

N° Ordre ...../DGM/FT/UMBB/2022

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES**



Faculté De Technologie  
Département Génie Mécanique

**Mémoire de Master**

**Filière : Electromécanique**

**Spécialité : Maintenance Industrielle**

**THEME**

---

**Contribution à l'amélioration de la fiabilité  
d'un équipement industriel –ATIS-**

---

Présenté par :

**M<sup>elle</sup>. OUMOHAND Flora**

**M<sup>r</sup>. SEMMAR Mounir**

Promoteur :

**Dr. S. LECHEB**

**PROMOTION 2021-2022**

## ***Remerciement***

*Nos premiers remerciements, vont pour DIEU (ALLAH), le tout puissant, qui nous a donné la force, la sagesse et la patience de continuer et de repartir à chaque fois que nous avons failli céder au découragement.*

*Nos vifs remerciements vont aussi à notre encadreur Dr : LECHEB Samir, Pour sa confiance en nous et nous avoir confié ce travail, et nous tenons à le remercier pour sa patience tout au long de la période d'encadrement, sans laquelle ce travail n'aurait pas vu le jour, pour les qualités scientifiques de son encadrement et sa vigilance sur notre travail pour compléter cette recherche.*

*Nous adressons également de sincères remerciements à l'ensemble du personnel de l'unité ALTUMET de nous avoir aussi bien accueilli au sein de leur établissement.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury de cette soutenance, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, d'avoir bien voulu examiner ce mémoire.*

*Comme nous tenons à remercier tous ceux et celle qui de loin ou de près a contribué à finalisé ce modeste travail.*

## *Dédicaces*

A mes **chers parents**, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes **chères sœurs** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

**FLORA**

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*Au meilleur des pères,*

*Au mes frères et sœur,*

*A toute ma famille.*

*A tous mes amis*

*Pour leurs affection et leurs sacrifices afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

***MOUNIR***

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>I</b>
<b>I Généralité sur la maintenance</b> .....	<b>1</b>
I.1 Définition de la maintenance .....	1
I.2 Historique et évolution de la maintenance .....	1
I.3 Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000) .....	1
I.4 La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000).....	2
I.5 Management de la maintenance .....	2
I.6 Politique de maintenance .....	2
I.6.1 Maintenance préventive .....	3
I.6.2 Maintenance corrective .....	3
I.6.3 Maintenance corrective «palliative» .....	3
I.7 Les niveaux de maintenance .....	5
I.8 Echelons de maintenance .....	6
I.9 Sûreté de fonctionnement .....	6
I.9.1 Disponibilité .....	6
I.9.2 Fiabilité .....	6
I.9.3 Maintenabilité .....	7
I.9.4 Logistique de maintenance .....	7
I.10 Maintenance et «outils» spécifiques .....	7
<b>II Présentation de l'entreprise</b> .....	<b>9</b>
II.1 Description de l'unité .....	9
II.2 Organigramme générale .....	10
II.3 Domaine d'activité activité .....	12
II.4 Conclusion.....	12
<b>III Les méthodes expérimentales utilisées</b> .....	<b>13</b>
III.1 Introduction .....	13
III.2 PID de processus de fabrication des tubes .....	13
III.3 Choix du système .....	14
III.3.1 Étude Pareto.....	14
III.4 Description du système choisi.....	16
III.5 Principe de fonctionnement de la machine .....	16

III.5.1 Les composants de la machine .....	17
III.6 L'état actuel de la machine .....	19
III.6.1 L'approche weibull.....	20
III.6.2 La méthodologie de weibul .....	20
III.6.3 Étude de la fiabilité de la machine .....	21
III.6.3.1 Détermination des paramètres de weibull .....	23
III.7 Conclusion.....	25
<b>IV L'amélioration de la fiabilité.....</b>	<b>26</b>
IV.1 Diagnostic .....	26
IV.1.1 Le système expert.....	26
IV.1.1.1 La définition de système expert .....	26
IV.1.1.2 Les qualités de l'expert .....	26
IV.1.2 Donnés de l'historique .....	26
IV.1.2.1 Analyse de Pareto.....	26
IV.1.2.2 Principe .....	27
IV.1.2.3 Construction du diagramme de Pareto .....	27
IV.1.3 Application de Pareto .....	28
IV.1.4 Système d'expert : ADD .....	31
IV.1.4.1 Arbre de défaillance .....	31
IV.1.4.2 Définition de l'Événement Redouté (ER).....	31
IV.2 Recherche des causes .....	35
IV.2.1 La méthode ISHIKAWA.....	35
IV.2.2 Edraw Max 9.3 .....	38
IV.2.2.1 Ses fonctionnalités .....	38
IV.3 Recherche des solutions .....	39
IV.3.1 Application d'ISHIKAWA .....	40
IV.4 Optimisation des solutions proposée.....	47
IV.5 Conclusion .....	49
IV.6 Recommandations et perspectives .....	49
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>50</b>

# Liste des Symboles et Abréviations

Les principales notations et abréviations utilisées sont explicitées ci-dessous, sous leur forme la plus couramment employée dans le domaine du génie maintenance industriel .

