif: Planification, Aqm : Assurance qualité et métallurgie, Tre : Trésorerie,

1.2.3 Installations industrielles :

Les installations sont réparties en trois (03) bâtiments industriels:

1. La tuberie en spirale a été construite en 1969, et sa superficie est de 18 000 m²;
2. L'atelier de revêtement intérieur à l'époxy construit en 1973-1975, occupe une superficie de 4480 m² ;
3. L'atelier de revêtement extérieur au polyéthylène, construit en 1993-1995,est d'une superficie de 2940 m².

Les ateliers sont conçus pour la transformation à froid des bobines de tôles en tubes soudés en spirale. Quatre machines de soudage automatiques assurent les joints de soudure sur les tubes à l'extérieur et à l'intérieur. Une installation d'essai hydrostatique permet de tester chaque tronçon de tube à une pression d'épreuve fixée par la norme. Un ensemble d'essais mécaniques et chimiques est réalisé pour vérifier la qualité des produits.

Revêtement extérieur :

L'accent est mis sur les opérations de préparation des surfaces. C'est la qualité de la surface qui permet une adhésion exemplaire et de bonne qualité. Pour le revêtement extérieur, généralement la technique classique utilise trois couches (Epoxy, Adhésif, Polyéthylène) pour assurer la protection contre la corrosion et les autres facteurs externes. Dans la figure 1.2, les 3 couches sont appliquées automatiquement par des machines et selon des normes fixes.



Figure 1.2 : Application des 3 couches de revêtement extérieur sur un tube acier

Cycle de revêtement extérieur :

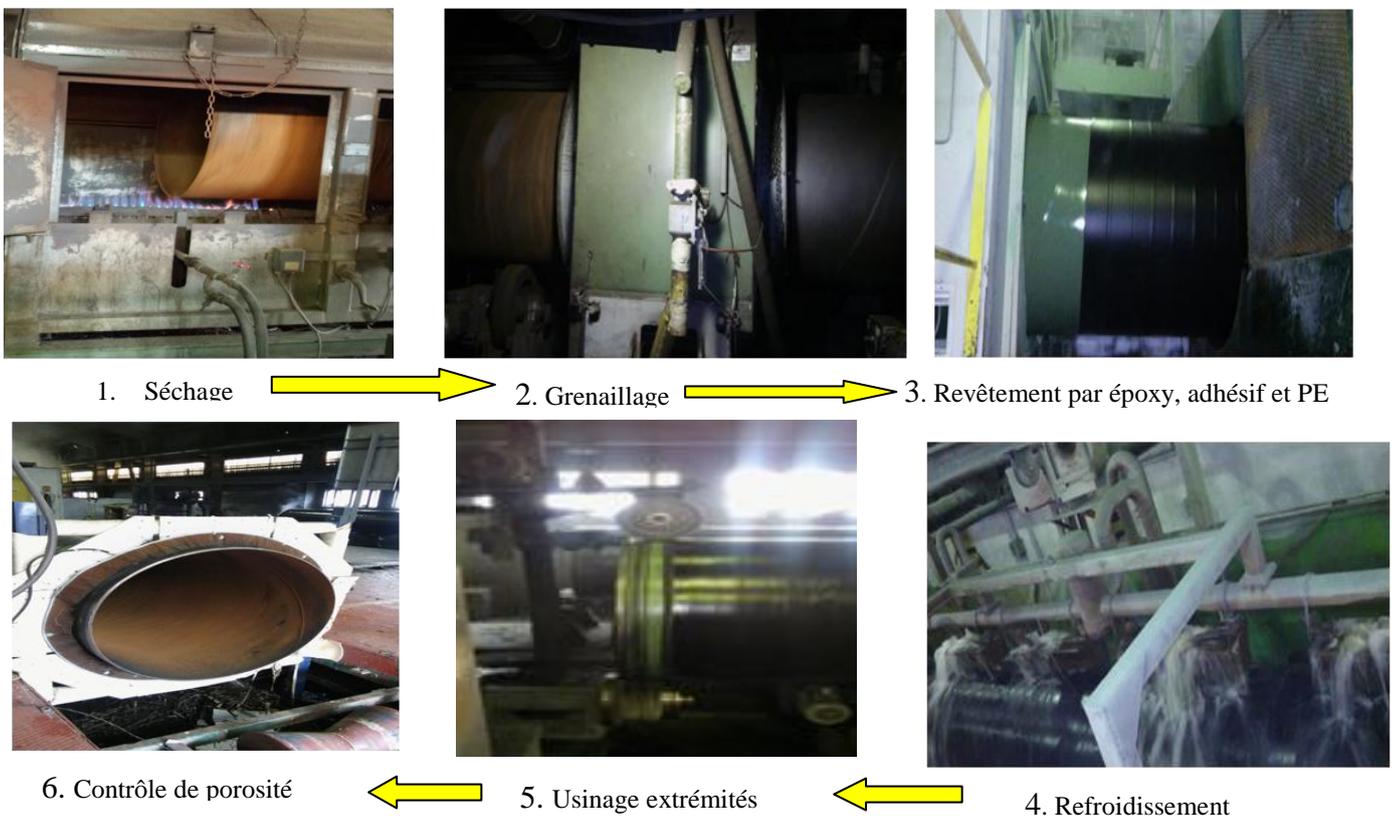


Figure 1.3 : cycle de revêtement extérieur

Revêtement intérieur

Le revêtement intérieur a pour but de protéger contre la corrosion les tubes d'acier transportant le pétrole ou le gaz. Le procédé utilise la résine époxy et un durcisseur (Figure 1.4).

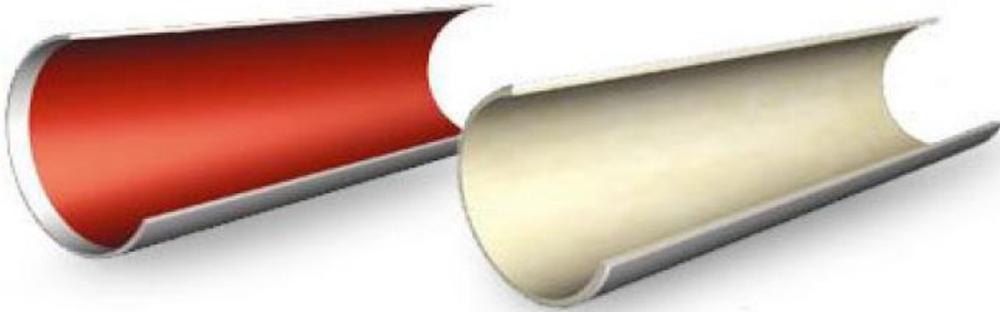


Figure 1.4 : Revêtement intérieur des tubes.

Cycle de revêtement intérieur :

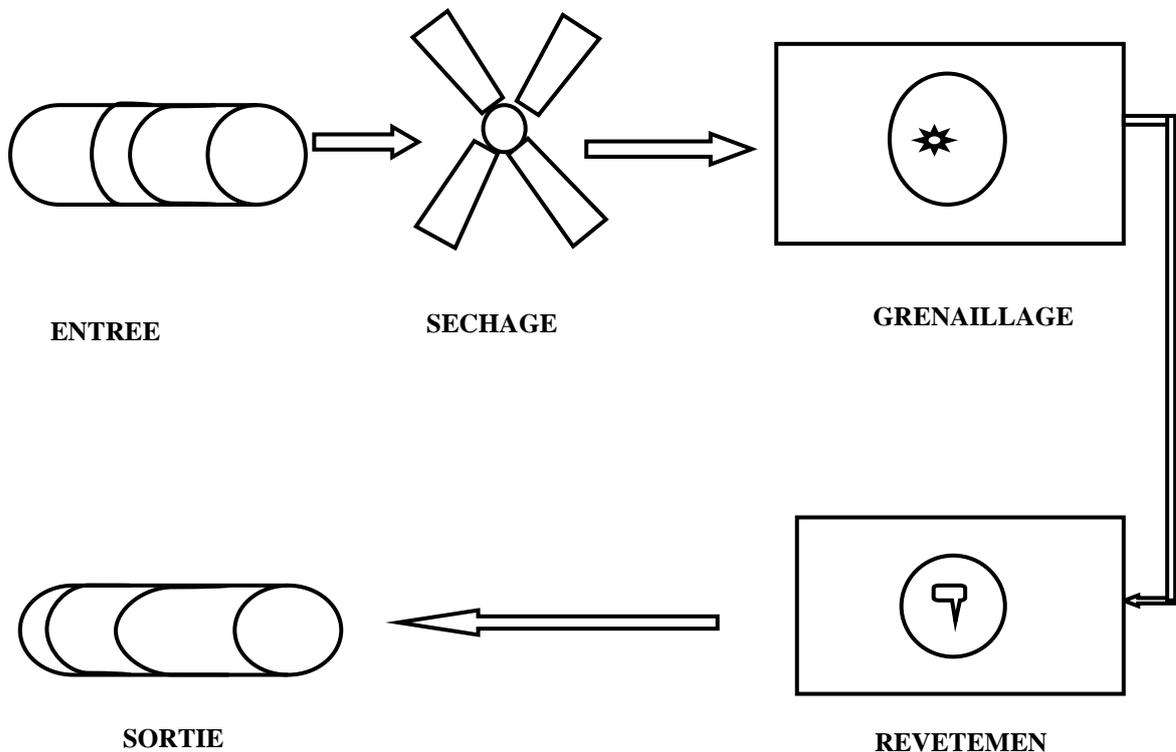


Figure 1.5 Schéma récapitulant différentes étapes de revêtement intérieur

CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise ALFAPPE Et bases de la maintenance

Nous avons présenté le revêtement extérieur et intérieur car le comportement de la maintenance de ces équipements est le thème traité dans ce mémoire.

1.2Fondements de la fonction Maintenance :

« 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 ». (Norme AFNOR X 60-010).

1.2.1 Procédure de travaux maintenance

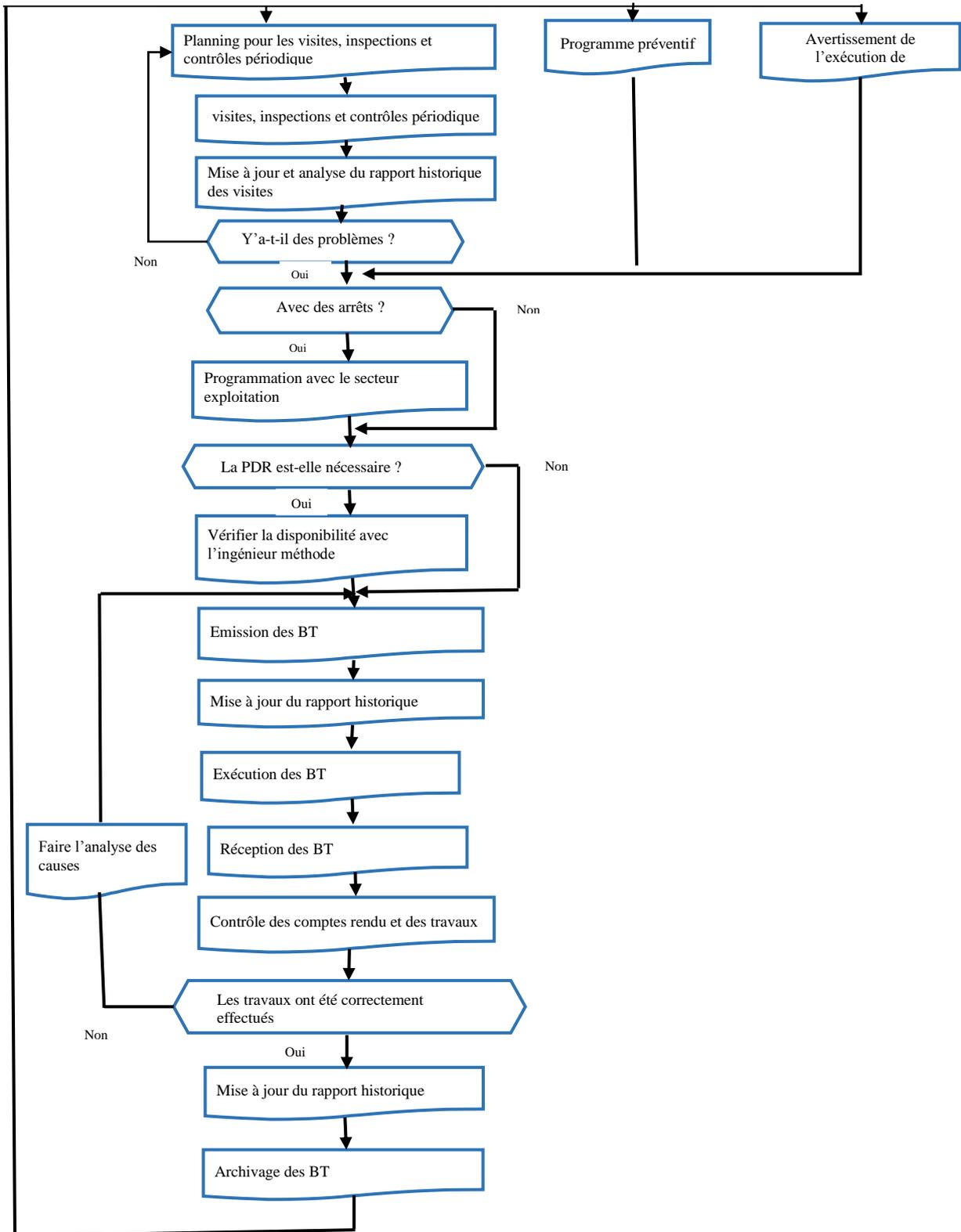


Figure 1.5 Procédure de travaux maintenance

1.2.2 Types de maintenance

Maintenance corrective :

« Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise » (Extrait norme NF EN 13306 X60-319)

Les différents types de maintenance corrective :

Maintenance palliative :

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

Maintenance curative :

Ce sont des activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir totalement sa fonction requise.

La maintenance corrective débouche sur 2 types d'interventions :

- **Le dépannage :**

Remise en état de fonctionnement effectué « in situ », parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Le dépannage a un caractère provisoire. Les dépannages caractérisent la maintenance palliative. Le palliatif est caractéristique du 2^{ème} niveau de maintenance.

- **La réparation :**

Faite « in situ » ou en atelier de maintenance, parfois après dépannage. Elle a un caractère définitif. La réparation caractérise la maintenance curative. Le curatif est caractéristique du 2^{ème} et 3^{ème} niveaux de maintenance.

Evolution de la maintenance corrective :

La notion de « correction » après défaillance contient la notion « d'amélioration ».

➤ En entretien traditionnel, après détection d'une défaillance fortuite, on effectue un dépannage ou une réparation rétablissant la fonction perdue ; et en général on s'arrête à ce niveau.

➤ En maintenance, on effectue :

✓ Une analyse des causes de la défaillance.

✓ Une remise en état (dépannage / réparation).

✓ Une amélioration éventuelle (correction) visant à éviter la réapparition de la panne, ou à

minimiser ses effets sur le système.

- ✓ Une mise en mémoire de l'intervention permettant une exploitation ultérieure.

Les Avantages et les inconvénients de la maintenance corrective :

Les avantages :

Faible coût de maintenance.

Inconvénients :

- Coût de réparation important.
- Peu de sécurité des travailleurs.
- Stockage important des pièces.
- Temps de réparation élevé.
- Perte de production élevée.

Maintenance préventive :

« Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien » (extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité.
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production.
- Réduire et régulariser la charge de travail.
- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues).
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses).
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension).

La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive implique le développement d'un service « méthodes de maintenance » efficace. En effet, on ne peut faire de préventif sans un service méthodes qui va alourdir à court terme les coûts directs de maintenance, mais qui va permettre :

- La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques.
- Les analyses techniques du comportement du matériel.
- La préparation des interventions préventives.
- La concertation avec la production.

Les différents types de maintenance préventive :

Maintenance préventive systématique :

La Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien (EN 13306 : avril 2001)

Maintenance préventive conditionnelle :

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. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001).

Maintenance préventive prévisionnelle :

« Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien » (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319).

Les opérations de la maintenance préventive :

Elles peuvent être regroupées en 3 familles : les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage

L'inspection :

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité s'exerce notamment au moyen des rondes. Ex : inspection des extincteurs, écoute de bruits dans un compresseur. Les activités d'inspection sont en général exécutées sans outillage spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

La visite :

Opération de maintenance préventive qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie du bien. Ex : visite périodique des ascenseurs, des équipements'entraîner des démontages partiels des éléments à visiter (et donc d'entraîner une immobilisation du matériel) ainsi que des opérations de maintenance corrective.

Le contrôle :

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement. Ex : contrôle du niveau d'isolement d'une installation BT, contrôle du jeu fonctionnel dans un mécanisme. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement), déboucher sur des actions correctives. La périodicité du contrôle peut être constante (durant la phase de fonctionnement normal du matériel) ou variable (et de plus en plus courte dès que le matériel rentre dans sa phase d'usure).

Buts de la maintenance préventive :

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

Niveaux de la maintenance :

Les interventions de maintenance peuvent être classées par ordre croissant de complexité (selon norme X60-000 de 2002):

1^{ère} niveau de maintenance :

Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

2^{ème} niveau de maintenance :

Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés,

compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

3^{ème} niveau de maintenance :

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

4^{ème} niveau de maintenance :

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

5^{ème} niveau de maintenance :

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels. Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

Objectifs de la maintenance

- Mettre à la disposition de la production un outil fiable.
- Améliorer pour un équipement le profil cumulé durant le cycle de vie par ;
 - Diminution des coûts de défaillance (au niveau des coûts propres de maintenance et au niveau de la maintenabilité).
 - L'accroissement de la durée de vie rentabilise les équipements.
 - Le maintien et / ou l'accroissement des performances du point de vue qualité quantité.
 - La réduction des risques d'accident.
- La réduction des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement.

Il est évident que l'atteinte de ces objectifs passe par l'amélioration de la compétence technique et de l'efficacité du personnel chargé de maintenance.

Stratégie de maintenance :

C'est l'ensemble des principes qui guident l'organisation des activités de la maintenance.

Le technicien de maintenance :

Tout ce qui a été cité précédemment met en évidence l'indispensable pluridisciplinarité de la fonction maintenance. Le technicien doit donc être capable d'intervenir efficacement dans nombre de domaines et savoir s'adapter à toute situation prévue ou fortuite.

Le technicien devra avoir des compétences techniques dans des domaines aussi variés que la mécanique, l'électrotechnique, l'automatique, l'hydraulique, etc. En effet, les systèmes actuels sont pluridisciplinaires. Par ailleurs, le technicien devra avoir des compétences dans les domaines de la gestion, du planning, etc.

La maintenance devenant de plus en plus informatisée (MAO ou GMAO), l'utilisation de l'informatique est donc devenue indispensable pour le technicien. L'informatisation de la maintenance n'est pas une fin en soi, mais doit être considérée comme un outil d'aide à la décision face à une situation donnée.