## Liste des Abréviations

ADD :	Arbre De Défaillance.
ALTUMET :	ALgérienne TUBes METalliques.
API :	American Petroleum Institute.
Banc Hydrau :	Banc de test Hydraulique.
BSM :	Bon de Sortie Magasin.
DI :	Demande d'Intervention.
EPE :	Entreprise Public Économique.
GDS :	Gestion De Stock.
GMAO :	Gestion de la Maintenance Assister par Ordinateur.
ISO:	International Organization for Standardisation.
MP:	Matière Première.
MTBF :	Moyenne de Temps de Bon Fonctionnement. Mean Time Between Failures.
MTTR :	Moyenne de Temps Technique de Réparation. Mean Time To Repair.
PDR:	Pièce De Rechange .
PE :	PolyEthylène.
Retex :	RETour d'EXpérience .
SDF :	Sûreté De Fonctionnement.
SPA :	Société Par Action.
SP1200 :	Spirale Pipe 1200.
TBF :	Temps de Bon Fonctionnement.
TTR :	Temps Technique de Réparation.
5M :	Milieu, Matière, Main d'oeuvre, Méthode, Matériel.

## Liste des Symboles

D :	Disponibilité.
D1 :	Droite 1.
D2 :	Droite 2.
$\lambda(t)$ :	Taux de défaillance.
F(t) :	Fonction de répartition.
R(t) :	Fonction de fiabilité.
$\beta$ :	Paramètre de forme.
$\eta$ :	Paramètre d'échelle.
$\gamma$ :	Paramètre de position.

# Liste des figures

I.1	Les méthodes de maintenance selon la Norme FN X 60-000 .....	4
I.2	Opération de maintenance .....	5
I.3	Sureté de fonctionnement .....	7
II.1	Situation géographique de l'unité [17] .....	10
II.2	Organigramme de l'entreprise .....	11
III.1	Processus de fabrication des tubes selon API 5L NF EN 10224 45° édition .....	14
III.2	Diagramme de Pareto .....	15
III.3	Aspect de la machine ATIS .....	17
III.4	Opération de découpage des tubes.....	17
III.5	Ensemble de l'installation de la machine.[5].....	18
III.6	Papier weibull .....	23
IV.1	Diagramme de Pareto .....	28
IV.2	Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment mesure bande.....	29
IV.3	Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment fraisage bande .....	30
IV.4	Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment serrage mobile .....	30
IV.5	Arbre De Défaillances de la machine ATIS .....	33
IV.6	Diagramme de causes-effets appliqué sur la source d'air comprimé .....	37
IV.7	L'interface du logiciel Edraw Max.....	38
IV.8	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vérin mesure bande.....	41
IV.9	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le rouleau + axe - encodeur .....	41
IV.10	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur l'axe +galet Fraisage bande.....	42
IV.11	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le capot de copeaux Fraisage bande .....	42
IV.12	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le cerveau moteur Serrage mobile.....	43
IV.13	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le réducteur-accouplement serrage mobile.....	43
IV.14	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le Flexible groupe hydraulique.....	44
IV.15	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vérin hydraulique chariot porte bobine ....	44
IV.16	Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vis + noix station de formage .....	45



# Liste des tableaux

I.1	Les différents niveaux de la maintenance.....	5
III.1	Classement des installations par fréquence des pannes. ....	15
III.2	Les spécifications techniques [18].....	16
III.3	Différents composants de la machine ATIS.....	18
III.4	La gamme de fabrication de ATIS.....	19
III.5	Calcul de F (i) en fonction de la taille de N.....	21
III.6	Calcul de F (i) en fonction de la taille de N.....	22
III.7	Paramètre de WEIBULL.....	23
III.8	Paramètres de fiabilité.....	24
IV.1	Récapitulatif des pannes.....	27
IV.2	Classement des installations par fréquence des pannes.....	29
IV.3	Classement des installations par fréquence des pannes.....	29
IV.4	Classement des installations par fréquence des pannes.....	30
IV.5	Comparaison entre les deux méthodes.....	34
IV.6	Récapitulatif causes probables et leur impact.....	39
IV.7	Grille d'évaluation de l'impact.....	39
IV.8	Récapitulatif des solutions et leurs coefficients.....	40
IV.9	Grille d'évaluation des solutions.....	40
IV.10	Récapitulatif des causes et leurs solutions proposées.....	45
IV.11	Estimation des coûts des solutions.....	48

## Résumé :

La disponibilité et la fiabilité des systèmes de production est la préoccupation majeure de l'industrie moderne, vu sa complexité d'une part et ses exigences, en termes de qualité et quantités, d'autre part. En effet, les études qui ont été faites dans ce contexte traitent la fiabilité de point de vue produit sans de mettre en lumière l'influence des conditions d'utilisation. Pour mettre en exergue l'impact de ces dernières, ce travail présente une nouvelle approche pratique, avec des données réelles, appliquée à la ligne de fabrication des tubes soudés en spirale de l'entreprise ANABIB. Pour se faire, nous avons procédé, en premier lieu, par la modélisation de fonctionnement de la machine ATIS, choisie et considérée comme étant la plus stratégique, en exploitant ainsi les avantages de la méthode de l'arbre de défaillances et la compétence technique du personnel de l'entreprise. Ce que nous a permis de localiser les éléments critiques de la machine. Et pour les comparer et les distinguer entre ceux qui sont dus à la mauvaise utilisation, nous avons utilisé les données de l'historique, en deuxième lieu. Pour se remédier, une étude de maintenance curative approfondie a été faite dont le but d'éliminer toutes ces défaillances à la source. Et pour rentabiliser les solutions proposées, nous avons répondu positivement, à la problématique posée, par l'étude technoéconomique du plan d'actions.