Choix d'une forme de maintenance :

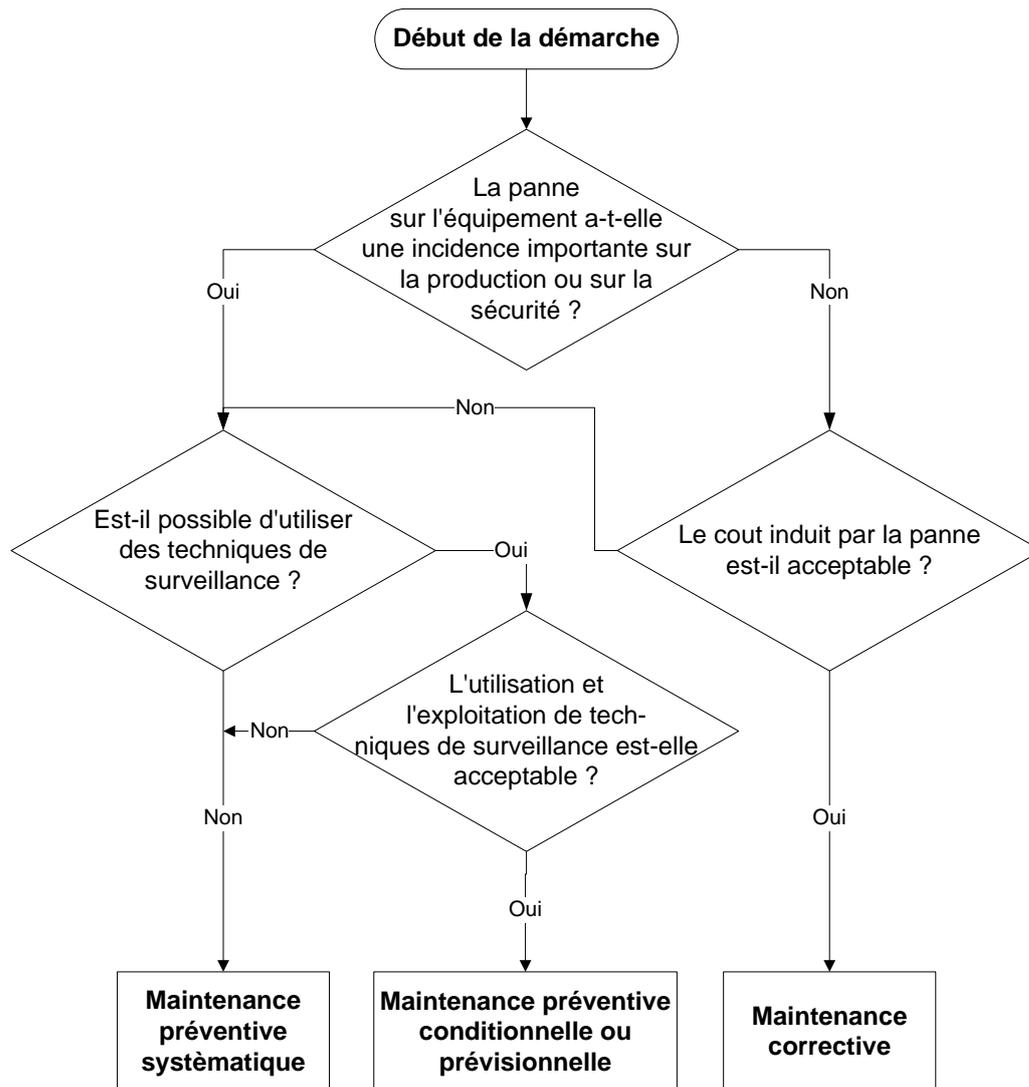


Figure 1.6 Choix d'une forme de maintenance

Fonctions d'un service maintenance :

Fonction étude et méthode :

Elle consiste à mettre en place des études techniques pour :

- Rechercher des améliorations.
- Participer à la conception de travaux neufs.
- Participer à l'analyse des accidents de travail.
- Etablir des fiches d'instructions pour les interventions.
- Etablir les plannings d'intervention.
- Gérer les approvisionnements.
- Analyser les coûts de maintenance.
- Définir des stratégies de maintenance.

Fonction exécution et mise en œuvre :

Son aspect pluri technique nécessite une bonne connaissance des matériels ainsi qu'une bonne maîtrise des diverses technologies.

Rôle de la maintenance :

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production.

Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations. La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

- **Prévisions à long terme (au-delà d'une année) :**

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.

- **Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours) :**

La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels.

- **Prévisions à courts termes :**

Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation.

1.3 Généralité sur FMD

1.3.1 Loi de Pareto et la courbe ABC :

Diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition. Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % du nombre total d'effets. Cette méthode permet donc de déterminer rapidement quelles sont les priorités d'actions. Si on considère que 20 % des causes représentent 80% des occurrences, agir sur ces 20 % aide à solutionner un problème avec un maximum d'efficacité.

Définition de la méthode ABC :

CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise ALFAPPE Et bases de la maintenance

La méthode ABC est un moyen objectif d'analyse, elle permet de classer les éléments qui représentent la fraction la plus importante du caractère étudié, en indiquant les pourcentages pour un caractère déterminé.

But de la méthode ABC :

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets :

- ✓ Diminuer les couts de maintenance.
- ✓ Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance.

1.3.2 Etude de FMD :

1.3.2.1 La fiabilité:

« Définition selon la NF X 06-501 : la fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée. »

- a. fiabilité intrinsèque : elle est propre à un matériel et à un environnement donné et ne dépend que de ce matériel.
- b. fiabilité extrinsèque : elle résulte des conditions d'exploitation, de la qualité de la maintenance, d'une manière générale d'événement relatif à l'intervention humaine.

Objectifs de la fiabilité :

La fiabilité a pour objectif de :

- ✓ Mesurer une garantie dans le temps ;
- ✓ Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- ✓ Déchiffrer une durée de vie ;
- ✓ Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- ✓ Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- ✓ Choisir le stock.

1.3.2.1.1 Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité :

Dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement :

La loi exponentielle :

Elle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant. Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances

successives.

La loi de WEIBULL :

C'est une loi continue à trois paramètres, donc d'un emploi très souple. En fonction de la valeur de ses paramètres, elle peut s'ajuster à toutes sortes de résultats expérimentaux. Cette loi a été retenue pour représenter la durée de vie des pièces

La loi normale :

C'est une loi continue à deux paramètres; la valeur moyenne et l'écart type caractérise la dispersion autour de la valeur moyenne. Elle est la plus ancienne, utilisée pour décrire les phénomènes d'incertitudes sur les mesures, et ceux de fatigue des pièces mécaniques.

La loi log-normale (ou loi de GALTON):

Soit une VA continue positive ; si la variable $y = \log x$ est distribuée selon une loi normale, la variable x suit une loi log-normale. De nombreux phénomènes de mortalité ou de durée de répartition sont distribués selon des lois log-normale.

La loi binomiale :

La loi binomiale est une loi discrète. On l'applique pour décrire un phénomène ayant deux occurrences s'excluant mutuellement (succès ou échec, état défaillant ou en fonctionnement par exemple). En fiabilité cette loi représente la probabilité de voir k défaillances de matériels lors de l'exécution de n essais, sachant que la probabilité élémentaire de défaillance d'un matériel est P .

-Sa variance : $V = nP(1 - P)$

-Son écart type : $\sigma = \sqrt{nP(1 - P)}$

Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité :

Densité de probabilité :

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de répartition $F(t)$:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR}{dt}$$

Fonction de répartition :

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i

$$f(t) = \Pr\{T < t_i\}$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

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

La fonction de fiabilité :

Nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement

sans défaillances pendant un temps (t), ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t).

La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t), qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance ».

Taux de défaillance :

Prenons maintenant une pièce ayant servi pendant une durée *l* et encore survivante.

La probabilité qu'elle tombe en panne entre l'âge *t* qu'elle a déjà et l'âge *T + d t* est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre *T* et *T + d t*, sachant qu'elle a survécu jusqu'à *T*. D'après le théorème des probabilités conditionnelles cette probabilité est égale à :

$$\lambda(t) dt = \frac{F(t + dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1 - F(t)}$$

Avec

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

A(t) S'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité.

L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en une courbe baignoire représenté sur la figure suivante :

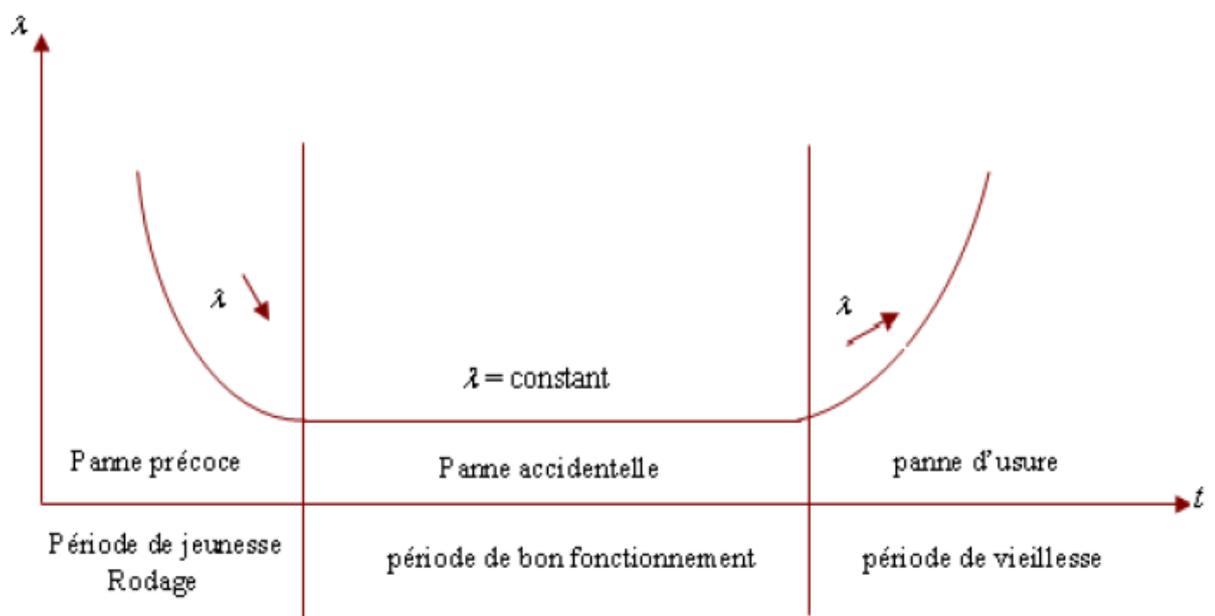


Figure 1.7 : Courbe en baignoire.

Cette courbe représente trois périodes :

> La période de jeunesse ou de rodage : correspond à l'apparition de défaillances, dues à des maux façons ou à des contrôles insuffisants. Dans la pratique, le fabricant procède à un rodage de son matériel afin d'éviter que cette période ne se produise après l'achat du matériel.

> La période de bon fonctionnement : dans cette période, le taux d'avaries est sensiblement constant, les avaries surviennent de manière aléatoire et ne sont pas prévisibles par examen du matériel ; ces défaillances sont dues à un grand nombre de causes et sont liées à la fabrication des dispositifs.

> La période de vieillissement : le taux d'avaries est croissant, cette période correspond à une dégradation irréversible des caractéristiques du matériel, d'où une usure progressive.

• La MTBF :

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est :

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{\sum Ni}$$
$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) dt$$

Loi de Weibull :

La loi de Weibull est utilisée en fiabilité, en particulier dans le domaine de la mécanique.

Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres :

> Le paramètre de position γ qui représente le décalage pouvant exister entre le début de l'observation (date à laquelle on commence à observer un échantillon) et le début du processus que l'on observe (date à laquelle s'est manifesté pour la première fois le processus observé) ;

> le paramètre d'échelle η qui, comme son nom l'indique, nous renseigne sur l'étendue de la distribution ;

> Le paramètre de forme β qui est associé à la cinétique du processus observé

Densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

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

Loi de fiabilité : $R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

Taux de défaillance : $\lambda(t_i) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$

Si $\beta=1$ et $\gamma=0$ $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

Moyenne temps de bon fonctionnement : $MTBF = \gamma + A * \eta$

1.3.2.1.2 Application à la fiabilité :

Suivant les valeurs de β , le taux de défaillance est Soit décroissant ($\beta < 1$),

Soit constant ($\beta = 1$),

Soit croissant ($\beta > 1$).

La distribution de Weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif (courbe de baignoire).

Le cas $\gamma > 0$ correspond à des dispositifs dont la probabilité de défaillance est infime jusqu'à un certain âge γ .

Préparation des données :

- 1) Calcul des Temps de bon fonctionnement
- 2) Classement des temps de bon fonctionnement en ordre croissant
- 3) N = nombre de Temps de bon fonctionnement
- 4) Recherche des données F(i), F(i) représente la probabilité de panne au temps correspondant au Temps de bon fonctionnement de l'ième défaillant.

On a 3 cas différents :

1- Si $N > 50$, regroupement des Temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée : $F(t) = \frac{Ni}{N}$

2- Si $20 < N < 50$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs moyens) : $F(t) = \frac{Ni}{N+1}$

3- Si $N < 20$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs médians) : $F(t) = \frac{Ni-0,3}{N+0,4}$

Et on fait le Tracé du nuage des points M (F(i), t) :

Recherche de γ :

Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$. ($\gamma = 0$)

Si le nuage de points correspond à une courbe, on la redresse par une translation de tous les points en ajoutant ou en retranchant aux abscisses "t", une même valeur (γ) afin d'obtenir

une droite comme le montre la figure suivante.

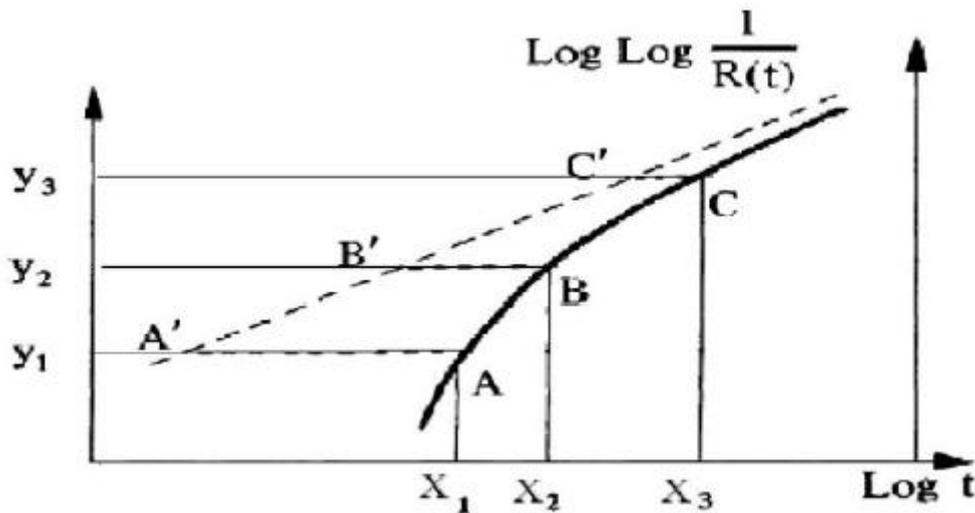


Figure 1.8 Redressement de la courbe par translation.

Ce redressement peut se faire par tâtonnement ou avec la relation :

$$Y = \frac{X_3 * X_1 - X_2^2}{X_3 + X_1 - 2X_2}$$

Considérons les points :

A (X₁, Y₁) ; B(X₂, Y₂) ; C(X₃, Y₃)

$$\text{Et } \begin{cases} Y_3 > Y_2 > Y_1 \\ 2Y_2 = Y_1 + Y_3 \end{cases}$$

En arrangeant on obtient

$$Y = X_2 - \frac{(X_3 - X_2) * (X_2 - X_1)}{(X_3 - X_2) - (X_2 - X_1)}$$

Recherche de η :

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse $t = \eta$.

Recherche de β :

> β est la pente de la droite de corrélation.

> On trace une droite parallèle à la droite de corrélation, et passant par $\eta = 1$ On lit ensuite β sur l'axe B.

1.3.2.2 La maintenabilité :

La maintenabilité est « l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions, avec des procédures et des moyens précis ».

La maintenabilité caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bon état de

fonctionnement.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation

$$MTTR : MTTR = \frac{\sum TTR}{N}$$

. Taux de réparation : μ

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation.

Il s'y ajoute le temps de réparation proprement dit donne l'allure de la probabilité de réparation d'un composant tombé en panne en $t=0$

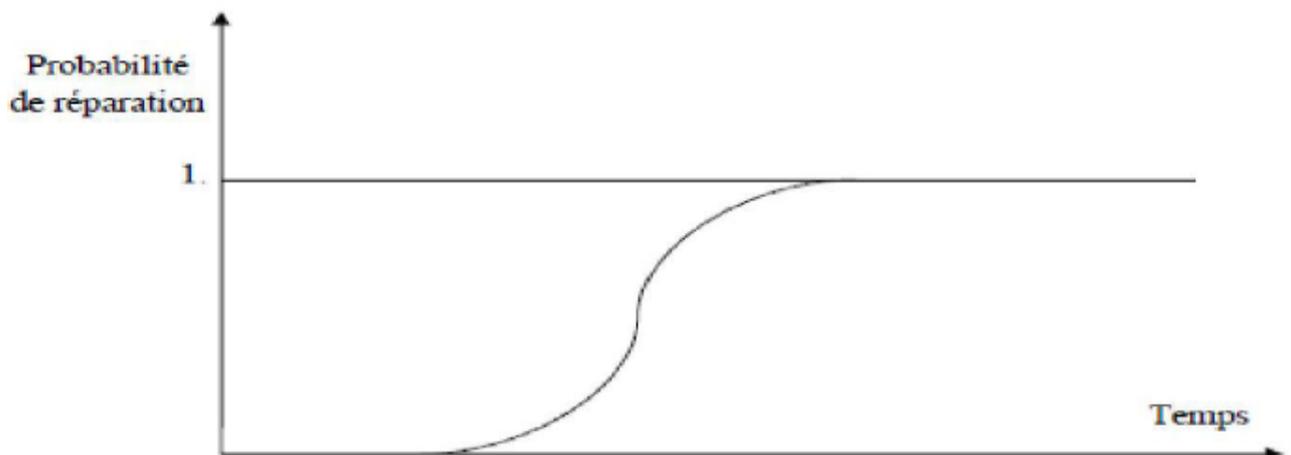


Figure1.9 Probabilité de réparation au cours de temps.

Amélioration de la maintenabilité :

L'amélioration de la maintenabilité passe par :

- le développant des documents d'aide à l'intervention,
- l'aptitude de la machine au démontage (modification, risquant de coûter chère).
- l'accessibilité.
- l'interchangeabilité et la standardisation.
- la facilité de remplacement.
- l'aide au diagnostic.

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes d'état, diminuant, ainsi les TTR l'amélioration de la maintenabilité d'une manière considérable.

Le maintenicien doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes :

- 1- disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel.

- 2- utilisation des systèmes d'aide au diagnostic
- 3- utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne
- 4- disponibilité des accessoires outillages

1.3.2.3 La disponibilité :

La disponibilité est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées ».

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- > avoir le moins possible d'arrêts de production,
- > être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité.

Les types de disponibilité :

Disponibilité intrinsèque :

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne

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

Disponibilité instantanée :

Pour le système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Amélioration de la disponibilité:

- > l'allongement de la *MTBF* (action sur la fiabilité).
- > la réduction de la *MTTR* (action sur la maintenabilité).
- > Fiabilité.
- > maintenabilité.
- > logistique.