Mots clés : Fiabilité, Ishikawa, expert, historique, coûts, optimisation, ADD, diagnostic.

## ملخص :

إن توفر وموثوقية أنظمة الإنتاج هو الشاغل الرئيسي للصناعة الحديثة ، بالنظر إلى تعقيدها من ناحية ومتطلباتها ، من حيث الجودة والكمية ، من ناحية أخرى. في الواقع ، فإن الدراسات التي أجريت في هذا السياق تعالج موثوقية وجهة النظر المنتجة دون تسليط الضوء على تأثير ظروف الاستخدام. لتسليط الضوء على تأثير هذا الأخير ، يقدم هذا العمل مقارنة عملية جديدة ، مع بيانات حقيقية ، يتم تطبيقها على خط تصنيع الأنابيب الملحومة اللولبية من ANABIB للقيام بذلك ، شرعنا ، أولاً ، في نمذجة سير عمل جهاز ATIS ، تم اختياره واعتبره الأكثر إستراتيجية ، وبالتالي نستغل مزايا طريقة شجرة الفشل والكفاءة التقنية للألة. موظفي الشركة. ما لدينا لتحديد العناصر الحاسمة للجهاز. وللمقارنة والتمييز بين تلك بسبب سوء الاستخدام ، استخدمنا البيانات التاريخية ، ثانياً. لعلاج هذا ، تم إجراء دراسة شاملة للصيانة العلاجية للقضاء على جميع هذه الإخفاقات في المصدر. ولجعل الحلول المقترحة مربحة ، أجبنا بشكل إيجابي على الإشكالية التي طرحتها الدراسة الفنية الاقتصادية لخطة العمل.

كلمات مفتاحية: خبير ، تاريخ ، الموثوقية ، التكاليف ، التحسين ، التشخيص.

## Abstract :

The availability and reliability of production systems is the major concern of modern industry, given its complexity on the one hand and its requirements, in terms of quality and quantity, on the other. Indeed, the studies that have been done in this context treat the reliability of point of view produced without highlighting the influence of the conditions of use. To highlight the impact of the latter, this work presents a new practical approach, with real data, applied to the spiral welded pipe manufacturing line of ANABIB. To do this, we proceeded, firstly, with the modeling of the functioning of the ATIS machine, chosen and considered to be the most strategic, thus exploiting the advantages of the failure tree method and the technical competence of the machine. company staff. What we have to locate the critical elements of the machine. And to compare and distinguish between those due to misuse, we used historical data, second. To remedy this, a thorough curative maintenance study has been done to eliminate all these failures at the source. And to make profitable the solutions proposed, we answered positively, to the problematic posed, by the techno-economic study of the plan of actions.

**Keywords :** Reliability, Ishikawa, Expert, Historical, Costs, Optimization, ADD, Diagnosis

# *Introduction*

## *Introduction générale*

Le besoin de maintenance s'est progressivement propagé dans toutes les industries, les services et l'aspect économique qui représente la croissance du « coût de la panne et de ses conséquences » explique en grande partie l'expansion de ce besoin.

D'autre part, la mondialisation des marchés a encore accru ce besoin de maintenir et d'optimiser le niveau de performance des outils de production. En effet, l'évaluation de l'état de santé des équipements industriels s'avère un élément indispensable à la définition optimale des opérations de maintenance destinées à garantir un niveau de disponibilité et de sécurité sous un coût maîtrisé. Pour cela les entreprises doivent choisir la politique de maintenance convenable pour le suivi et l'amélioration de la rentabilité de leurs équipements de production.

Et pour arriver à une bonne gestion de la maintenance, des démarches stratégiques sont appliquées pour connaître l'état de fonctionnement de l'équipement et de choisir un plan de maintenance adapté. Ces démarches sont basées sur l'application d'une analyse précise sur le matériel pour détecter les modes de défaillances puis le choix des outils d'aides à la décision.

Dans la perspective, nous avons réalisé ce travail comportant une étude technologique, économique et une étude de fiabilité sur la machine de fabrication des tubes en spirale. Cette machine appelée ATIS a une très grande importance dans la production au niveau de la société ANABIB, qui s'installe dans la zone industrielle Reghaia de Alger, où nous avons trouvé une prise de conscience sur l'importance de la maintenance.

La synthèse de ce travail se fait à l'aide de l'avis de la partie prenante de l'entreprise et des fichiers techniques de la machine ATIS la plus défectueuse dans la ligne de fabrication des tubes, basé sur l'analyse de l'historique et les recommandations des industriels, ainsi qu'une étude technologique approfondie a été effectuée pour détailler le système choisi et en parallèle les méthodes de diagnostic appropriées ont été sélectionnées d'avantage pour déterminer l'état actuel de la machine ainsi que son fonctionnement dans le but d'améliorer la fiabilité par l'application une maintenance curative. L'objectif est de proposer des solutions technico-économiques les plus efficaces afin d'améliorer la disponibilité du système étudié et d'avoir assuré la production continue, zéro panne de la ligne qui fait l'objet de notre étude.

Pour mieux le présenter, notre mémoire est organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre comporte une brève présentation de l'entreprise (capital, organigramme... etc.).
- Le deuxième chapitre présente les méthodes expérimentales (Pareto et Modèle Weibull) et une étude technologique de l'équipement de notre étude qui est la machine de soudage ATIS.
- Le troisième chapitre est et mise en place de la maintenance curative par l'interprétation des résultats obtenus ainsi que l'application des outils Arbre de Défaillance et diagramme causes-effets (ISHIKAWA) dans le but de connaître l'état de

fonctionnement de notre matériel et les actions à engager pour augmenter la fiabilité de notre système.

- Le mémoire est terminé par une conclusion et des solutions et des perspectives technico-économiques.

*Chapitre I*  
*Généralité sur la*  
*maintenance*

# Chapitre I

## Généralité sur la maintenance

### I.1 Définition de la maintenance

D'après l'Afnor (FD X 60-000), « la maintenance est l'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 » [12].

Notons que les actions de maintenance ne sont pas seulement techniques : l'action technique est encadrée, pilotée par des actions de gestion (économie et administration) et de management, ce qui implique une large polyvalence [7].

### I.2 Historique et évolution de la maintenance

1. Le terme "maintenance" a son origine dans le vocabulaire militaire, dans le sens maintien dans des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant. Il est évident que les unités qui nous intéressent ici sont les unités de production, et le combat est avant tout économique.

L'apparition du terme "maintenance" dans l'industrie a eu lieu vers 1950 aux USA. En France, il se superpose progressivement à "l'entretien".

2. Entretien ou Maintenance ?

- Entretien c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production. Entretien c'est subir.
- Maintenir c'est choisir des moyens de prévenir, de corriger ou de rénover le matériel, suivant sa criticité économique afin d'optimiser le coût global de possession. Maintenir c'est maîtriser [1].

### I.3 Les objectifs de la maintenance (Norme FD X 60-000)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- La disponibilité et la durée de vie du bien ;
- La sécurité des hommes et des biens ;
- La qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- L'optimisation des coûts de maintenance ;
- etc.

## **I.4 La stratégie de maintenance (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000)**

La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- Organiser les équipes de maintenance ;
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- Étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.

## **I.5 Management de la maintenance**

Le management de la maintenance est à la charge d'une (ou plusieurs) personne(s) désignée(s) dont les responsabilités et autorité doivent être définies.

Le rôle de la (ou des) personne(s) en charge du management de la maintenance consiste à piloter toutes les actions qui concourent à atteindre aux meilleures conditions techniques et économiques, les buts et objectifs qui lui sont définis par la Direction en matière de : coûts, qualité, sureté de fonctionnement (FMD : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité), sécurité, environnement, etc. Le management de la maintenance nécessite la mise en œuvre d'une communication, basée sur des échanges d'informations avec toutes les autres fonctions de l'entreprise.

Ces informations peuvent être par exemple : des tableaux de bord et suivi d'indicateurs, des comptes rendus et rapports, des recommandations sur les conséquences des choix industriels.  
Politique de maintenance

## **I.6 Politique de maintenance**

La politique de maintenance consiste à fixer les orientations (m'méthode, programme, budget, etc.), dans le cadre des buts et objectifs fixés par la Direction de l'entreprise. Dans le cadre de l'optimisation des coûts de production, et selon la politique retenue, les orientations privilégient :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance ;
- etc.



Elle fait adapter les méthodes de travail suivant que l'arrêt du bien à maintenir ne concerne que lui (cas d'un bien autonome ou d'un bien appartenant à une ligne de production continue, mais qui a été doublé pour des questions de disponibilité et/ou de sécurité), ou au contraire, qu'il entraînera l'arrêt de toute une ligne de production.

La politique de maintenance conduit en particulier, à faire des choix entre :

### **I.6.1 Maintenance préventive**

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinés à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien, elle est subdivisée en :

#### **Maintenance conditionnelle**

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

**NOTE** La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue.

#### **Maintenance prévisionnelle**

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

#### **Maintenance systématique**

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.

### **I.6.2 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. Elle comprend en particulier :

- le diagnostic de la défaillance (détection, localisation, analyse) ;
- l'action corrective ou palliative immédiate (fonction requise totale ou marche dégradée) ;
- l'action corrective différée avec ou sans amélioration ;
- un essai de fonctionnement.

### **I.6.3 Maintenance corrective «palliative»**

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise.

Appelée couramment «dépannage», la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

### **Maintenance corrective «curative»**

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

Le résultat des actions réalisées doit présenter un caractère permanent.

Des modifications et améliorations peuvent être apportées, afin de réduire l'occurrence d'apparition de la défaillance ou d'en limiter l'incidence [12].