La relation entre MUT, MTBF et MTTR :

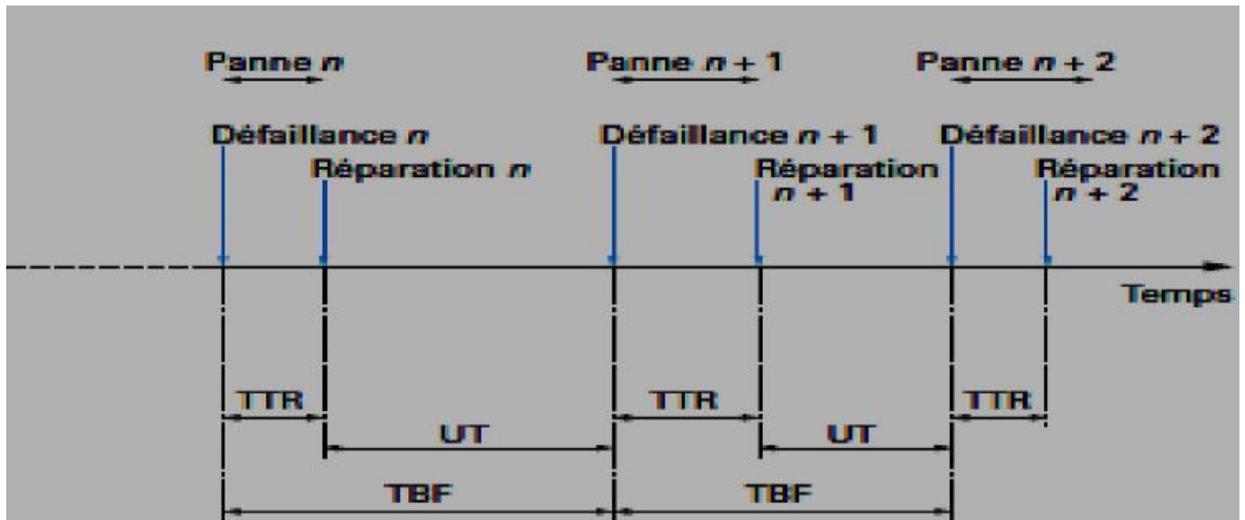


Figure 1.10 Vie d'un système : évolution dans le temps $MTBF = MUT + MTTR$

La relation entre les notions FMD :

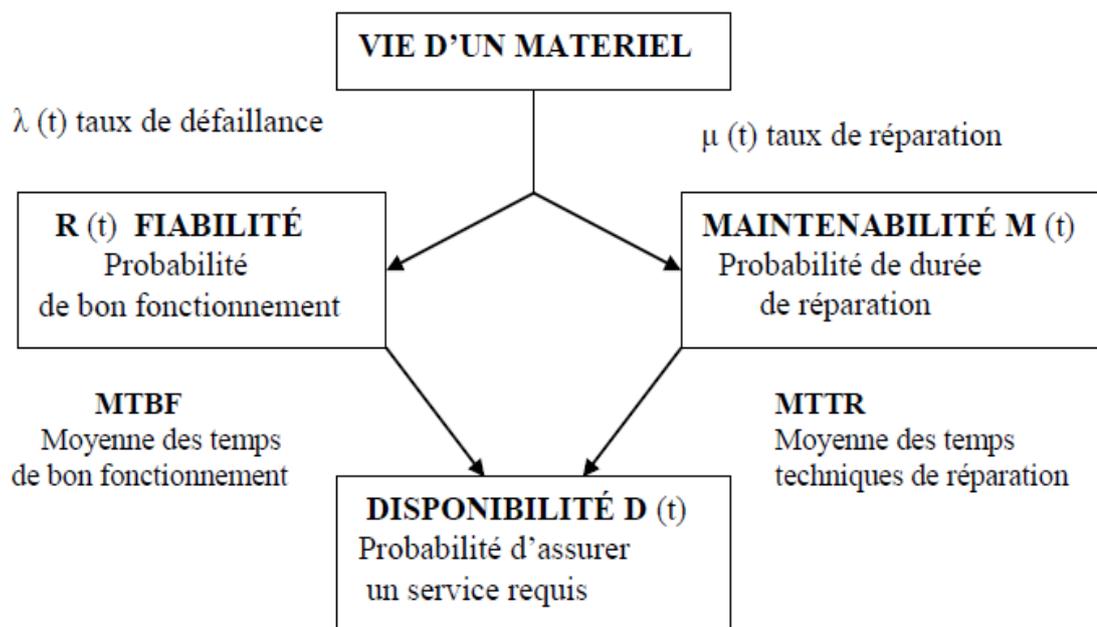


Figure1.11 La relation entre les notions FMD

2.1 Introduction :

Dans cette partie, nous présentons le fonctionnement de la grenailleuse pour l'extérieur des tubes. Elle est de marque ROTO JET et utilise de grenailles métalliques. C'est un équipement qui comporte plusieurs organes surtout les turbines qui donnent l'énergie cinétique aux grenailles qui vont percuter la surface du métal. La partie sécurité de ces installations est critique vu les risques qui peuvent se présenter durant l'exploitation.

2.2 Grenailleuse extérieur des tubes :

La grenailleuse est utilisée pour le décalaminage, l'enlèvement de la rouille et pour rendre rugueuse la surface de tube en acier soudés en spirale. Le grenailage se fait par deux turbines à disques. On utilise pour décalaminage (l'enlèvement de la rouille) de la grenaille ronde et de la grenaille angulaire pour obtenir la rugosité. La calamine, la rouille et la poussière sont aspirées par un système de filtres. La grenaille purifiée est reconduite dans l'installation. Le système de fonctionnement est présenté dans la Figure 2.1.

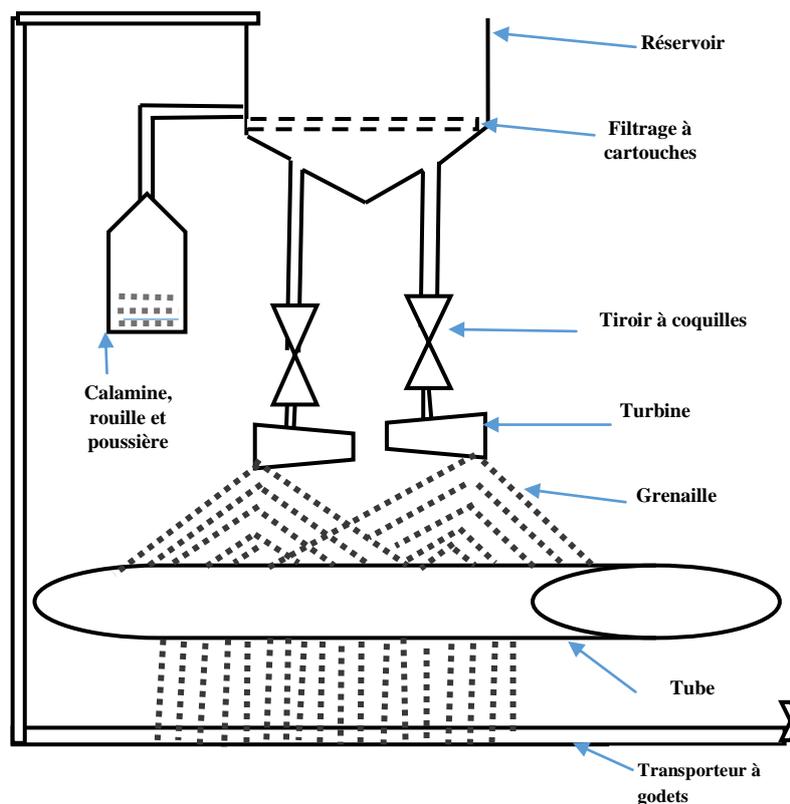


Figure 2.1 : schéma synoptique d'une Grenailleuse extérieur de tube soudé spirale

2.2.1 Caractéristiques techniques

2.2.1.1 Gamme de diamètres

Les gammes utilisées par la machine ROTO JET sont les suivantes :

- Gamme de diamètres 300 – 1219 mm
- Gamme d'épaisseurs de paroi 5 -15 mm
- Gamme de longueurs de tubes 8-12,3 m

2.2.1.2 Composants de la grenailleuse extérieure de tubes

1. Chambre de grenailage
2. Trémie collectrice de grenaille
3. Transporteur à godets
4. Nettoyeur de grenaille et silo
5. Tiroirs à coquilles
6. Turbines à double disque ROTO-JET
7. Dispositif de soufflage
8. Dispositif électrique et pneumatique de distribution et de commande
9. Respectivement 1 jeu de couvercles pour tubes

2.2.1.3 Spécifications techniques

- Capacité : env 520 m²/h
- Tube de référence : dia 1219 x 12,7 x 123000 mm
- Rendement : 7 tubes/h (80%)

2.2.1.4 Puissances électriques installées

- 2 entraînements de turbines ROTO-JET: 2 x 45,0 kW
- 1 entraînement de transporteur à godets: 7,5 kW

2.2.2 Description du fonctionnement

Les tubes en acier à grenailer sont transportés l'un après l'autre sur une voie à rouleaux obliques à travers la grenailleuse. La disposition en biais des châssis de rouleaux entraîne une rotation hélicoïdale des tubes autour de leur propre axe et une avance simultanée. Ceci garantit un grenailage régulier des tubes en acier sur toutes les faces. La vitesse d'avance est fonction de la puissance de l'installation de revêtement de tubes au polyéthylène se trouvant en

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

aval. L'entrée et la sortie de la grenailleuse sont toutes deux étanchéifiées avec des obturateurs aisément échangeables en caoutchouc ou en matière plastique, dimensionnés selon les paires de diamètres de tubes respectifs, afin d'éviter des projections de grenaille.

Indépendamment de la vitesse réglée de la voie à rouleaux, la grenaille parvient aux turbines roto-jet uniquement lorsque la pièce à grenailler se trouve dans la zone de grenaillage directe de la première turbine. L'arrivée de grenaille est donc à nouveau interrompue lorsque le tube a quitté la zone de grenaillage de la dernière turbine. Ceci permet d'éviter une usure superflue de la chambre de grenaillage. Pour obtenir un grenaillage optimal, la grenaille dosée est amenée aux turbines roto-jet au moyen des tiroirs à coquilles pilotées pneumatiques et montées dans les alimentations des turbines roto-jet.

2.2.2.1 Circulation de grenaille et nettoyage

La grenaille rejetée par les turbines roto-jet retombe avec les salissures enlevées du tube (ex. rouille, calamine, poussière, etc.) à travers un labyrinthe angulaire en manganèse ayant une disposition spéciale dans une trémie collectrice de grenaille se trouvant en dessous et est ramenée directement dans le pied du transporteur à godets. D'autres tôles en manganèse sont également prévues devant l'ouverture d'entrée dans le pied du transporteur à godets et empêchent des salissures de taille assez importante se trouvant éventuellement dans le mélange de grenaille de pénétrer dans le transporteur à godets.

Au pied du transporteur à godets se trouve également une trémie de remplissage de grenaille dans laquelle on peut remettre dans le circuit la grenaille superflue récoltée en balayant le sol.

Les godets de l'élévateur tournant en continu transportent le mélange au nettoyeur de grenaille au-dessus de la grenailleuse et le déverse alors sur une goulotte incorporée. Le mélange de grenaille et de salissures glisse devant une vanne à clapet oscillant et s'y amoncelle. En l'action de la pression de l'amoncellement, ce clapet s'ouvre d'une fente et le mélange tombe sous forme de voile mince régulier dans le nettoyeur de grenaille. Ce faisant, les salissures et la grenaille plus légère, brisée sont lavées continuellement par le courant d'air de l'installation de filtrage et aspirées à travers le dépoussiéreur à cascade dans le séparateur à chicanes se trouvant en aval. Le volume d'air peut être réglé manuellement avec une vanne de régulation d'air dans la conduite d'aspiration.

Dans le séparateur à chicanes, les particules assez lourdes aspirées sont séparées du courant d'air. Elles retombent dans la trémie de la boîte à rebondissement suite à la réduction de la vitesse de l'air et de la force de gravité naturelle. Un flexible de descente avec une soupape à

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

bec en caoutchouc placée en dessous amène les particules de saleté séparées dans un bac.

L'aspiration dans le nettoyeur de grenaille ainsi que la cabine de grenailage se fait en continu par l'exhausteur à filtre. Une conduite amène les fines particules de saleté entraînées dans l'installation de filtrage à cartouches « Air-Shoc » dans laquelle les particules de poussière sont retenues par des cartouches de filtre spéciales.

La grenaille nettoyée tombe en partie basse du nettoyeur de grenaille. Celui-ci est conçu comme un bac de stockage et est relié aux turbines roto-jet par des flexibles à grenaille spéciaux dans lesquels sont incorporés des tiroirs à coquille pilotés électro- pneumatiquement pour le dosage de la grenaille. La quantité de grenaille amenée aux turbines est réglée au moyen des tiroirs à coquilles selon la puissance absorbée maximale de l'entraînement des turbines.

La quantité de grenaille dans le silo de grenaille est surveillée constamment pendant le fonctionnement de la grenailleuse au moyen d'une sonde de niveau électrique. Au cas où cette quantité de grenaille descend en dessous d'un minimum, l'opérateur est informé de cette situation par un signal correspondant et il doit remplacer la quantité perdue en rajoutant le mélange de grenaille correspondant.

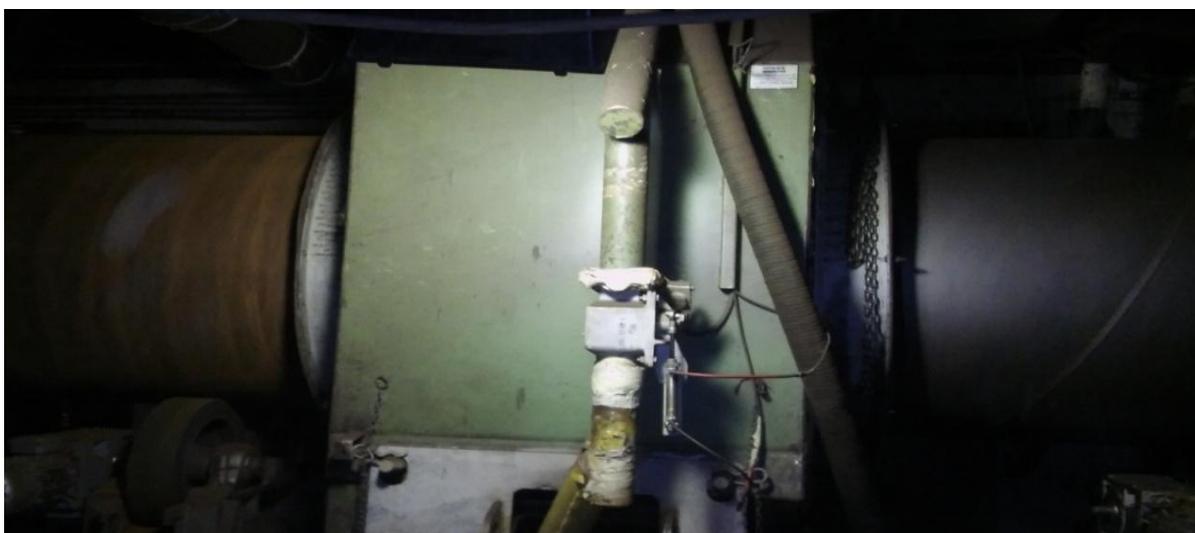


Figure 2.2. Grenailage extérieur du tube en acier soudé en spirale

2.2.2.2 Filtrage à cartouches Air-Shoc :

Le filtrage à cartouches Air-Shoc est utilisé pour séparer la poussière se trouvant dans un courant d'air. L'installation est conçue pour un fonctionnement continu aussi

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

bien dans des installations d'aspiration pour éviter des pollutions de l'air que dans des procédés technologiques.

Pour comprendre le mode de travail du filtre à cartouches Air-Shoc, il savoir les traductions suivantes (Figure 2.3) : *Reinluft*(=air pur), *Druckluft* (=air comprimé), *Staub* (=poussière), *Staubluft*(=air poussiéreux).

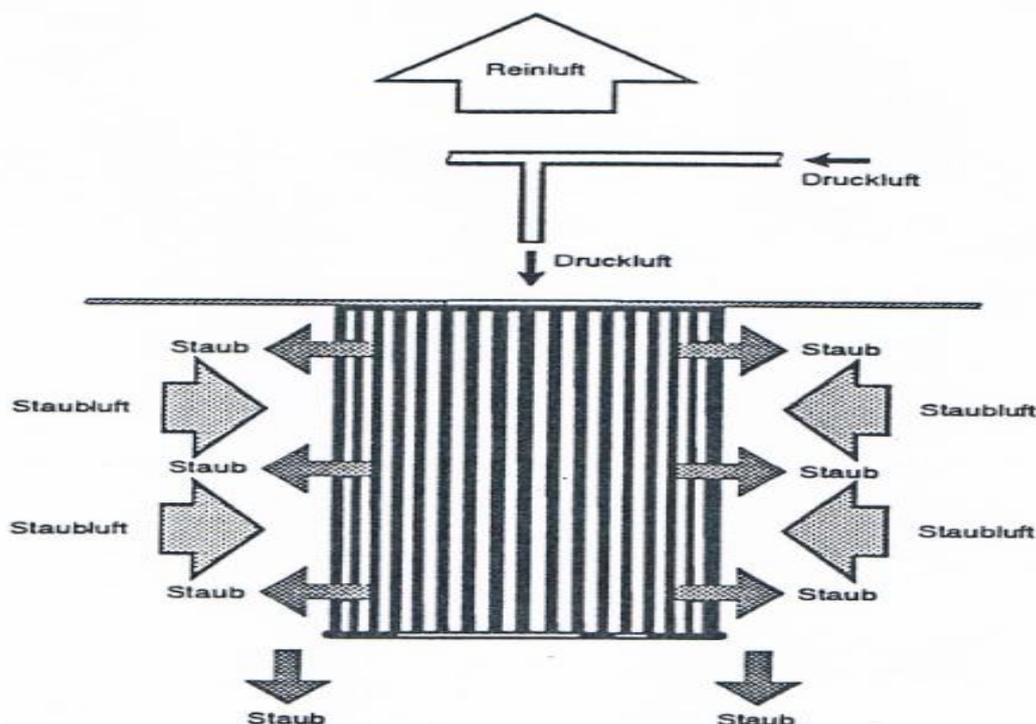


Figure 2.3. Filtre à cartouches Air-Shoc.

Les éléments de filtre sont nettoyés automatiquement et par alternance. Pour cela, un ou plusieurs éléments de la série sont brièvement mis hors service, tandis que les autres éléments restent en service. Le déroulement du circuit de nettoyage peut être réglé en fonction du type et de la quantité de la poussière à séparer. Dans le cas d'un service normal, l'air poussiéreux passe par l'entrée dans la trémie à poussière. La poussière est retenue du côté extérieur des cartouches. L'eau purifié afflue dans la chambre d'air pur et est soufflé vers l'extérieur à travers l'orifice de sortie. Les cartouches de filtre sont nettoyées automatiquement. Pour cela, de l'air comprimé est soufflé par choc à travers le tube de venturi à l'intérieur de la cartouche de filtre. Ce coup d'air comprimé agit contre le courant d'air pur. Ainsi, la poussière retenue est rejetée du côté extérieur de la cartouche de filtre. La poussière tombe dans la trémie à poussière.

Après le choc d'air comprimé d'environ 250 - 400 millisecondes, la vanne d'air comprimé est

fermée- les cartouches sont à nouveau prêtes à fonctionner. La forme de la trémie de poussière garantit une évacuation parfaite de la poussière. Dans le cas d'un dépoussiéreur fonctionnant automatiquement, la trémie n'a qu'une capacité limitée de stockage de poussière et sert pratiquement seulement de stockage- tampon.

2.2.2.3 Turbine roto-jet

Les turbines roto-jet qui ont fait leur preuve constituent la pièce centrale de toute grenailleuse (Figure 2.4). Les turbines hautement performantes et leur disposition spéciale permettent le rendement très élevé de grenailage obtenu dans nos installations. Le système renommé à turbine à « double flasque roto-jet » est une construction fonctionnelle sans compromis. La roue à palettes à double disque avec ses huit palettes se trouve dans un carter garni d'un matériau très résistant. La roue à palettes à double disque est fournie avec des palettes interchangeables ou comme une unité fixe selon le rendement demandé. Tous les carters de turbines ont un recouvrement supérieur enlevable. Les pièces d'usure peuvent ainsi aussi être aisément échangées depuis l'extérieur. Tout le système est donc extrêmement simple à entretenir.

Pour comprendre le fonctionnement, il faut savoir que la grenaille purifiée passe par le tiroir à coquilles dans une quantité exactement dosée et tombe librement vers l'entrée de turbine. La turbine distributrice qui est directement reliée à la roue à double disque accélère la grenaille à la vitesse approximative de la roue à palettes. Ce n'est qu'à ce moment qu'elle arrive, dirigée par la buse de guidage sans choc sur les palettes. La buse de guidage détermine par son ouverture de sortie exactement le point où la grenaille arrive sur les palettes. L'angle de projection de la grenaille est ainsi déterminé.

La vitesse de rotation de la roue à palettes détermine la vitesse de projection de la grenaille. L'intensité de grenailage - par rapport à une certaine surface de tube à grenadier - dépend donc, parallèlement au dosage de grenaille, de la vitesse de la roue à palettes et de la position de la buse de guidage. De plus, le réglage de chaque installation peut être optimisé. On obtient ainsi un grenailage exact de la surface du tube.

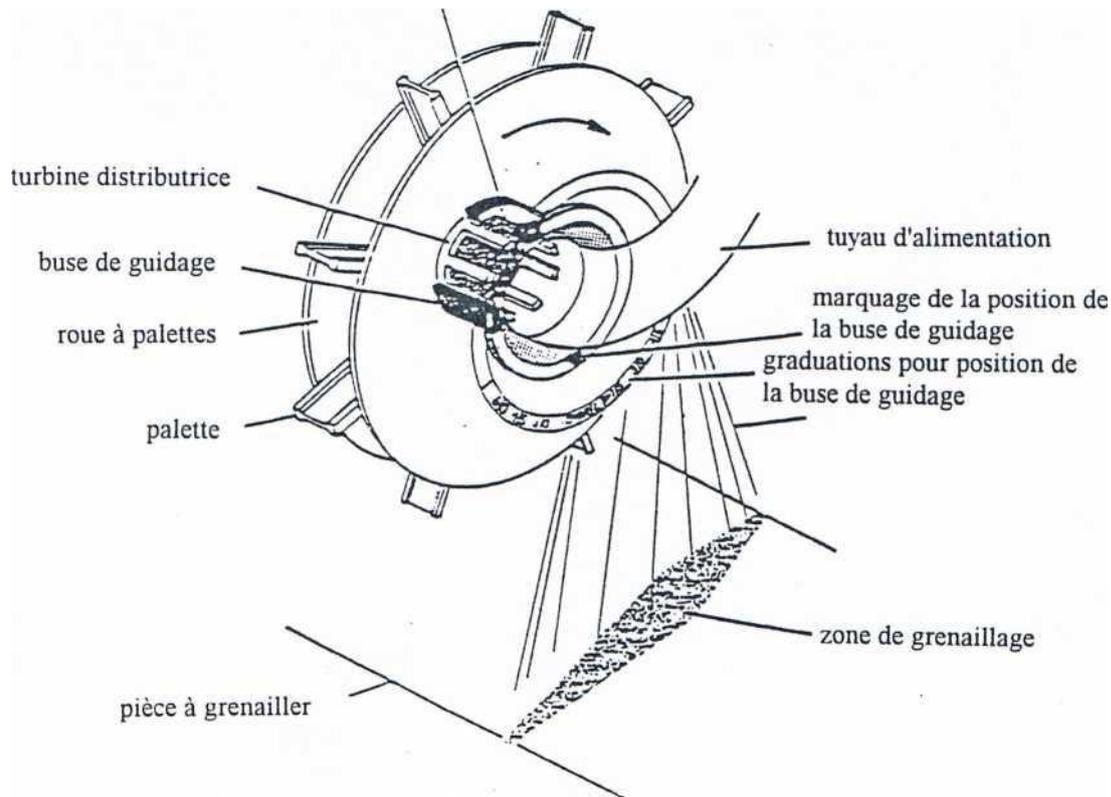


Figure 2.4. Schéma de turbine de la grenailleuse.

Pour la durée de vie des pièces d'usure de la turbine, il faut savoir que les composants d'une grenailleuse sont soumis à des sollicitations différentes. Les pièces d'usure de la turbine sont tout spécialement sollicitées car elles sont directement en contact avec la grenaille. Le degré d'usure constaté sur ces pièces dépend de divers facteurs variant selon la grenailleuse et son utilisation spécifique qui sont les suivants :

- le type de grenaille (taille, forme, dureté, etc.)
- le degré de pureté de la grenaille (qui dépend du réglage du nettoyage, du filtre...)
- la vitesse de projection (résultant de la vitesse de la turbine) et donc l'énergie d'impact.
- le réglage des tiroirs à coquilles (débit de grenaille/puissance de turbine)
- le bon réglage de la buse de guidage (angle de projection) en relation avec l'usure de la buse de guidage (réglage d'angle de projection).

Les durées de vie des pièces d'usure de la turbine sont en général mentionnées dans les listes de pièces de rechange et d'usure des turbines roto-jet. Il faut considérer que les valeurs indiquées sont uniquement des valeurs de référence et qu'elles dépendent de l'utilisation respective de la grenailleuse.

Si l'on veut garantir un parfait fonctionnement des turbines roto-jet, il faut contrôler

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

visuellement à intervalles réguliers l'état des pièces d'usure des turbines. Pour des grenailles moins abrasives (petits diamètres, ronde, tendre), ces contrôles sont effectués lors des contrôles bi-mensuels. En cas de grenailles stimulant l'usure (grands diamètres, anguleuse, dure), les contrôles doivent avoir lieu toutes les semaines.

- **Contrôle des palettes et ressort de fixation**

- ouvrez la porte d'entretien latérale de la grenailleuse
- procédez à un contrôle visuel de l'état des palettes de turbine et des ressorts de fixation.
- Si les palettes de turbine ne présentent plus qu'une épaisseur d'env. 50 % de l'épaisseur initiale (voir illustration) ou si vous constatez de fortes érosions à la surface des palettes, vous devez remplacer entièrement les palettes de turbine. (Des érosions irrégulières entraînent un déséquilibre et des vibrations de la turbine et mettent en danger la sécurité et la fiabilité de l'installation à un stade avancé.)

- **Contrôle de la roue à palettes**

- Si des palettes d'une turbine de projection sont fortement usées, il faut cependant démonter le jeu entier et le remplacer par un autre jeu de palettes. Les palettes encore utilisables doivent être regroupées avec des paires de même poids et peuvent être réutilisées, si l'on en a une quantité suffisante, en disposition inverse dans les turbines de projection. En cas de changement des palettes de turbine, il faut toujours remplacer également les ressorts de fixation. Ne jamais mélanger les jeux de palettes.

- **Contrôle de la buse de guidage et de la turbine de distribution :**

- Marquer la position réglée de la buse de guidage
- desserrer les fixations de la buse de guidage
- desserrer la vis d'arbre et sortir la buse de guidage avec la turbine distributrice d'entraînement
- Contrôler visuellement l'état de la buse de guidage et de la turbine distributrice
- Dans les turbines distributrices neuves, la largeur des nervures est d'env. 18 mm à l'intérieur. La turbine distributrice est usée lorsque les nervures sont usées à ~ 10 mm.
- Lorsque vous remplacez la turbine distributrice, veuillez veiller à ce que la came pour le disque d'entraînement se trouve exactement dans la rainure du disque d'entraînement,
- La buse de guidage doit être remplacée dès que l'ouverture de projection dépasse 15 mm maxi.

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

- Remettez la turbine distributrice avec la vis d'arbre et la nouvelle buse de guidage en place.

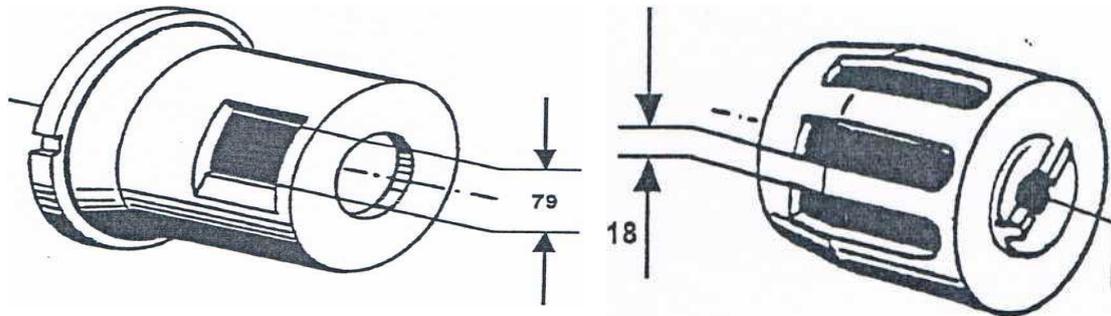


Figure 2.5. Buse de guidage et came pour disque.

- Contrôle de l'intensité de grenailage

L'intensité de grenailage peut être contrôlée par un grenailage bref (env. 10 à 20 secondes) sur des plaques de contrôle grossier coloré, éventuellement accompagné de mesures de température.

- Contrôle de l'impact des grenailles :

La figure 2.7 montre le chevauchement des impacts issus des 2 turbines fonctionnant en même temps.

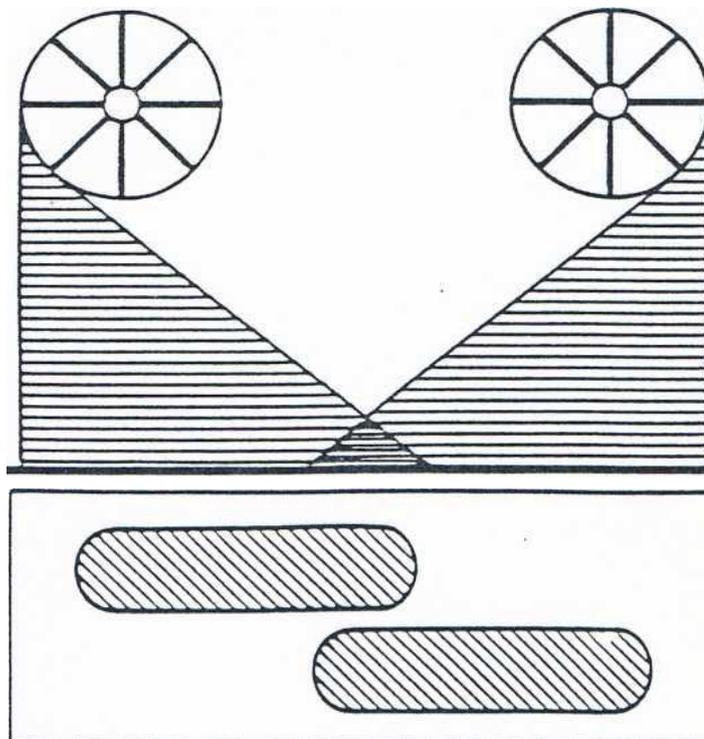


Figure 2.7 : Position de l'impact de grenaille (vue de face et vue de dessus)

2.2.2.4 Réglage du tiroir à coquilles

Pour que l'on puisse atteindre un résultat optimal de grenailage, les turbines roto-jet doivent avoir un débit de grenaille suffisant. La quantité de grenaille amenée à la roue à palettes dépend du réglage du tiroir à coquilles. Lors du réglage, vous devez tenir compte de l'absorption maximale d'ampères des moteurs d'entraînement de la turbine.

2.2.2.5 Transporteur à godets

Une tension suffisante et une marche centrale de la courroie de transporteur à godets sur le tambour d'entraînement et de renvoi sont nécessaires pour un parfait fonctionnement du transporteur à godets. Lors de la mise en service de la grenailleuse, la courroie de transporteur à godets est réglée et tendue en usine ou par nos monteurs sur place. Il faut procéder chaque semaine à un contrôle du sens de marche et de la tension de la courroie de transporteur à godets dans un premier temps après la mise en service.

Un détecteur de proximité électrique contrôle en continu si le tambour de renvoi inférieur effectue un mouvement de rotation. Dès que la tension de courroie est insuffisante, le tambour de renvoi s'arrête et la courroie glisse sur le tambour d'entraînement. L'installation est en panne (voir aussi "contrôleur de marche au tambour de renvoi inférieur du transporteur à godets.").

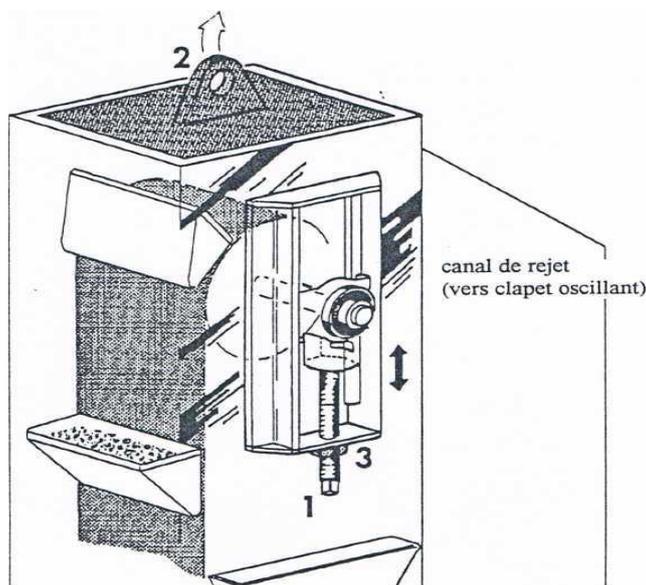


Figure 2.8. Transporteur à godets

2.3 Grenailleuse intérieur de type

2.3.1 Description du fonctionnement de l'installation

Les tubes passent par le dispositif de séchage puis sont déplacés par les opérateurs vers l'installation de grenailage intérieur. Dès qu'un tube se trouve sur l'axe médian théorique des deux unités de transfert (lesquelles sont équipées d'une unité d'abaissement et de rouleaux) de l'axe 3, il est automatiquement déposé par le truchement de bras abaisseurs sur les unités de voies à rouleaux. Les deux cabines de protection s'avancent ensuite vers les deux extrémités du tubes (avant et arrière) et ferment ainsi le circuit de grenailage.

En même temps que les cabines de protection se placent en position, la lance de grenailage s'introduit dans le tube à une vitesse accélérée prédéfinie. Lorsque le bout de la lance sur lequel est montée une turbine (lance grenaille) atteint l'extrémité opposée du tube, le chariot de la lance s'immobilise et la tube lance grenaille se met en rotation accélérée. La lance recule, alors, à la vitesse d'application présélectionnée. En même temps, les deux voies à rouleaux des unités de transfert mettent le tube en rotation avec un nombre de tours prédéterminé au niveau de la commande.

Les nombres de tours et les vitesses sont définis et contrôlés électroniquement. Le jet de grenaille se fait à partir de la tête de la lance laquelle est équipée d'une turbine lance grenaille. Cette turbine est entraînée par un moteur hydraulique. La vitesse du jet de grenaille est à réglage continu au niveau de l'entraînement hydraulique. La quantité de grenaille nécessaire est versée sur la bande d'alimentation de grenaille au moyen d'un doseur monté sous le réservoir. Cette bande montée sur la face supérieure de la lance transporte la grenaille vers la turbine lance grenaille. Une fois que la paroi intérieure du tube a été entièrement grenillée, c'est-à-dire lorsque la turbine lance grenaille a effectué sa course d'une extrémité à l'autre, l'alimentation de grenaille est interrompue et la turbine s'immobilise. Après une courte période de temporisation présélectionnée, la lance revient dans sa position initiale. La rotation du tube est également interrompue et les deux cabines de protection de la grenailleuse reviennent en même temps dans leur position initiale. Le tube transporté hors de la station de grenailage grâce aux unités d'abaissement (injecteurs éjecteurs) dont sont équipés les deux chariots de transfert

L'élimination des résidus de poussière et de calamine sur la paroi intérieure est assurée par la forte aspiration du ventilateur monté au-dessus de la cabine d'aspiration (SSK). Ceci empêche par la même occasion, les particules de poussière et de calamine de se répandre

dans l'atelier. La procédure complète d'évacuation et la purification de l'aire sortant de l'installation de grenailage intérieur est assurée par une unité de filtrage (filtres à cartouches).

2.3.2 Cycle de grenailage

Le réservoir est alimenté de grenaille sélectionnée pour sa courbe de granulométrie. L'alimentation se fait soit en remplissant le réservoir par le haut soit en déposant la grenaille sur la bande du convoyeur de retour qui l'enverra ensuite dans le transporteur à godets. La grenaille est versée par le truchement du doseur pneumatique sur la bande d'alimentation de la tête de la turbine. Celle-ci est équipée de pelles qui vont projeter la grenaille contre la paroi du tube. Une partie de cette grenaille qui s'échappe des extrémités du, lorsque les cabines de protection reviennent dans leur position initiale, est recueillie sur la bande du convoyeur, passe ensuite dans le transporteur à godets, puis dans le dispositif de nettoyage pour être finalement réinjectée dans le réservoir.

Dans le dispositif de nettoyage, la masse des grains de nettoyage se desserre. Elle est soumise alors à une forte aspiration qui élimine les fines particules de poussière (calamine, sable de fonderie, fins éclats de grenaille, reste de peinture ...etc). Les particules de grenaille éventuellement entraînée, elles aussi, sont recueillies dans un bac de réception monté après le dispositif de nettoyage et sont réinjectées dans le circuit de grenailage par le biais de conduites flexibles. Les grosses particules sont éliminées dans le cadre du tamis

2.3.3 Filtre anti- poussière

Durant le service, le flux de poussière s'infiltrer par l'orifice d'entrée dans la chambre de stabilisation ou, en raison de la vitesse réduite et du dispositif de renvoi de l'aire les grosses particules de poussière sont éliminées. Les fines particules passent quant à elles à travers l'élément de filtrage. L'air s'infiltrer dans la chambre d'air purifié et éjecté par le ventilateur vers l'extérieur, à l'air libre. Le nettoyage de l'élément de filtrage se fait le biais d'électrovannes commandées électroniquement selon un cycle présélectionnable. L'air provenant d'une cuve d'air comprimé qui passent par les vannes et le tuyau de soufflage (remblayage pneumatique) crée un coup de souffle d'air comprimé qui insufflé dans l'élément de filtrage

2.3.4 Transporteur à godets (partie supérieure)

Le transporteur à godets sert à assurer la récupération de la grenaille qu'il transfère d'abord vers un bac de réception; de là elle passe le dispositif de nettoyage par séparation puis retourne dans le réservoir. Lors de la mise en service du transporteur à godets, il faut veiller à

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

ce que la grenaille versée du haut de ce dispositif tombe exactement dans le bac de réception. L'angle d'inclinaison du bac devra être réglé à 30 degrés au moins. Lorsque les possibilités de ce dispositif sont épuisées, il est nécessaire de raccourcir la courroie.