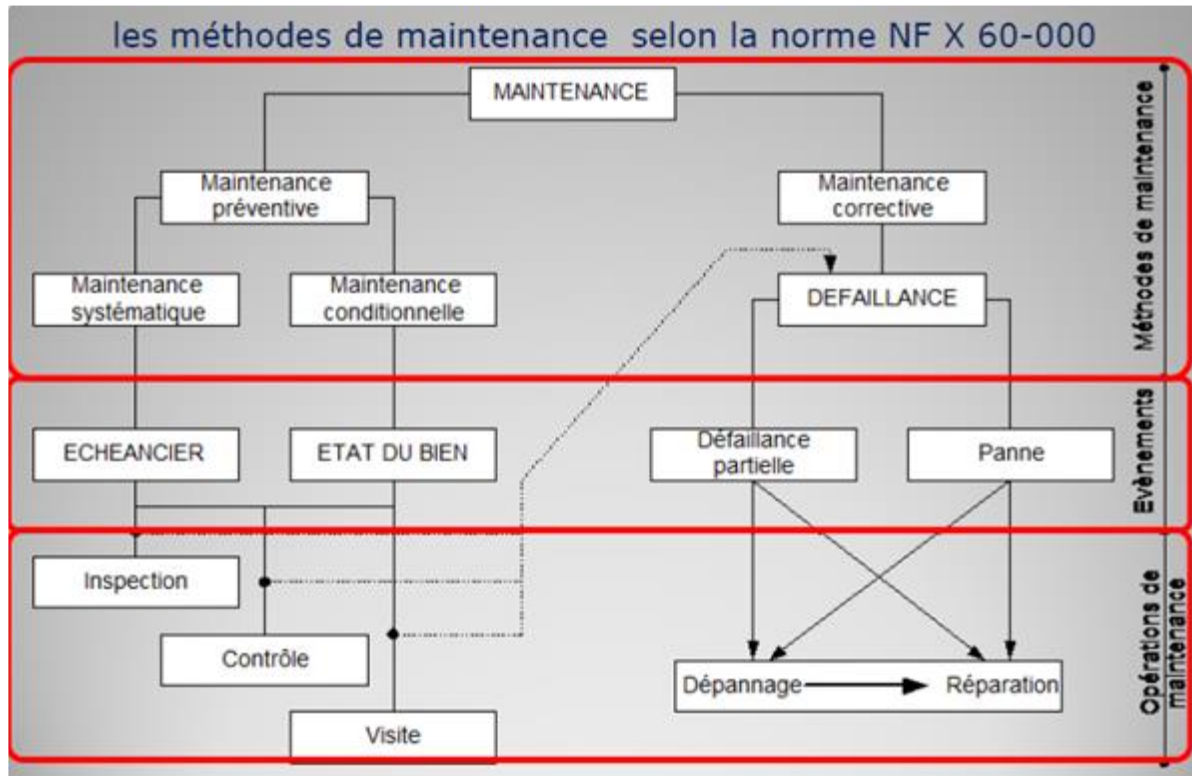


Figure I.1 - Les méthodes de maintenance selon la Norme FN X 60-000 .

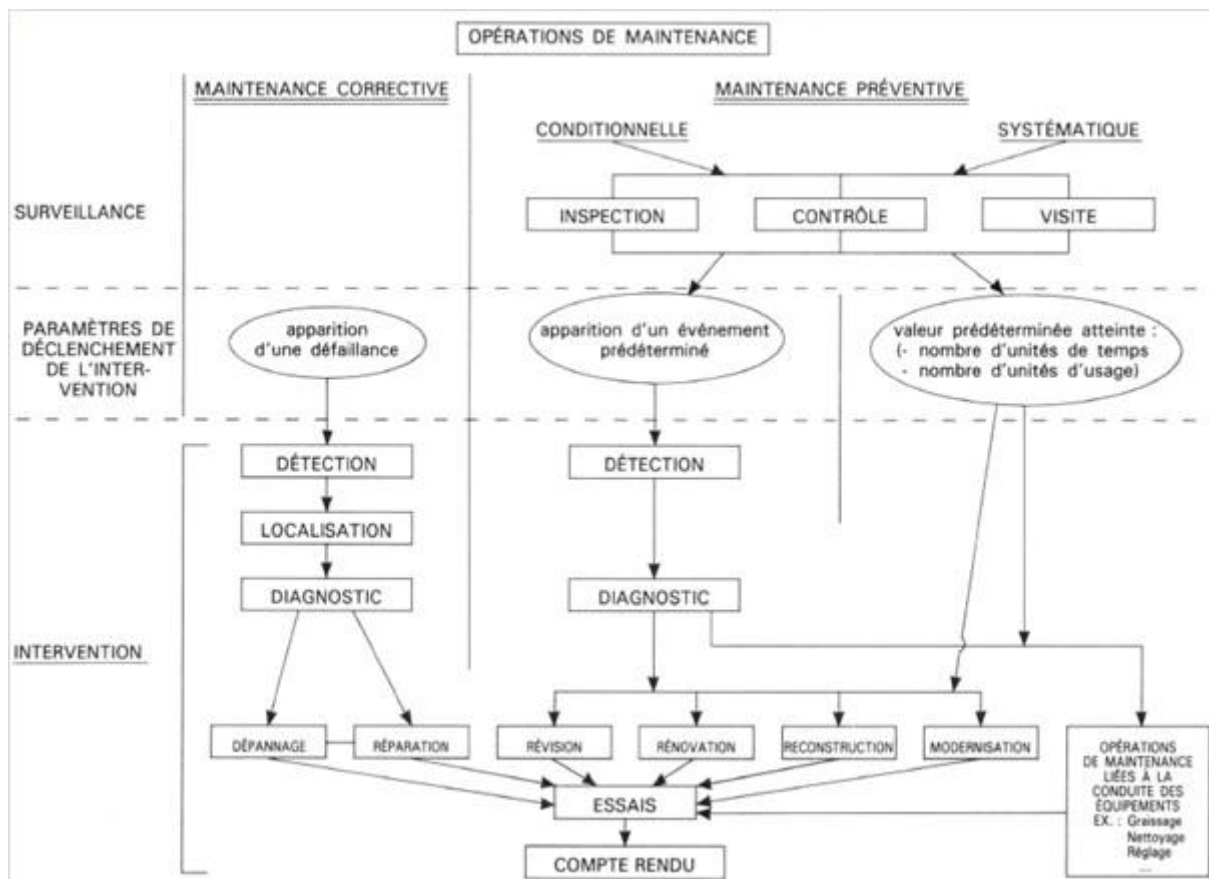


Figure I.2 - Opération de maintenance.