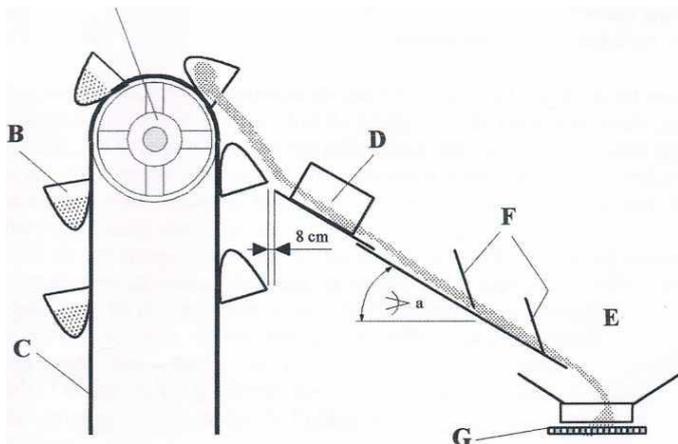


Figure 2.9. Transporteur à godets (partie supérieure)

- | | |
|---------------------|--|
| A= poulie courroie | E=nettoyage par triage |
| B=godet | F= tôle pour la récupération de la poussière |
| C= courroie | G= tamis |
| D= bac récupération | a=angle d'incinaison (30°au moins) |

Transporteur à godets partie inférieure

La tôle de réglage qui se trouve au niveau du poste de renvoi, dans la partie inférieure du transporteur à godets garantit, dans la mesure où elle est montée à une distance correcte, un écoulement uniforme de la grenaille. Les impuretés arrachées par la grenaille, telles que morceaux de bavure, boulons etc...Sont éliminées dans le dispositif de nettoyage ou à travers la tôle perforée, à l'intérieur même de la machine. La tôle de réglage permet le réglage du flux de grenaille et évite ainsi le blocage du transporteur à godets.

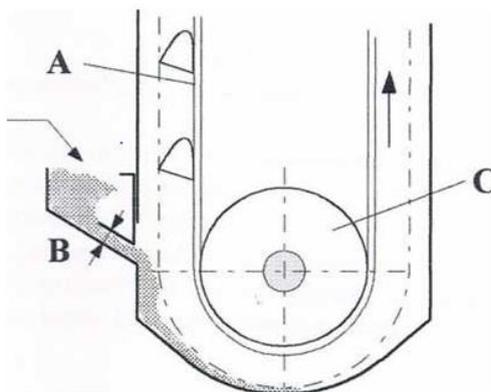


Figure 2.10. Transporteur à Godets (partie inférieure)

- | | |
|---------------------|---|
| A = courroie | B= Fented'entrée (à écartement ajustable), |
| C=rouleau de renvoi | D =Alimentation pour le recyclage grenaille |

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

Le procédé de séparation permet le nettoyage du produit de grenailage de sorte que les pelles de la turbine ne soient alimentées que d'un produit de grenailage de qualité irréprochable. La présence d'impuretés réduit, en effet, la durée de vie des pelles ainsi que le rendement utile de la machine. Le nettoyage de la grenaille se fait par procédé de séparation pneumatique. La grenaille est déplacée vers le haut du transporteur à godets, guidée ensuite vers un bac de réception, tombe dans une gouttière puis parvient dans le dispositif de nettoyage par triage.

La fréquence de nettoyage du filtre est de l'ordre de 1 à 3 fois par mois selon la proportion des impuretés accumulées.

2.3.5 La fonction des turbines de grenailage

Les turbine sont de 2 types : type B 300 /60 et type B 500/60. La grenaille parvient par le biais du tuyau d'amenée dans le cœur de la turbine. La grenaille est alors recueillie par l'alimentaire et y subit une accélération radiale. L'alimentaire est renfermé dans un boîtier (d'ajustage) comportant une ouverture rectangulaire à partir de laquelle la grenaille pré-accélérée parvient vers les pelles. Cette ouverture permet dans un même temps de déterminer l'orientation du jet de grenaille. Le changement de la turbine de grenailleuse est décrit séparément. La roue de la turbine est un modèle à disque double, se présentant avec 8 rainures à l'intérieur desquelles on insère les pelles. La fixation de la roue de la turbine dans le moyeu de la turbine se fait à l'aide de vis de culasse.

2.3.6 Entretien

Un entretien régulier garantit le fonctionnement parfait de l'entretien permet d'assurer en continu le bon déroulement du process, de réduire la fréquence des défaillances et d'éviter l'usure prématurée du matériel. Afin de procéder aux travaux d'entretien il est nécessaire de prévoir un arrêt de l'installation pour une courte durée.

Conformément au catalogue d'entretien, la machine devra faire l'objet d'une inspection périodique à intervalles données. L'intervalle de 200 heures a été défini en se basant sur l'expérience du fabricant de la machine. Les opérations de vidange seront effectuées en fonction de la proportion de poussière qui s'amasse. Les travaux d'entretien ne doivent être effectués que sur une installation à l'arrêt. Positionner le commutateur sur « ARRET ». Les travaux d'entretien ne doivent être confiés qu'à un personnel qualifié qui aura pris connaissance des spécifications en matière d'hygiène et de sécurité et de prévention des accidents.

Procès-verbal d'entretien et instructions en matière d'entretien

L'installation de grenailage est équipée de composants électriques et mécaniques. Un entretien approprié de la machine réduit les temps morts induits par les perturbations et diminue les risques de préjudices humaines et matériels. Les intervalles de temps et les modes

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

opérateurs du protocole d'entretien se basent sur la longue expérience du fabricant de la machine. Il est donc absolument nécessaire de s'y conformer (voir tableau suivant).

Procès-verbal d'entretien du filtre contre la poussière :

Il est recommandé de la faire toutes les 500 heures de service (21 jours de travail continu).

Tableau 2 .1 :PV type d'entretien du filtre contre la poussière

Etape de travail	Activité	Confirmation
1	Je suis informé des instructions de sécurité et avertissements de dangers.	
2	Commutateur principal est positionné sur « OFF »	
3	Contrôle de sécurité Recherche de fuites sur la machine Vérifier les raccords de fixation Vérifier les cartouches ainsi que leur fixation Contrôler les buses de guidage d'air	
4	Changer les cartouches si nécessaire	
5	Vérifier les unités d'entretien	
6	Vérifier le dépoussiérage (nettoyage)	
7	Vérifier le ventilateur	
8	Vérifier le volume de poussière du bac de poussière	
9	Unités des fonctions du commutateur d'ARRET D'urgence	
Commentaire : - - -		
Nb d'heure de service :		Signature :
		Date :

Pour les actions de suivi des pannes et de dépannage, il faut prévenir les dommages. Il faut se conformer soigneusement aux indications de la notice d'exploitation. Pour les installations de décalaminage mécanique (appelées grenailleuses), un produit de grenailage est éjecté par force centrifuge sur l'acier à nettoyer. Ceci explique que les grenailleuses et particulièrement

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

les turbines sont soumises à l'usure et nécessitent, par conséquent, un entretien soigneux, régulier et spécifique.

Lorsque l'on pratique une maintenance préventive et que l'on remplace en temps opportun les pièces usées, on évite les perturbations du fonctionnement de la machine. Il est nécessaire de consacrer suffisamment de temps pour procéder, chaque semaine, à des opérations de réparations approfondies. La mise en service de l'installation est exécutée de manière appropriée par nos monteurs (en particulier il s'agit d'une nouvelle acquisition). Ceci permet de former et de familiariser les opérateurs de l'exploitant au fonctionnement de l'installation. Dans la plupart des cas, il est possible d'éliminer les causes des pannes en un simple tour de main ou en procédant à des contrôles réguliers. La fréquence des arrêts de service dus à des perturbations peut être réduite à un minimum par une maintenance effectuée à intervalles réguliers conformément aux instructions énoncées dans la notice d'exploitation

Il est nécessaire de veiller en continu à ce que seul un personnel habilité soit autorisé à procéder aux opérations de dépannage. L'exploitant est responsable des dégâts matériels et humains résultant du non observation des indications et instructions. La nature, la cause et les mesures doivent être traitées de manière appropriée. Toutes les activités qui sortent du cadre de la simple manipulation de l'installation devront être exécutée par un personnel disposant de la qualification adéquate.

Légende pour le suivi des pannes (Tableau 2.2):

- AV (R.I.) = Responsable de l'installation (Connaissances des notices d'exploitation et du fonctionnement de la machine).
- EFP (P.E.) = Personnel électronicien (Connaissances du fonctionnement de la machine et des schémas électriques)
- MS (Mec.) = Mécanicien (Connaissance du fonctionnement de la machine sont impérativement nécessaires)

CHAPITRE 02 : Fonctionnement des Grenailleuses de tubes soudés

(Tableau 2.2): Suivi des pannes sur la grenailleuse.

NATURE	CAUSE POSSIBLE	MESURES	PAR
Performances réduite de la grenaille	<ol style="list-style-type: none"> 1. usure des pelles de la turbine et de la douille de réglage au niveau de l'orifice 2. grenaille souillée 3. mauvaise position de la tête de lance 4. mauvais sens de rotation 5. Alimentation insuffisante de grenaille en raison de tamis bouchés etc. 6. ralentissement du régime à cause de courroie dentée 	<ol style="list-style-type: none"> 1. remplacement des pièces usées 2. nettoyer la grenaille puis rajouter la quantité manquante. 3. ajuster la position de grenailage 4. modifier la direction de rotation 5. contrôler l'installation 	<p>MS + EFP</p> <p>AV</p> <p>MS</p> <p>EFP</p> <p>AV + MS</p>
Course perturbée de la roue de la turbine	<ol style="list-style-type: none"> 1. déséquilibre de la turbine lance grenaille dû à l'usure des pelles. 2. déséquilibre de la 	<ol style="list-style-type: none"> 1. peser ou changer les pelles 2. contrôler l'installation 	<p>MS</p> <p>MS</p>
Bruits de broyage au niveau de la turbine	Vis de fixation desserrées ou présence d'impuretés dans	Resserrer les vis, rechercher l'origine de la	MS + AV
La turbine s'immobilise	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1. verrouillage des fins de position électriques ouvert 2. 2. détérioration d'arbre de turbine dû à un lubrifiant inadéquat ou course à sec. 3. problème hydraulique 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fermer les portes ouvertes. 2. Contrôles et entretien ou réparation. 3. contrôler l'installation 	MS

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

3.1 Introduction :

Positionner la maintenance au sein de la production est un exercice qui n'est pas toujours évident vu la relation complexe entre les 2 fonctions. Il connut qu'il n'est pas toujours facile de faire simple dans un environnement compliqué par des intervenants de différents horizons et de différentes spécialités. L'objectif de ce chapitre est de contribuer à l'exploitation de l'historique des arrêts de 2 grenailleuses pour analyser et procéder à une étude des indicateurs FMD. Aussi, cette étude comporte une analyse 20-80 pour les données disponibles en vue de dresser les priorités des interventions et établir les défaillances coutueuses.

3.2 Historique des pannes de la grenailleuse type VAIS:

3.2.1 Présentation de l'historique des pannes :

D'après le document relatif à l'historique des interventions sur les pannes de la grenailleuse intérieure de tubes du type VAIS (FSB IS-16-48) et les rapports de la maintenance, on a pu prélever les informations classées dans le tableau suivant (Tableau N° 4.1). L'historique concerne la période du 28/01/2012 au 25/08/2014 et qui compte 67 interventions.

Tableau 4.1 : Historique des pannes de la grenailleuse de tubes type FSB-IS

N°	Date de début de l'arrêt	Date de fin de l'arrêt	Organe	Intervention
01	01/02/2012	04/02/2012	HS	changement de l'huile du groupe hydraulique
02	24/02/2012	25/02/2012	Lance	changement de la protection en téflon de la lance
03	28/03/2012	28/03/2012	Cabine ssk1	changement : remplacement des boulons de fixation usés des plaques en manganèse
04	07/05/2012	07/05/2012	Lance	changement de la plaque de fixation en manganèse de la turbine
05	24/05/2012	24/05/2012	Lance	changement des joints en feutre du galet principal de bande de transport grenaille
06	07/06/2012	07/06/2012	cabine ssk1	confection d'un joint en caoutchouc 48 pour la cabine
07	22/06/2012	22/06/2012	cabine ssk1	changement du support de fixation du capteur détection tubes 60mm de la cabine
08	13/07/2012	13/07/2012	cabine ssk1	positionnement du capteur 60mm pour les tubes 48
09	24/07/2012	24/07/2012	Lance	réparation de la protection en Mn
10	02/08/2012	02/08/2012	Cabine ssk1	confection d'un joint en caoutchouc 48 pour la cabine

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

11	25/08/2012	25/08/2012	Lance	changement de la protection en téflon de la lance
12	25/08/2012	25/08/2012	Lance	changement de pignon d'entrainement de la turbine
13	26/08/2012	26/08/2012	Lance	changement des flexibles pneumatiques du coulisseau de grenaille
14	26/08/2012	26/08/2012	Cabine ssk1	changement des boulons de fixation des plaques de protection en Mn de la cabine
15	27/08/2012	27/08/2012	Lance	changement des joints en feutre du galet principal de bande de transport grenaille
16	28/08/2012	28/08/2012	Lance	inversement des palettes de la turbine
17	14/10/2012	15/10/2012	Lance	changement du galet conique
18	15/10/2012	15/10/2012	Lance	changement des deux galets de l'arbre avant du chariot de la lance
19	26/10/2012	26/10/2012	Lance	résolution du problème de la rotation perturbée de la turbine
20	09/12/2012	09/12/2012	Lance	changement du pignon d'entrainement de la turbine
21	09/12/2012	09/12/2012	Lance	changement de la bande de transport grenaille
22	09/12/2012	09/12/2012	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
23	09/12/2012	09/12/2012	Lance	révision de l'ancien palier de la turbine
24	09/12/2012	09/12/2012	Cabine ssk1	changement de l'emplacement du capteur 2mm
25	13/01/2013	13/01/2013	Lance	changement des palettes de la turbine
26	13/01/2013	13/01/2013	cabine ssk1	Graissage de la chaîne métallique
27	17/02/2013	17/02/2013	Lance	changement de la protection en téflon de la lance
28	17/02/2013	17/02/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
29	17/02/2013	17/02/2013	Lance	graissage de la chaîne métallique du chariot
30	17/02/2013	17/02/2013	SMT	graissage de la chaîne métallique du transporteur à godets.
31	17/02/2013	17/02/2013	cabine ssk1	changement de la butée de la cabine
32	24/02/2013	24/02/2013	cabine ssk1	renforcement des cordons de soudure et de quelques plaques en Mn
33	27/02/2013	27/02/2013	Lance	changement du pignon d'entrainement de la turbine
34	18/03/2013	18/03/2013	Lance	changement des boulons usés des plaques en Mn
35	18/03/2013	18/03/2013	Lance	réparation des fissures qui existent sur la lance

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

36	18/03/2013	18/03/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
37	28/03/2013	28/03/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
38	01/04/2013	01/04/2013	Lance	changement de la protection en téflon de la lance
39	14/04/2013	14/04/2013	HS	changement du pignon du moteur hydraulique
40	18/04/2013	18/04/2013	Cabine SSK1	réparation des rails de la cabine
41	18/04/2013	18/04/2013	Cabine SSK1	réglage des freins de la cabine
42	29/04/2013	29/04/2013	Lance	changement de la bande de transport grenaille
43	06/05/2013	06/05/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
44	25/05/2013	26/05/2013	Cabine ssk1	changement des roulements de la butée de la cabine
45	26/05/2013	26/05/2013	cabine ssk1	refaire la fixation de la butée de la cabine
46	27/05/2013	28/05/2013	cabine ssk1	renforcement des cordons de soudure et de quelques plaques en Mn de la cabine
47	28/05/2013	28/05/2013	cabine ssk1	changement des boulons de fixation usés des plaques de protection en Mn
48	26/06/2013	26/06/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
49	13/07/2013	13/07/2013	Lance	changement du pignon d'entraînement de la turbine
50	31/07/2013	31/07/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
51	13/08/2013	13/08/2013	Lance	changement de la protection en téflon de la lance
52	14/08/2013	14/08/2013	Lance	changement de la partie usée de la plaque de protection
53	17/08/2013	17/08/2013	Lance	changement de la bande de transport grenaille
54	20/09/2013	20/09/2013	cabine ssk1	renforcement des cordons de soudure usés des plaques en Mn
55	28/09/2013	28/09/2013	cabine ssk1	changement des boulons usés des plaques en Mn
56	28/09/2013	28/09/2013	HS	changement du pignon du moteur hydraulique
57	14/10/2013	14/10/2013	cabine ssk	changement d'un flexible du vérin d'entraînement de la cabine
58	20/10/2013	20/10/2013	Lance	changement du bras usé de la bande de transport grenaille
59	20/10/2013	20/10/2013	Lance	réparation de la plaque de protection en Mn
60	20/10/2013	20/10/2013	Lance	renforcement de la lance et soudage des fissures

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

61	23/10/2013	23/10/2013	cabine ssk1	changement de la butée de la cabine
62	18/06/2014	18/06/2014	cabine ssk	changement de la butée de la cabine
63	18/06/2014	18/06/2014	Lance	changement des galets en téflon
64	15/07/2014	15/07/2014	cabine ssk1	changement des vis de fixation usées des plaques de protection en Mn
65	15/07/2014	15/07/2014	Lance	changement des galets en téflon
66	25/08/2014	25/08/2014	Lance	changement des galets en téflon
67	25/08/2014	25/08/2014	Lance	changement de la bande de transport grenaille

Remarque : Nous avons travaillé avec l'unité heure.

D'après cet historique de panne, on distingue plusieurs arrêts pendant une période donnée d'où on peut faire étude FMD.

Pour une analyse de la fiabilité et de disponibilité, on a besoin de déterminer les TBF.

TBF = date de début de l'arrêt - date de fin de l'arrêt (de 2 interventions)*24

TTR = la date de fin de l'arrêt - la date de début de l'arrêt (de même intervention)*24

3.2.3 Méthode de l'analyse de l'historique :

Les différentes étapes de l'analyse d'un historique de pannes d'un équipement sont résumées dans la figure 4.1. Le point de départ est constitué du tableau 4.1 et va jusqu'à l'évaluation de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité. Enfin, cette analyse va pouvoir donner lieu à une décision en fonction du niveau des paramètres FMD obtenus.

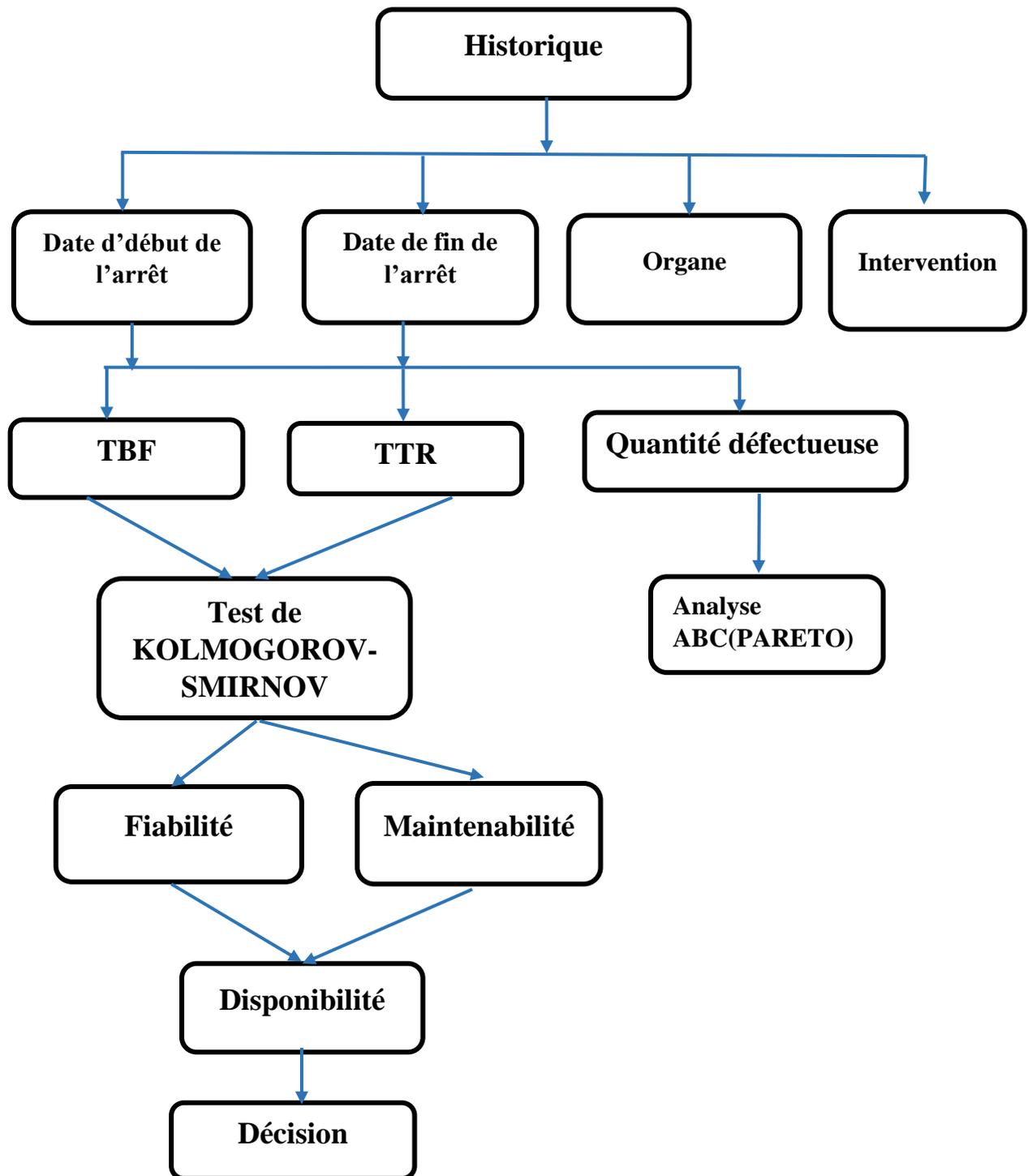


Figure 4.1 : Méthode d'Analyse montrant les différentes étapes.

3.2.3 Analyse ABC :

Cette technique nous permet de classer les pannes selon le coût ou la valeur engagée. Donc elle donne une idée sur les pannes coûteuses qui doivent être réglées avant les moins coûteuses. En d'autres termes, elle informe sur l'ordre des interventions afin de réduire le coût des pannes. Elle

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

est utilisée sous la forme d'un tableau qui classe les pannes (nombre) avec leurs fréquences pour un organe donné.

N°	Organe	% Cumulé d'organes	Nombre de pannes	Cumul du nombre de pannes	Fréquence	fréquence cumulée (%)
01	Lance	0,25	40	40	59,70	59,70
02	cabine	0,50	23	63	34,33	94,03
03	HS	0,75	3	66	4,48	98,51
04	SMT	1,00	1	67	1,49	100
Total	4		67	-		

La courbe de l'analyse :

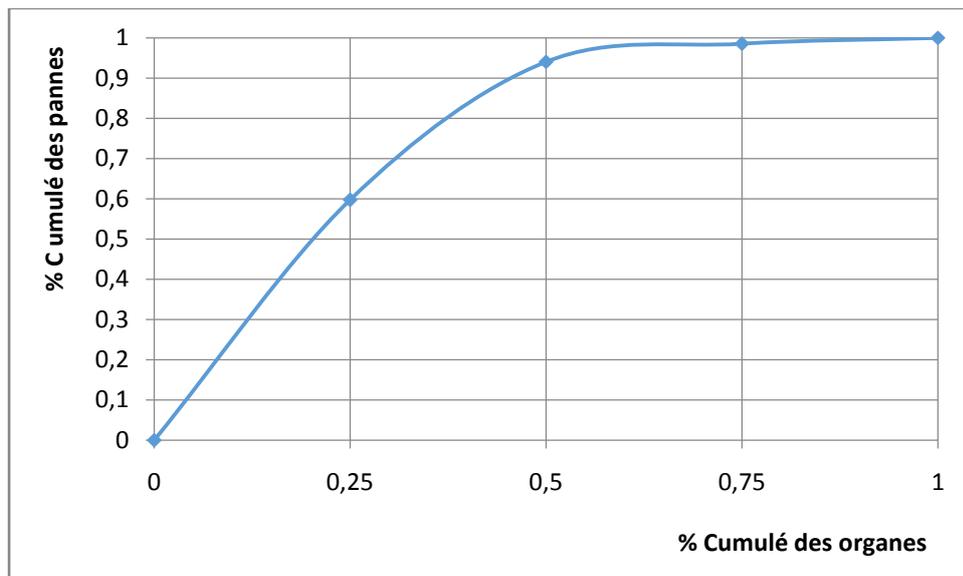


Figure 4.2 : Courbe de l'analyse ABC de la grenailleuse VAIS.

Analyse de la courbe :

Zone A : dans cette zone, normalement on constate qu'environ 20 % des organes sont concernés par environ 80% des défaillances. Dans ce cas précis, on remarque qu'on a 4 organes, ce qui donne un pourcentage de 25% pour chaque organe. Donc on peut dire que si on règle les défaillances de l'organe « Lance » on peut éliminer environ 60% des pannes. Pour une meilleure représentation de la courbe ABC, il aurait fallut avoir les coûts de ces défaillances et leurs

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

natures. Ceci donnera une relation entre les cumuls de pannes et les cumuls de coûts. Comme les données de coûts ne sont pas disponibles avec ces détails, nous pouvons dire que si pannes de la lance sont prises en charges, les coûts (ou bien les délais d'arrêts) seront nettement réduits.

Zone B : dans cette zone, on a 35% des défaillances en relation avec l'organe 2 (la cabine ssk)

Zone C : dans cette zone, on a 5% des défaillances en relation avec les organes 3 et 4 (HS et MST).

Il est clair que d'autres données de coûts et de durées d'arrêts sont nécessaires.

3.2.4 Calcul les paramètres de Weibull :

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les $F(t)$ calculés par la méthode des médians $F(t)=\sum Ni/Ni+1$ (dans notre cas $20 < N < 50$) et en trace la courbe Weibull

Tableau 3.2 : Défèrent valeur des paramètres de Weibull

N°	TBF	Ni	$\sum ni$	F(i) théorique	F(i) théorique en %
1	18	1	1	0,0222	2,22
2	19	1	2	0,0444	4,44
3	21	1	3	0,0667	6,67
4	21,5	1	4	0,0889	8,89
5	25	1	5	0,1111	11,11
6	60	1	6	0,1333	13,33
7	75	1	7	0,1556	15,56
8	75,5	1	8	0,1778	17,78
9	90,5	1	9	0,2000	20,00
10	95,5	1	10	0,2222	22,22
11	104	1	11	0,2444	24,44
12	136	1	12	0,2667	26,67
13	157,5	1	13	0,2889	28,89
14	158	1	14	0,3111	31,11
15	187	1	15	0,3333	33,33
16	215,5	1	16	0,3556	35,56
17	240	1	17	0,3778	37,78
18	250	1	18	0,4000	40,00
19	254	1	19	0,4222	42,22

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

20	259,5	1	20	0,4444	44,44
21	309	1	21	0,4667	46,67
22	311	1	22	0,4889	48,89
23	324	1	23	0,5111	51,11
24	344	1	24	0,5333	53,33
25	387	1	25	0,5556	55,56
26	400	1	26	0,5778	57,78
27	408,5	1	27	0,6000	60,00
28	432	1	28	0,6222	62,22
29	447	1	29	0,6444	64,44
30	463,5	1	30	0,6667	66,67
31	476	1	31	0,6889	68,89
32	488	1	32	0,7111	71,11
33	542	1	33	0,7333	73,33
34	646,5	1	34	0,7556	75,56
35	695	1	35	0,7778	77,78
36	777	1	36	0,8000	80,00
37	802	1	37	0,8222	82,22
38	823,5	1	38	0,8444	84,44
39	833	1	39	0,8667	86,67
40	947	1	40	0,8889	88,89
41	984	1	41	0,9111	91,11
42	1038	1	42	0,9333	93,33
43	1127	1	43	0,9556	95,56
44	5705	1	44	0,9778	97,78

A partir de papier de Weibull, on déduit les paramètres :

$\gamma=0$;

$\beta=0,9$;

et $\eta= 536,829$ (Voir annexe : 1)

3.2.5 Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV :

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance de $\alpha = 20\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F(t_i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $Dn.max$.

Cette valeur est comparée avec $Dn.\alpha$ qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov (voir annexe 2). Si $Dn.max > Dn.\alpha$, On refuse l'hypothèse.

Tableau 3.3 : Calcul de D_{max} du test de KOLMOGOROV-SMIRNOV

N°	TBF	F(t _i) Théorique	F(t)	D max
01	18	0,0222	0,03	-0,00750417
02	19	0,0444	0,03	0,01309275
03	21	0,0667	0,03	0,03207251
04	21,5	0,0889	0,04	0,05348582
05	25	0,1111	0,04	0,07006457
06	60	0,1333	0,10	0,03763653
07	75	0,1556	0,12	0,03740122
08	75,5	0,1778	0,12	0,05888454
09	90,5	0,2000	0,14	0,05922529
10	95,5	0,2222	0,15	0,07427512
11	104	0,2444	0,16	0,08444141
12	136	0,2667	0,20	0,0627867
13	157,5	0,2889	0,23	0,05682383
14	158	0,3111	0,23	0,07840259
15	187	0,3333	0,27	0,06421238
16	215,5	0,3556	0,30	0,05233398
17	240	0,3778	0,33	0,04651619
18	250	0,4000	0,34	0,05762041
19	254	0,4222	0,35	0,07544735
20	259,5	0,4444	0,35	0,091674
21	309	0,4667	0,40	0,06235274
22	311	0,4889	0,41	0,08258096

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

23	324	0,5111	0,42	0,09200387
24	344	0,5333	0,44	0,09507157
25	387	0,5556	0,48	0,07822334
26	400	0,5778	0,49	0,08917746
27	408,5	0,6000	0,50	0,10416374
28	432	0,6222	0,52	0,10690913
29	447	0,6444	0,53	0,1170946
30	463,5	0,6667	0,54	0,12642136
31	476	0,6889	0,55	0,13910905
32	488	0,7111	0,56	0,15236419
33	542	0,7333	0,60	0,13639399
34	646,5	0,7556	0,66	0,0938416
35	695	0,7778	0,69	0,08964611
36	777	0,8000	0,73	0,07181109
37	802	0,8222	0,74	0,08287641
38	823,5	0,8444	0,75	0,09587067
39	833	0,8667	0,75	0,11412019
40	947	0,8889	0,80	0,09329335
41	984	0,9111	0,81	0,10322144
42	1038	0,9333	0,82	0,10881565
43	1127	0,9556	0,85	0,10671405
44	5705	0,9778	1,00	-0,02215205

D'après le Tableau $D_{\max}=0,15236419$ et selon la table de **KOLMOGOROV-SMIRNOV**

avec $n>35$ et $\alpha=0,05$ on a $D_{n,\alpha}=0,20739806$ (si $n>35$, $D_{n,\alpha} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$)

Alors on dit que : $D_{\max}<D_{n,\alpha}$

Donc nous acceptons l'hypothèse du modèle théorique.

3.2.6 Exploitation les paramètres de Weibull :

La moyenne de temps de bon fonctionnement (MTBF) est obtenue par la relation suivante :

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

$$MTBF = \gamma + A * \eta$$

$$MTBF = 0 + 1,0522 * 536,829608 = 564,8 \text{ heures}$$

La densité de probabilité est obtenue par la relation suivante :

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

Sachant que $f(ti)$: probabilité d'avarie au temps (t) ; (probabilité d'avoir une seule avarie au temps (t))

La densité de probabilité en fonction de MTBF

$$f(MTBF) = 0,00064 = 0,064\%$$

La fonction de réparation est obtenue par la relation suivante:

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

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

La fonction de répartition en fonction de MTBF, $F(MTBF) = 0,61208$

La fonction de la fiabilité est obtenue par la relation suivante:

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

$R(ti)$: 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

La fonction de fiabilité en fonction de MTBF, $R(MTBF) = 0,38791$

Le taux de défaillance est obtenu par la relation suivante:

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

$\lambda(t)$: probabilité d'avarie au temps $(t+\Delta t)$ d'un dispositif qui était en bon fonctionnement au début de l'unité de temps(t).

Le taux de défaillance en fonction de MTBF, $\lambda(MTBF) = 0,00166$

3.2.7 Etude de modèle de Weibull

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

Tableau 3.4 Résumé d'étude de modèle de Weibull :

N°	TBF	F (ti)	F (t)	R(t)
01	18	0,0023	0,03	0,970
02	19	0,0023	0,03	0,969
03	21	0,0022	0,03	0,965
04	21,5	0,0022	0,04	0,965
05	25	0,0022	0,04	0,959
06	60	0,0019	0,10	0,904
07	75	0,0018	0,12	0,882
08	75,5	0,0018	0,12	0,881
09	90,5	0,0017	0,14	0,859
10	95,5	0,0017	0,15	0,852
11	104	0,0017	0,16	0,840
12	136	0,0015	0,20	0,796
13	157,5	0,0015	0,23	0,768
14	158	0,0015	0,23	0,767
15	187	0,0014	0,27	0,731
16	215,5	0,0013	0,30	0,697
17	240	0,0012	0,33	0,669
18	250	0,0012	0,34	0,658
19	254	0,0012	0,35	0,653
20	259,5	0,0012	0,35	0,647
21	309	0,0011	0,40	0,596
22	311	0,0011	0,41	0,594
23	324	0,0010	0,42	0,581
24	344	0,0010	0,44	0,562
25	387	0,0009	0,48	0,523
26	400	0,0009	0,49	0,511
27	408,5	0,0009	0,50	0,504
28	432	0,0008	0,52	0,485
29	447	0,0008	0,53	0,473
30	463,5	0,0008	0,54	0,460
31	476	0,0008	0,55	0,450

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

32	488	0,0007	0,56	0,441
33	542	0,0007	0,60	0,403
34	646,5	0,0006	0,66	0,338
35	695	0,0005	0,69	0,312
36	777	0,0004	0,73	0,272
37	802	0,0004	0,74	0,261
38	823,5	0,0004	0,75	0,251
39	833	0,0004	0,75	0,247
40	947	0,0003	0,80	0,204
41	984	0,0003	0,81	0,192
42	1038	0,0003	0,82	0,175
43	1127	0,0002	0,85	0,151
44	5705	9^E-7	1,00	0,000070

3.2.8 Représentation graphique des fonctions :

Pour avoir une vision de l'évolution des différentes fonctions calculées, les résultats sont présentés sous forme de graphiques.

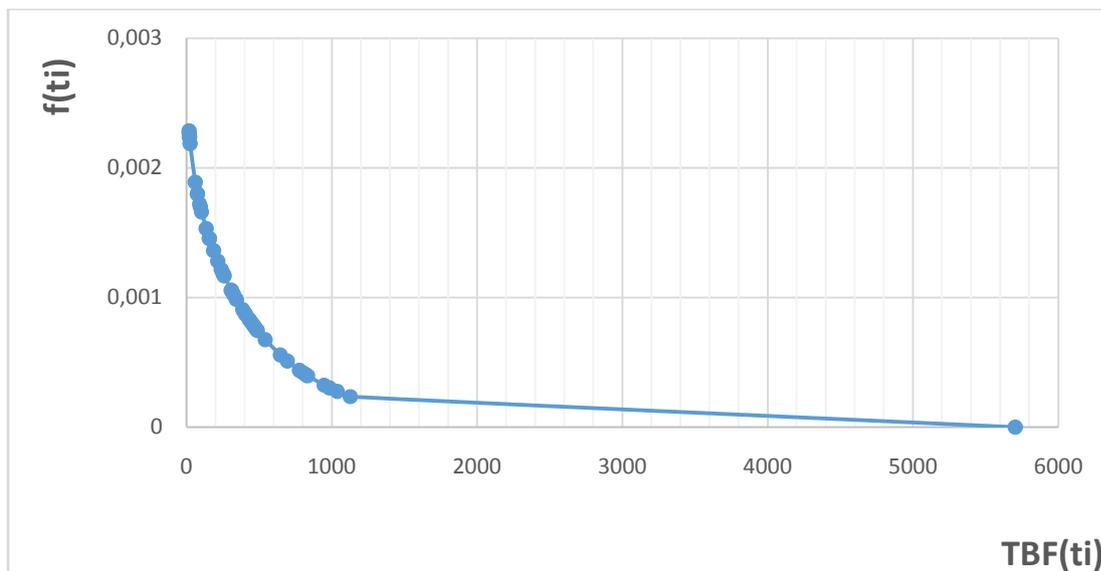


Figure.4.3. Courbe de la probabilité de défaillance.

Analyse du graphe :

D'après le graphe, on remarque que la probabilité de défaillance $f(t)$ diminue rapidement dans l'intervalle $[0-1200 \text{ h}]$. Dans l'historique, un TBF important de 5705 h a été enregistré entre

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

23/10/2013 et 18/06/2014. Ce point montre que cet équipement peut avoir une grande fiabilité si la période ne comporte pas d'arrêts pour d'autres causes autres que la grenailleuse (càd : disponible à l'arrêt).