### I.7 Les niveaux de maintenance

D'après la norme NF X 60-010, les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. A chaque niveau de maintenance, il y a une part d'interventions curatives et une part d'actions préventives. Ces différents niveaux sont définis dans le tableau I.1 [15].

Niveaux	Activités
1 <sup>er</sup> Niveau	Réglages simples, petit entretien, graissage . . . Peut être effectué par l'exploiteur du bien.
2 <sup>e</sup> Niveau	Echange standard, remplacement des filtres, vidange . . . Peut être effectué par un technicien habilité.
3 <sup>e</sup> Niveau	Diagnostic, réparation, réglages des jeux, contrôle du démarreur . . . Peut être effectué par un technicien spécialisé.

4 <sup>e</sup> Niveau	Travaux de maintenance préventive ou corrective, révision, rectification. Peut être effectué par une équipe comprenant un encadreur très spécialisé.
5 <sup>e</sup> Niveau	Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes. Effectuées par le constructeur.

Tableau I.1 – Les différents niveaux de la maintenance .

## I.8 Echelons de maintenance

Il est important de ne pas confondre les niveaux de maintenance avec la notion d'échelon de maintenance qui spécifie l'endroit où les interventions sont effectuées. On définit généralement trois échelons qui sont :

- **La maintenance sur site** : l'intervention est directement réalisée sur le matériel en place ;
- **La maintenance en atelier** : le matériel à réparer est transporté dans un endroit, sur site, approprié à l'intervention ;
- **La maintenance chez le constructeur ou une société spécialisée** : le matériel est alors transporté pour que soient effectuées les opérations nécessitant des moyens spécifiques.

## I.9 Sûreté de fonctionnement

Ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité et les facteurs qui la conditionnent : fiabilité, maintenabilité, et logistique de maintenance. (Norme NF EN 13306)

### I.9.1 Disponibilité

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée. (Norme NF EN 13306)

La disponibilité se calcule par la formule suivante :

$$\text{Disponibilité} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

### 1.9.2 Fiabilité

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné (norme NF EN 13306).

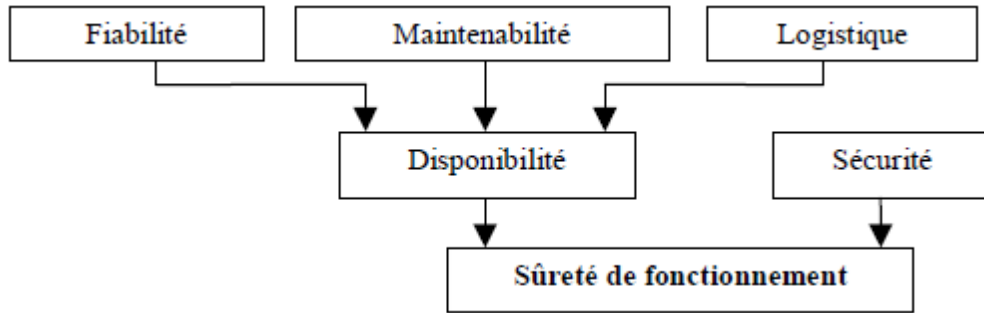


Figure I.3 - Sûreté de fonctionnement

### 1.9.3 Maintenabilité

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. (Norme NF EN 13306).

### 1.9.4 Logistique de maintenance

Ressources, services, et moyens de gestion nécessaire à l'exécution de la maintenance. (Norme NF EN 13306)

## I.10 Maintenance et «outils» spécifiques

Selon la décomposition fonctionnelle du processus maintenance la fonction maintenance se compose d'activités techniques d'étude et de réalisation, d'activités d'organisation et d'administration et d'activités de management.

Chacune d'entre elles a ses outils spécifiques (techniques et/ou méthodologiques). On peut ainsi distinguer :

- Des outillages très diversifiés qui sont utilisés par la fonction réalisation (collecteurs de données, outils d'analyse, outils d'intervention manuels, etc.) ou par la fonction magasinage (lecteurs de codes-barres, robots, etc.) ;
- Des outils méthodologiques pour les études. On peut citer notamment :
  - Les méthodes d'analyse de fonctionnement pour obtenir une décomposition fonctionnelle des systèmes ;
  - Les méthodes d'analyse de dysfonctionnement (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et de leur Criticité (AMDEC), arbre des défaillances, etc.) qui permettent d'établir les chaînes causales des défaillances en vue d'améliorer la fiabilité ou la maintenabilité opérationnelle des biens en fonction de leur impact sur les objectifs globaux de l'installation ;
  - Les méthodes d'aide au choix d'alternatives de maintenance (arbre de maintenance, Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF), . . . ) ;
  - Des méthodes pour déterminer les moyens logistiques requis (Analyse du Soutien Logistique (ASL). . . )

- Des outils d'organisation et de gestion pour gérer les ordres de travaux, planifier les interventions, gérer les matières en stock, suivre le processus d'approvisionnement, collecter le retour d'expérience, etc. (systèmes de GMAO) ;
- Des outils de management pour calculer des indicateurs et aider la prise de décision [15].

***Chapitre II***  
***Présentation de***  
***l'entreprise***

## ***Chapitre II***

### ***Présentation de l'entreprise***

#### **II.1 Description de l'unité**

L'unité ALTUMET est une filiale de l'entreprise mère EPE ANABIB SPA d'un capital social de 10.630.280.000,00 DA est spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des tubes en acier soudés spirales, ainsi que la prestation de revêtement pour les tubes en acier, destinés essentiellement aux secteurs des hydrocarbures et de l'hydraulique.

Les clients de l'unité sont principalement les donneurs d'ordre potentiels comme SONATRACH, NAFTAL, SONELGA..etc. aussi de quelques particuliers (petite et moyenne entreprise privées).

L'entreprise est certifiée par API 5L PSL2 et ISO 9001, ce qui lui permet de produire des tubes soudés de nuances d'aciers au carbone jusqu'au grade X70, destinés au marché de transport des hydrocarbures national ou international..

Les concurrents de l'unité nationale : ALFAPIPES, unités Ghardaïa et Annaba, Privés : ETRHB HADDAD SPA, MAGHREB TUBES SPA.

L'unité ALTUMET est implantée à la route de la gare B.P.131, en zone industrielle de Reghaia à proximité de la route n° 5, à 25 Km Wilaya d'Alger- Algérie. Elle bénéficie d'avantage de la voie ferrée. De plus la proximité du port d'Alger, qui facilite d'une part, l'approvisionnement en matière et la pièce de rechange et l'autre part pour la livraison de son produit.

La superficie totale de l'entreprise est de 32785 m<sup>2</sup>.

\* La superficie couverte : 15200m<sup>2</sup> par

\* La superficie non couverte : 17585m<sup>2</sup>.





Figure II.1 – Situation géographique de l'unité .

## II.2 Organigramme générale

L'organigramme d'ALTUMET est présenté sur la figure I.2. L'unité est composée de quatre sous directions, chacune est subdivisée en des départements et des services [2].

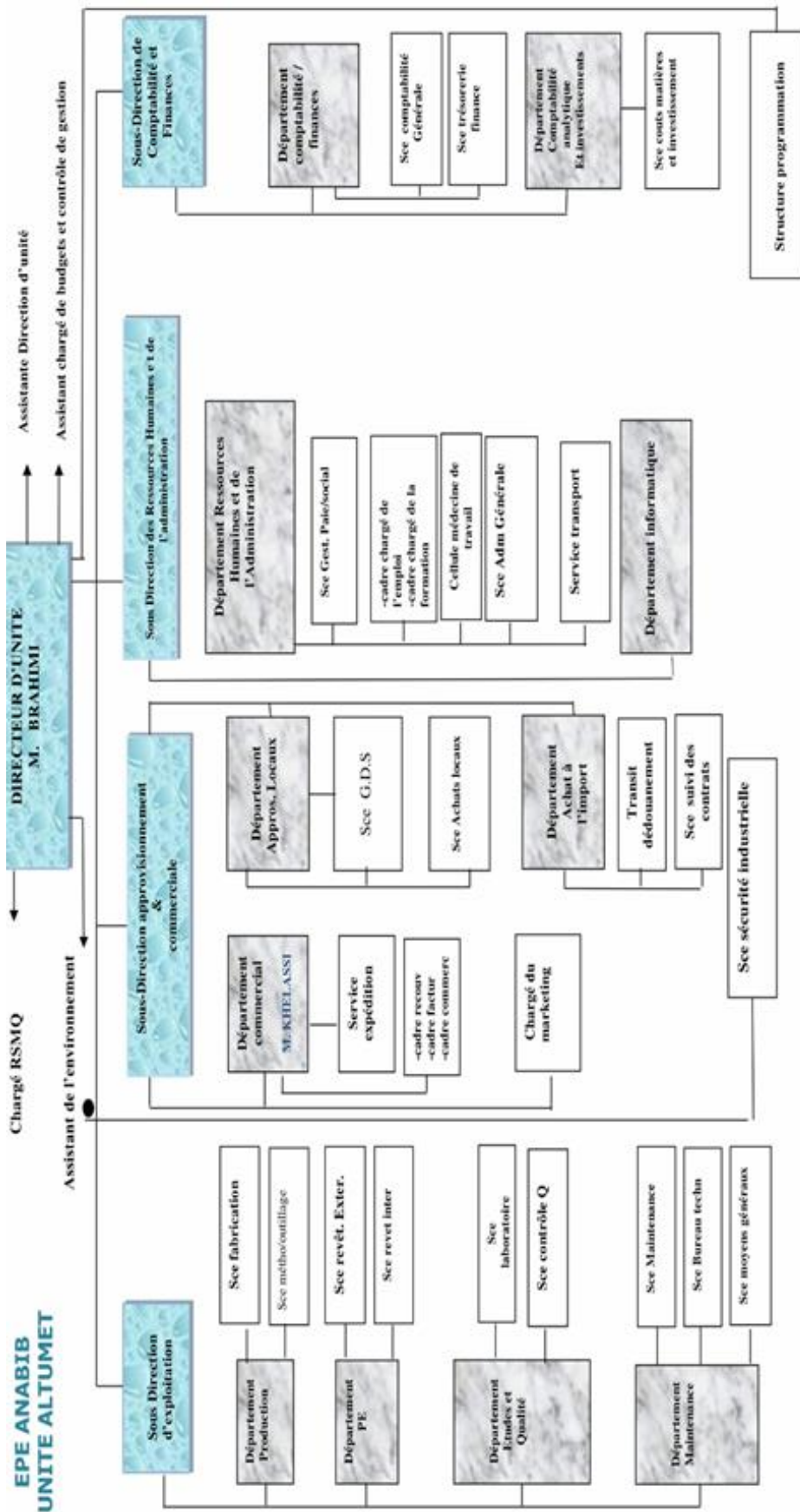


Figure II.2 - Organigramme de l'entreprise.