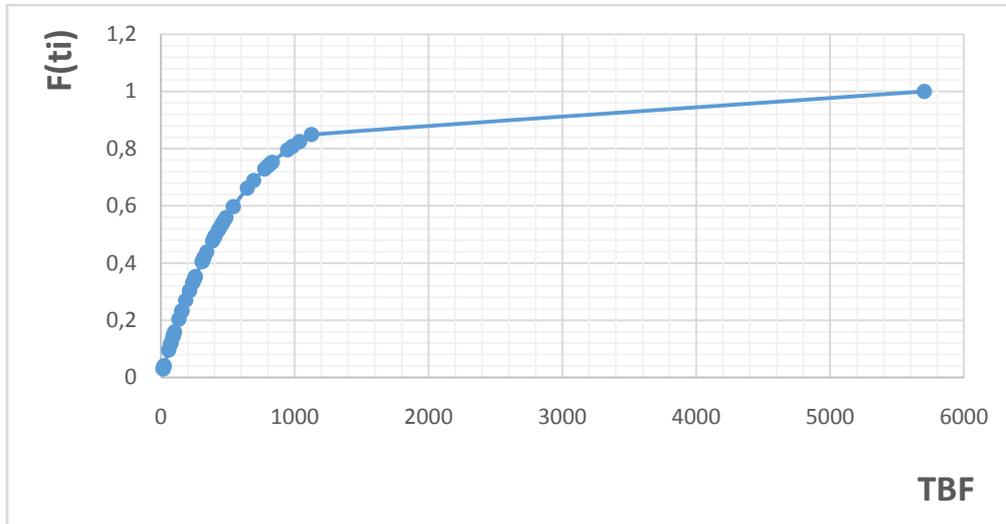


Figure.4.4. Courbe de Fonction de répartition

Analyse du graphe :

La fonction est toujours croissante en fonction du temps de bon fonctionnement. A $t=MTBF$ la valeur de $F(MTBF)= 61,21\%$.

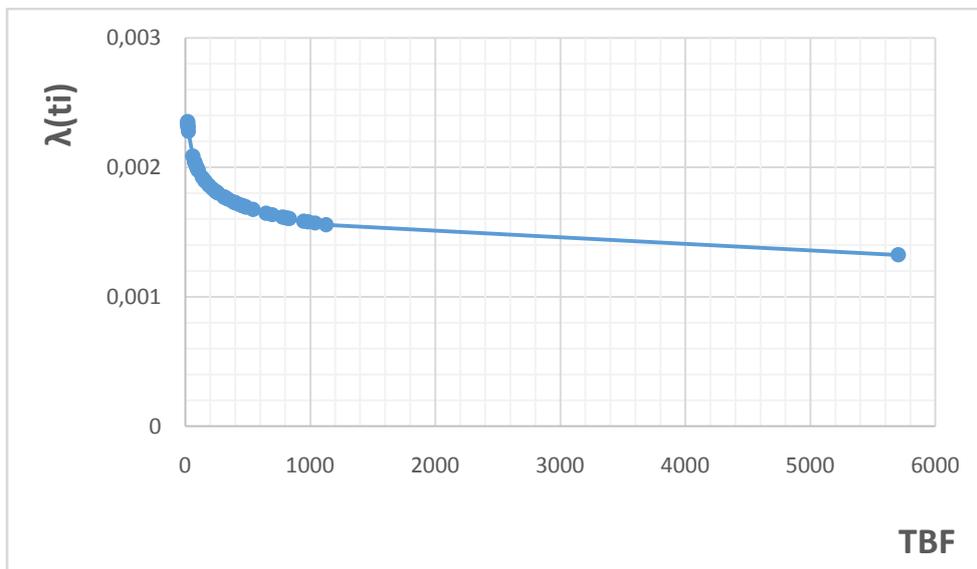
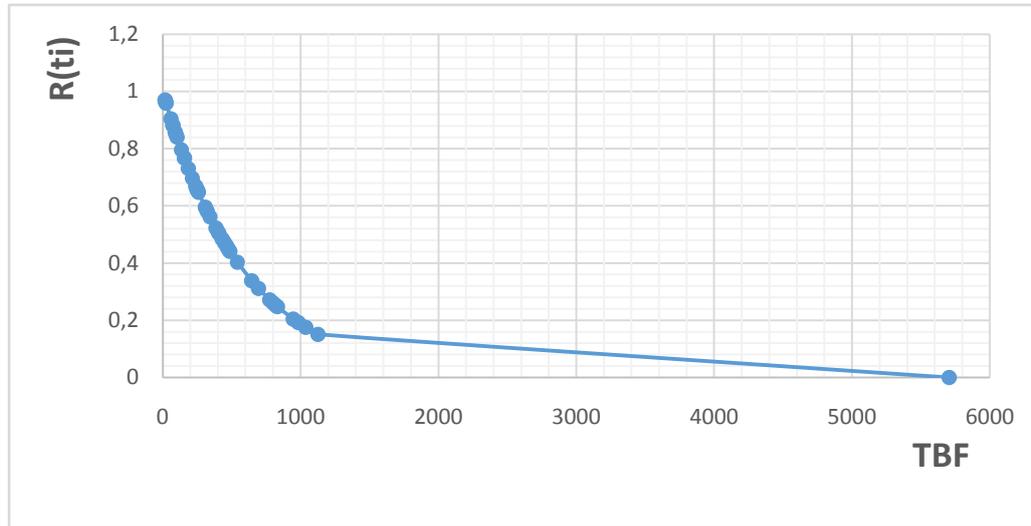


Figure.4.5. Courbe de taux de défaillance

Analyse du graphe :

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

Le taux de défaillance est décroissant en fonction de temps. Cette diminution est normale ; c-à-d elle n'est pas rapide. Par rapport aux données, ce taux reste suffisamment



acceptable pour un équipement pouvant subir de l'usure et même des fissures.

Figure.4.6. Courbe de la fonction de la fiabilité

Analyse du graphe :

On remarque que le graphe de R(t) décroît rapidement au cours des premiers temps (t en dessous de 1000h). En général, nous souhaitons une courbe de fiabilité qui décroît lentement c.à.d. qu'on maintient un niveau de fiabilité assez important avec le temps ou bien la fiabilité ne se dégrade pas assez rapidement. Dans notre cas ceci, n'est vrai. Le fait de trouver une valeur de R(t) de seulement 38% n'est un bon indicateur de fiabilité pour la grenailleuse. Nous pensons qu'il faut revoir les données de l'historique car les écarts entre les TBF sont très importants. De plus, nous devons s'assurer que les durées données correspondent réellement à des arrêts effectifs.

3.2.9 Etude de maintenabilité :

Avec : $MTTR = \frac{\sum TTR}{N} = 3,28358209h$

$\mu = 1/MTTR = 1/3,28358209 = 0,30454545$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Tableau. 3.4 : de maintenabilité en fonction de la TTR :

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

TTR	Ni	$\sum Ni$	M(ti)	M (ti)%
0,5	9	9	0,14124596	14,1245957
1	9	18	0,26254149	26,2541493
1,5	4	22	0,36670453	36,6704526
2	11	33	0,45615495	45,6154951
2,5	2	35	0,53297087	53,2970865
3	3	38	0,59893684	59,8936842
4	7	45	0,70423256	70,4232563
4,5	1	46	0,74600852	74,6008517
6	2	48	0,83914834	83,9148344
7	1	49	0,88137858	88,1378578
8	5	54	0,91252162	91,2521623
9	1	55	0,93548833	93,5488327
10	1	56	0,95242532	95,2425318
12	4	60	0,97412674	97,4126745
16	2	62	0,99234753	99,2347534
17	1	63	0,99435662	99,4356624
20	1	64	0,99773665	99,773665
24	2	66	0,99933057	99,9330575
72	1	67	1	100

Représentation graphique des fonctions :

Pour avoir une vision de l'évolution des différentes fonctions calculées, les résultats sont présentés sous forme de graphiques.

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

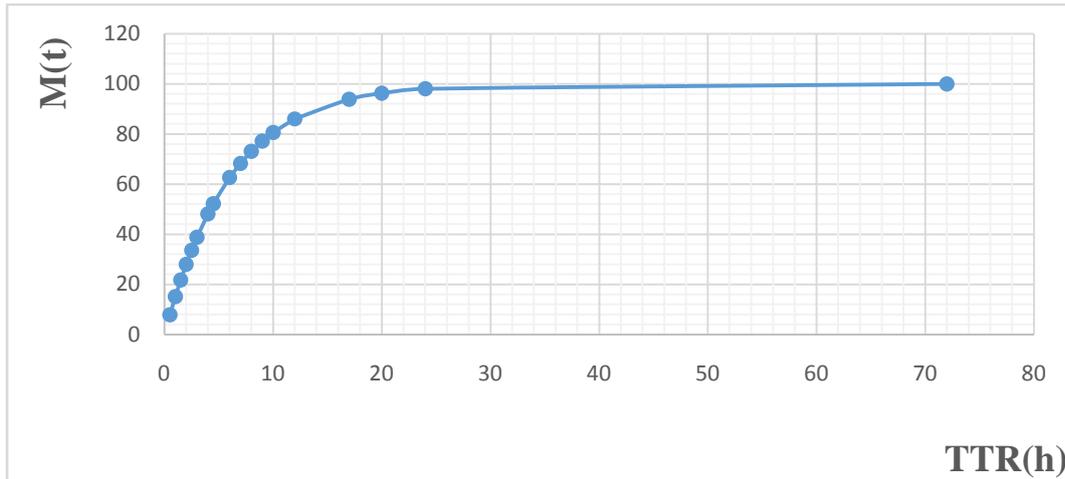


Figure.4.7. Diagramme de la maintenabilité

Analyse du graphe :

La maintenabilité est croissante en fonction de temps à l'instant TTR= 72h, la maintenabilité= 99,99%.

2.3.10 Etude de la Disponibilité :

2.3.10.1 La disponibilité intrinsèque :

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes les moyennes de bon fonctionnement et la moyenne de réparation ce qui donne :

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

On a : MTBF= 564,852114 (h) et MTTR = 3,28358209 (h)

Donc Di= 0,99422043 Di %= 99,422043

2.3.10.2 Disponibilité instantanée :

Pour le système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad \text{Avec } t \geq 0$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ Donc } \lambda = 0,0017704$$

$$\text{Et } \mu = \frac{1}{MTTR} \text{ Donc } \mu = 0,164134$$

$$\lambda + \mu = 0,1659044$$

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

$$D(t) = \frac{0,164134}{0,1659044} + \frac{0,0017704}{0,1659044} e^{-(0,1659044)t}$$

Tableau3.5 : Les valeurs de la disponibilité instantanée :

N°	TBF	D(t)
01	18	0,98986742
02	19	0,98978508
03	21	0,98965624
04	21,5	0,98963017
05	25	0,98949742
06	60	0,9893293
07	75	0,98932884
08	75,5	0,98932883
09	90,5	0,9893288
10	95,5	0,9893288
11	104	0,98932879
12	136	0,98932879
13	157,5	0,98932879
14	158	0,98932879
15	187	0,98932879
16	215,5	0,98932879
17	240	0,98932879
18	250	0,98932879
19	254	0,98932879
20	259,5	0,98932879
21	309	0,98932879
22	311	0,98932879
23	324	0,98932879
24	344	0,98932879
25	387	0,98932879
26	400	0,98932879
27	408,5	0,98932879
28	432	0,98932879
29	447	0,98932879
30	463,5	0,98932879
31	476	0,98932879
32	488	0,98932879
33	542	0,98932879
34	646,5	0,98932879
35	695	0,98932879
36	777	0,98932879
37	802	0,98932879
38	823,5	0,98932879
39	833	0,98932879

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

40	947	0,98932879
41	984	0,98932879
42	1038	0,98932879
43	1127	0,98932879
44	5705	0,98932879

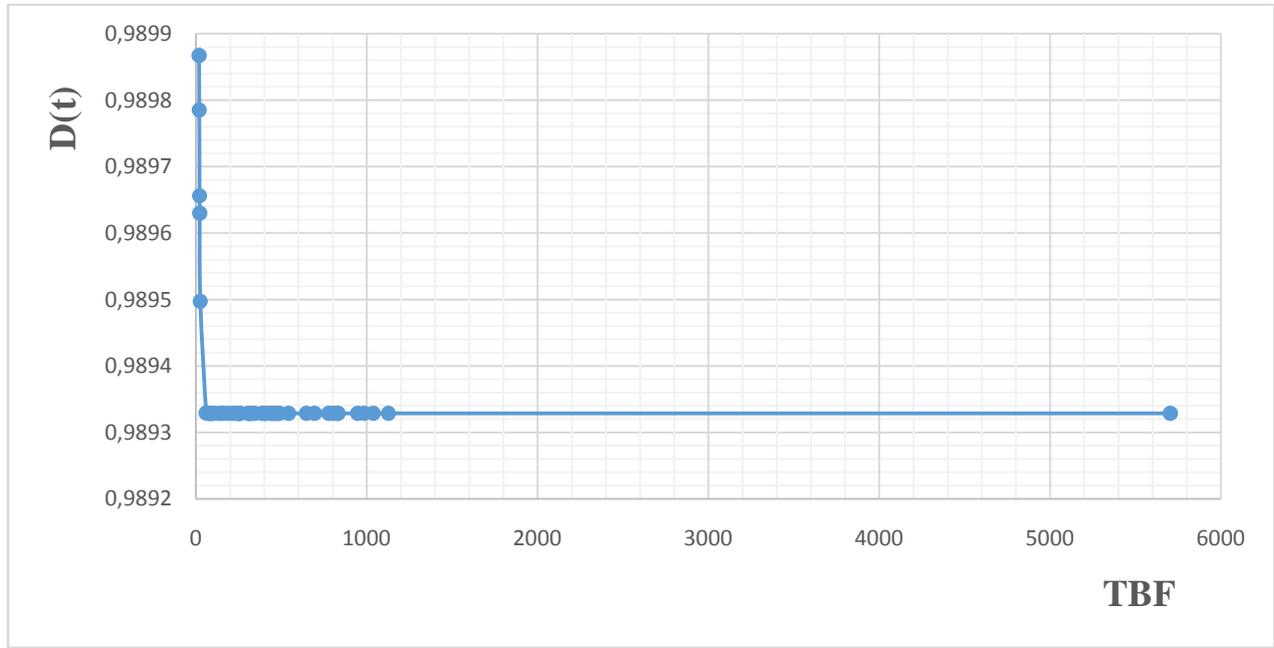


Figure.4.8. Courbe de disponibilité

Analyse de la courbe

La courbe de la disponibilité est décroissante en fonction de temps pour une courte période. Elle se stabilise à $D = 0,98932879$.

3.3 L'historique des pannes de la grenailleuse extérieure :

3.3.1 Présentation de l'historique des pannes (grenailleuse extérieure)

D'après le document relatif à l'historique des interventions sur les pannes de la grenailleuse extérieure, on a pu classer les informations dans le tableau suivant :

Tableau 3.6 : Tableau de l'analyse ABC

N°	Organe	% cumul des organes	Nombre des pannes	Cumulé du nombre des pannes	fréquence (%)	fréquence cumulée (%)
01	Turbine2	0,1666	140	140	29,53586498	29,53586498
02	Turbine1	0,3333	115	255	24,26160338	53,79746835

Chapitre 3 : Analyse de l'historique et étude FMD

03	Obturateur	0,5	95	350	20,04219409	73,83966245
04	Tiroir à coquille	0,6666	69	419	14,55696203	88,39662447
05	Filtres	0,8333	45	464	9,493670886	97,89029536
06	Elévateur à godet	1	10	474	2,109704641	100

3.3.2 Courbe ABC de la grenailleuse ROTO-JET :

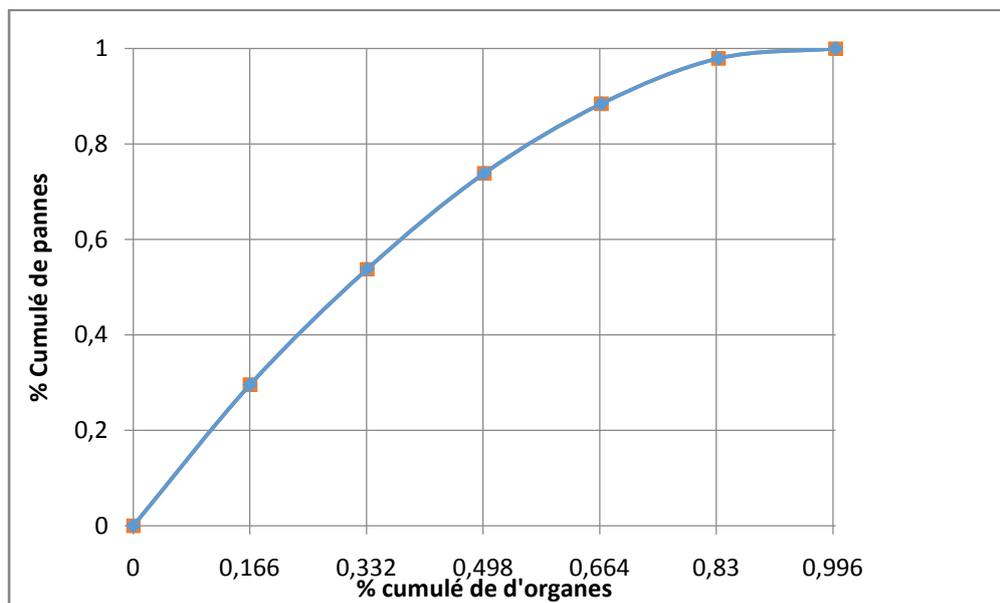


Figure 4.9. Courbe de PARETO

3.3.3 Analyse de la courbe :

Zone A : dans cette zone, on peut dire qu'environ 50% des organes sont concernés par 74% des pannes. Les 74% des pannes sont reliés aux organes :

- Turbine 2
- Turbine 1
- Obturateur

Zone B : représente les défauts au niveau du tiroir à coquille (4^{ème} organe)

Zone C : représente les défauts au niveau de filtres et de l'élévateur à godets (organes 5 et 6).

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

4.1 Introduction :

L'exploitation des équipements industriels présente plusieurs risques qu'il faut prendre en considération pour la sécurité des personnels (opérateurs, techniciens de maintenance...) et celle des machines. Comme les grenailleuses sont alimentées par un courant électrique faisant tourner des moteurs et des turbines pour donner de l'énergie cinétique aux grenailles, il est nécessaire de connaître les risques potentiels pouvant émaner de tels équipements.

4.2 Risques :

Nous avons schématisé les risques potentiels avec les grenailleuses dans la figure 5.1 sur la base des consignes de sécurité données par le constructeur de la machine et des conditions d'exploitation. Sur cette base nous avons identifié les risques suivants :

- Blessure
- Electrocutation,
- Suffocation,
- Brûlure
- Sonore/ Bruit
- Glissement
- Incendie.
- Empoisonnement

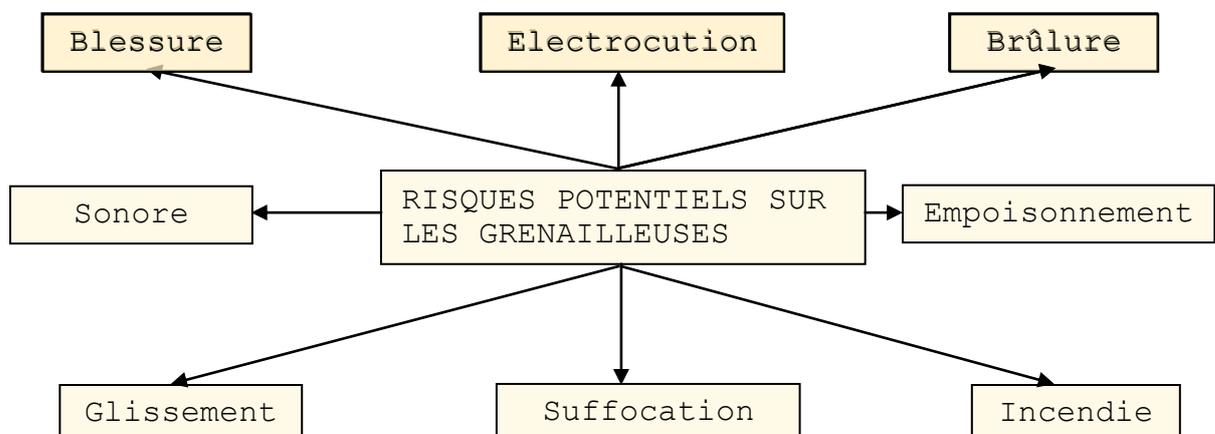


Figure 4.1 :Schéma récapitulant différents risques encourus par le

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

fonctionnement d'une grenailleuse de tubes en acier.

4.2.1 Risque de blessure :

Lors de travaux d'inspection ou de maintenance, l'installation doit toujours être mise hors service en actionnant l'interrupteur principal. De plus, le levier de commande doit être verrouillé avec un cadenas dans l'œillet prévu à cet effet (sécurité pour les personnes). Au cas où l'installation ou des parties de l'installation doivent être en service, une personne supplémentaire est nécessaire pour surveiller le fonctionnement et actionner immédiatement l'interrupteur principal en cas de besoin. L'installation ne peut être remise en service que lorsque le responsable a vérifié les points suivants :

- les travaux sont achevés,
- tous les groupes ont été remis en état de service
- aucune personne ne se trouve dans la chambre de grenaillage.

Toutes les ouvertures d'entretien et d'inspection doivent impérativement être fermées lorsque l'installation est en service. Dans le cas d'ALFAPIPE, l'installation est équipée d'un sol à contact, donc, il faut procéder à une inspection à des intervalles réguliers pour exclure une interruption du fonctionnement suite à une salissure ou autre.

4.2.2 Protection des yeux :

Dans des installations où les pièces à grenailler traversent la grenailleuse, il ne peut pas être exclu, malgré tous les dispositifs de rétention, que de la grenaille sorte de l'installation. Il faut donc protéger les opérateurs par des lunettes adéquates.

4.2.3 Risque d'incendie

Au cas où une flamme ouverte parvient dans la zone de dépoussiérage et dans les filtres, il peut se produire un incendie si l'on est en présence d'un mélange de poussière inflammable. Lorsque la cartouche de filtre est ouverte ou que le ventilateur tourne, il est interdit de procéder à des travaux causant des étincelles ou des travaux à la flamme ouverte. Effectuer des travaux de soudage, au chalumeau ou de meulage au niveau de l'installation de filtrage à l'arrêt uniquement lorsque toutes les cartouches de filtrage sont

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

démontées et que le carter de filtre a été soigneusement nettoyé de tous les restes de poussière. Lorsqu'on réalise des travaux dans la chambre de grenailage, il faut fermer de manière étanche toutes les ouvertures côté aspiration et refoulement du carter de filtrage.

Pour l'extinction des flammes, il ne faut pas utiliser l'eau, mais uniquement de la mousse recouvrant tout (gaz carbonique).

4.2.4 Risque de glissement

Lorsque de la grenaille a été déversée en dehors de l'installation, ou que de la grenaille est sortie de l'installation, vous devez l'enlever immédiatement ou déposer des paillasons ou des caillebotis par mesure de précaution. Le glissement est très probable causant des blessures aux opérateurs.

4.3 Remarques générales de sécurité :

La grenailleuse fournie a été construite selon le niveau actuel de la technique et les règlements reconnus de technique de sécurité. Cependant, leur utilisation peut entraîner des dangers de blessures ou même mortels pour l'utilisateur ou des tiers ou des perturbations de l'installation et d'autres biens matériels si les consignes techniques de sécurité ne sont pas respectées.

Le manuel de service doit être complété par les instructions portant sur les réglementations nationales en vigueur sur la prévention des accidents et la protection de l'environnement et être mis en application par toute personne chargée de l'exploitation de l'installation (Sécurité et règlements d'ALFAPIPE) :

- Manipulation de produits dangereux
- Fourniture et le port d'équipements de protection individuels.
- Particularités de l'entreprise ALFAPIPE (organisation du travail, déroulement du travail, personnel travaillant à ce poste, etc.)
- Le manuel de service doit être disponible en permanence au lieu d'utilisation de l'installation.
- Contrôler de temps en temps si les opérateurs travaillent en respectant les consignes de sécurité et en tenant compte des dangers, comme cela est décrit dans le manuel de service.
- Pour la sécurité, il faut respecter toutes les plaques de sécurité et d'avertissements des

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

dangers posées sur l'installation (bruit, yeux, pollution de l'air...).

- Donnez des instructions aux opérateurs pour que toutes les modifications concernant la sécurité de l'installation ou son comportement en exploitation soient immédiatement signalées.
- Ne procédez jamais à des modifications de la construction de l'installation pouvant porter atteinte à la sécurité sans vous concerter avec le fabricant.
- Il est indispensable de stocker les pièces de rechange et d'usure les plus importantes pour pouvoir garantir un bon fonctionnement et une grande fiabilité de l'installation.

Le constructeur assume une garantie uniquement pour les pièces de rechange et d'usure d'origine qu'il a fournies car elles sont fiables pour lui. Le montage et/ou l'utilisation d'articles non fournis par le constructeur (non origine) peut dans certaines circonstances avoir une influence négative sur des propriétés résultant de la construction de l'installation et porter ainsi atteinte à la sécurité active et/ou passive de l'installation. Il faut savoir que toute garantie et toute responsabilité des fabricants sont exclues pour des dommages résultant de l'utilisation de pièces de rechange et d'usure et d'accessoires qui ne sont pas d'origine.

Remarque : Pour les grenailleuses, il ne faut pas modifier le logiciel des systèmes de commande programmables si ces modifications n'ont pas été expressément contrôlées et autorisées au préalable par le service électrique.

Remarque : Toutes les flexibles hydrauliques montées doivent être remplacés à des intervalles de temps raisonnables pour des raisons de sécurité, même si l'on ne constate pas des défauts posant problème pour la sécurité.

Remarque : Il doit toujours y avoir un nombre suffisant d'extincteurs d'incendie à proximité de l'installation. Les emplacements et le maniement des extincteurs doivent être marqués par des plaquettes d'informations correspondantes selon la réglementation sur la prévention des accidents. Suivre les consignes de la norme DIN 4066 sur les "Marquage de sécurité au poste de travail" et les "Plaquettes d'informations pour la protection contre les incendies". Il faut déterminer :

- a) Les zones de risques d'incendies et d'explosions doivent être marquées de l'avertissement "Danger produits inflammables".
- b) L'absence de sources d'allumage avec le signe d'interdiction "Interdiction : feu, lumière ouverte et cigarettes".
- c) Equipements d'extinction d'incendie peints dans la couleur de sécurité rouge et la

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

couleur de contraste blanche.

- d) Les emplacements des dispositifs d'extinction d'incendie par un "F" sur fond blanc.

4.4 Qualification du personnel

Il faut veiller à ce que seul du personnel fiable conduise cette installation. Ne faites travailler sur cette installation que du personnel formé ou ayant reçu toutes les informations nécessaires et déterminez clairement les compétences du personnel de service pour la conduite, l'équipement, l'entretien et la maintenance. Assurez-vous que seul le personnel autorisé travaille sur l'installation et se tient dans la zone dangereuse autour de celle-ci.

Le personnel à former, à instruire et à familiariser ou le personnel se trouvant dans le cadre d'une formation générale doit travailler sur cette installation uniquement sous la supervision permanente d'une personne expérimentée. Tous les travaux réalisés sur des installations ou des appareils électriques doivent être réalisés uniquement par un électricien ou sous la direction et la supervision de celui-ci en respectant les réglementations électrotechniques. Seul du personnel formé à cet effet est habilité à réaliser tous les travaux sur des équipements techniques à gaz ou des dispositifs consommateurs de gaz. Chargez uniquement du personnel ayant les connaissances spécialisées et l'expérience pratique de la réalisation des travaux nécessaires sur des dispositifs hydrauliques et pneumatiques.

Remarque : Le personnel chargé des opérations sur la machine doit avoir lu soigneusement le manuel de service avant de commencer le travail, et plus particulièrement le chapitre sur les consignes de sécurité. Ceci est surtout valable pour le personnel qui ne travaille que par intermittence sur l'installation.

Remarque : Toutes les installations fournies doivent être utilisées uniquement pour les cas d'application prévus au contrat. Une autre utilisation ou une utilisation dépassant ce cadre n'est pas considérée comme conforme à la destination. Le fabricant n'assume aucune responsabilité en cas de dommages en résultant. Seul l'exploitant de l'installation en supporte l'utilisation conforme à la destination comprend aussi le respect des conditions d'exploitation, d'inspection et d'entretien indiquées dans le manuel de service.

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

4.5 Consignes de sécurité pour certaines phases de l'exploitation

4.5.1 Recommandations pour le fonctionnement normal

Veillez éviter tout mode de travail posant des problèmes de sécurité et prenez toutes les mesures nécessaires pour que l'installation soit toujours en parfait état de fonctionner. Faites contrôler un moins une fois par poste si l'installation présente des dommages et des défauts visibles et exigez d'être immédiatement informé de modifications survenues, y compris d'éventuelles modifications du comportement en service. Aussi, assurez-vous que le personnel porte bien les vêtements de protection nécessaires ou exigés par les consignes de sécurité. Faites uniquement tourner l'installation lorsque tous les dispositifs de sécurité et les dispositifs dont dépend la sécurité tels que des sectionneurs de protection, des dispositifs d'arrêt d'urgence, des capots d'insonorisation et des dispositifs d'aspiration sont bien en place et parfaitement en état de fonctionner.

Faites attention aux opérations de mise en circuit et hors circuit des composants de l'installation et aux indicateurs de contrôle dans l'armoire électrique ou des éléments de commande séparés. Il ne faut en aucun cas mettre hors circuit ou enlever les dispositifs existants d'aspiration et d'aération.

Enfin, l'opérateur doit toujours veiller à ce que des personnes non autorisées ne puissent pas travailler sur l'installation

4.5.2 Travaux de réglage, d'entretien et de réparation et enlèvement de matière

- Veuillez informer en temps utile les opérateurs sur la réalisation prévue de travaux d'inspection, de maintenance, d'entretien et de réparation ainsi que de travaux destinés à éliminer des anomalies par du personnel spécialisé.
- Désignez une personne qui sera responsable de la supervision !
- Pour tous les travaux concernant l'exploitation, l'adaptation de la production, le réglage de l'installation et ses dispositifs conditionnant la sécurité ainsi que l'inspection, l'entretien et les réparations, les opérations de mise en circuit et de mise hors circuit doivent être réalisées en respectant le manuel de service et les consignes pour les travaux de maintenance!
- Interdisez l'accès à un large périmètre de la zone de maintenance aux personnes non autorisées, dans la mesure du nécessaire.
- Lors du remplacement de pièces individuelles et de sous-groupes de dimensions assez

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

grandes, veillez à les fixer soigneusement sur les engins de levage et à les assurer pour qu'ils ne causent aucun danger.

- Chargez uniquement des personnes expérimentées de l'élingage de charges, des instructions aux grutiers etc. !
- Lors des travaux de montage de l'installation au-dessus de la hauteur du corps, utilisez uniquement des poignées, des tabourets, des paliers, des plateformes et des échelles fiables pour éviter tout risque de glissement ou de chute.
- En cas de travaux d'entretien à réaliser à une hauteur assez importante, vous devez prévoir les dispositifs antichute réglementaires adéquats !
- Pour votre propre sécurité, veillez à ce que toutes les poignées, les tabourets, les garde-corps, les paliers, les plateformes et les échelles ne présentent aucune trace de salissures ou de lubrifiants...
- L'installation et plus particulièrement les raccordements et les raccords à vis doivent être nettoyés pour enlever l'huile, le carburant ou tous les autres produits avant d'entamer l'entretien.
- N'employez pas de produits de nettoyage agressifs et utilisez uniquement des chiffons non fibreux !
- Après le nettoyage, vous devez contrôler si les conduites de carburant, d'huile pour moteur et d'huile hydraulique présentent des fuites, des endroits usés ou endommagés et si les raccords sont desserrés. !
- Après une réparation ou l'entretien, toutes les vis de fixation et tous les écrous doivent être resserrés selon le plan d'entretien.
- Une fois le nettoyage effectué, enlevé les recouvrements posés et les pièces collées !
- Pour votre propre sécurité, n'utilisez pas des parties de l'installation pour vous aider à grimper, mais utilisez les plateformes de travail existantes ou une plateforme mobile !
- Respectez les prescriptions portant sur les travaux de réglage, d'entretien et d'inspection ainsi que les intervalles entre ces travaux selon le manuel de service et d'entretien pour garantir un fonctionnement parfait de l'installation! Faites exécuter ces travaux uniquement par du personnel spécialisé formé à cet effet.

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

4.6 Cas de l'installation de grenailage extérieur de tubes

Il ne faut jamais grenailer dans la grenailleuse des pièces à surface graisseuse ou facilement inflammable (p.ex. pièces venant d'être peintes), il y a risque d'incendie et d'explosion. Les cabines de pulvérisation de peinture, les murs de peinture et les sècheurs de peinture exigent une zone protégée contre les explosions. Dans cette zone, il est strictement interdit de fumer et d'utiliser une flamme ouverte. Les branchements électriques doivent être protégés contre les explosions. Il est strictement interdit à toute personne non autorisée de pénétrer dans la cabine d'application de peinture et dans le sécheur de peinture. Il y a risque d'incendie et d'explosion. Tous les travaux réalisés sur des installations ou des appareils électriques doivent être réalisés uniquement par un électricien ou sous la direction et la supervision de celui-ci en respectant les réglementations électrotechniques.

Recommandations :

- Toutes les installations et tous les équipements électriques doivent être inspectés régulièrement.
- Les câbles endommagés doivent être remplacés.
- Les vis et les bornes doivent être resserrées régulièrement.
- Utilisez uniquement des fusibles d'origine prévus pour une intensité de courant prescrite.
- En cas de perturbation de l'alimentation en énergie électrique, vous devez mettre immédiatement l'installation hors circuit !
- La zone de travail doit être délimitée par une chaîne de sécurité rouge et blanc supportant une plaquette d'avertissement. Utilisez uniquement des outils isolés !

4.6.1 Cas des Gaz, poussière, vapeur et fumée

Les travaux de soudage, au chalumeau et de meulage ne peuvent être réalisés sur l'installation que lorsqu'ils ont été expressément autorisés. Il en résulte un risque d'incendie et d'explosion et une réduction inadmissible de la résistance de la pièce !

4.6.2 Risque d'empoisonnement :

Pour évacuer la poussière des filtres, utilisez uniquement des sacs en papier ou des

Chapitre 04 : Risques industriels en relation avec l'exploitation des grenailleuses de tubes soudés

conteneurs métalliques spéciaux, pas de sacs en plastique ni de conteneurs en plastique.

4.6.3 Risque d'incendie par électricité statique :

La poussière de filtre est très inflammable. Elle ne doit jamais être en contact avec une flamme ouverte, des étincelles ou de Sa cendre incandescente, p. ex. de la cendre de cigarettes ou de cigares.

4.6.4 Partie hydraulique et pneumatique

Vous devez contrôler régulièrement si les conduites, les flexibles et les raccords à vis présentent des fuites et des dommages visibles et éliminer immédiatement les dommages. L'huile jaillissante peut causer des incendies et des brûlures. Les conduites sous pression nécessaires (partie hydraulique, pneumatique) doivent être exemptes de pression lors des travaux de réparation conformément aux diverses descriptions des sous-groupes.

4.6.5 Bruit

Pendant le service, les dispositifs de protection anti-bruit de l'installation doivent être mis dans leur position de fonctionnement pour réduire le niveau sonore. Si l'exploitation de l'installation impose le port de casques antibruit, les opérateurs doivent être obligés de porter les casques antibruit réglementaires.

4.6.6 Substances chimiques :

Lorsque vous manipulez des acides, des lessives alcalines et autres solvants, des substances chimiques ou des huiles, respectez impérativement les consignes de sécurité mentionnées dans le manuel de service et de maintenance.

4.7 Synthèse :

En étudiant les manuels de sécurité fournis par le constructeur et les consignes de sécurité imposées par l'entreprise ALFAPIPE, il s'avère que ces équipements de grenaillage sont extrêmement dangereux. Les 2 grenailleuses sont de marque ROTO JET (Extérieur) et VAIS (Intérieur). En regroupant les risques, nous avons trouvé un nombre important cas où la sécurité des personnels est vraiment menacée si les consignes de sécurité ne sont correctement observées. Pour ces équipements, il est clair que la maintenance va jouer un rôle de première classe car elle sera sollicitée pour les travaux d'entretien et en même temps e faire respecter les consignes pour chaque intervention.

Conclusion

Le Maintien en condition opérationnelle de l'outil de production, joue un rôle clé dans le développement de l'entreprise. Il ne s'agit pas que les activités d'entretien et de réparation d'un équipement, lorsqu'il est en service, c'est beaucoup plus que cette courte vision. Il s'agit en fait de toutes les activités qu'il faut déployer, pendant la totalité du cycle vie de l'équipement, pour garantir à tout moment que le service qu'on attende sera obtenue, et ceci dans les meilleurs conditions de performance efficacité.

Dans ce mémoire nous avons présenté une validation expérimentale des indicateurs FMD en maintenance d'une grenailleuse intérieure « Vais » et analyse ABC pour la grenailleuse extérieur « ROTO-JET ».

En suite les paramètres de Weibull ont été calculés puis testés par le test de KOLMOGOROV SMIRNOV.

La validation des lois de fiabilité nous donne que 38,79% de fiabilité (faible fiabilité).

Référence :

- Cours de maintenance des équipements « M2 » d'enseignant chercheur Mr : Goundiam Madi Yassa
- « Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélérés » thèse de doctorat de Mm OuahibaTebbi

Documentation technique :

- Manuel de la grenailleuse extérieur « ROTO-JET »
- Manuel de la grenailleuse intérieur « VAIS »
- Fiche historique des pannes de la grenailleuse intérieure et la grenailleuse extérieure de l'entreprise ALFAPIPE

ANNEXE 2:

Tableau du test deKolmogorov-Smirnov Test

SAMPLE SIZE (N)	LEVEL OF SIGNIFICANCE FOR D = MAXIMUM [$F_0(X) - S_n(X)$]				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.210	.220	.240	.270	.320
30	.190	.200	.220	.240	.290
35	.180	.190	.210	.230	.270
OVER 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

ANNEXE 2 :