### **II.3 Domaine d'activité**

Les tubes d'ALTUMET sont destinés au transport d'eau potable, du gaz, du pétrole et de tous autres fluides.

Ils sont aussi utilisés dans la construction métallique (support de construction, pieux battus pour fondation ou forage, support d'éclairage).

- Fabrication des tubes soudés spirales à partir de feuillets en acier dont le diamètre est compris entre 8 et 32 pouces respectivement de 219,1 mm à 914 mm et de 3,5 mm à 15,9 mm d'épaisseurs, livrés nus ou revêtus.
- Prestation de revêtement pour les tubes en acier.

### **II.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté brièvement l'entreprise ALTUMET unité de ANABIB ou nous avons eu l'occasion d'effectuer notre stage de fin d'étude, tout en visitant ses différentes sous-directions et ses départements. L'atelier de production et d'autres ateliers (soudage, réparation et usinage, etc. ).

*Chapitre III*  
*Les méthodes*  
*expérimentales utilisées*

## ***Chapitre III***

### ***Les méthodes expérimentales utilisées***

#### **III.1 Introduction**

Il existe dans l'atelier plusieurs installations, de revêtement extérieur et intérieur, chanfreineuse, des machines de contrôle non destructif et des laboratoires de contrôle destructif ainsi que des zones réparations des tubes non conformes (défectueux). L'entreprise est dotée aussi d'une ligne de fabrication des tubes en spirales. L'étude technologique prévoit de comprendre le mécanisme des différentes parties de la machine soient mécaniques, électriques ou bien pneumatique ainsi que le fonctionnement et les étapes de fabrication du tube de matières premières jusqu'au produit fini. Nous avons par la décortication de cette ligne de production, en schématisant son processus de fabrication pour un meilleur choix de système, puis nous avons appliqué la méthode d'analyse de fiabilité qui nous permet de connaître l'état de fonctionnement de système déjà choisi.

#### **III.2 PID de processus de fabrication des tubes**

La figure III.1 présente la succession des étapes de fabrication d'un tube soudé spirale et revêtu. A chaque étape de leur fabrication, les tubes subissent des mesures de contrôle qualité exigé par l'API et ISO 9001 [16].

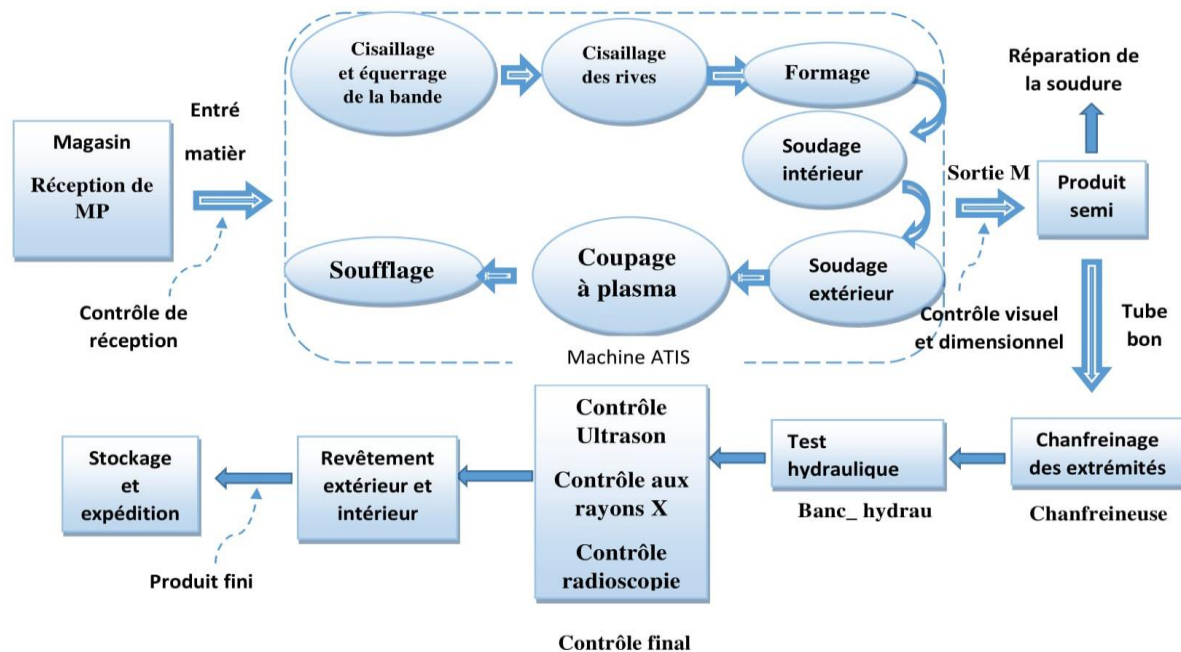


Figure III.1 – Processus de fabrication des tubes selon API 5L NF EN 10224 45<sup>e</sup> édition.

### III.3 Choix du système

Notre système d'étude est l'équipement le plus stratégique de la ligne de fabrication des tubes et qui présente le plus d'interventions de maintenance qui est la machine de soudage ATIS. Pour prendre une décision, on précède par la méthode Pareto.

#### Collecte des données et plan de travail

Avant de commencer notre étude, on a reconnu des difficultés et des problèmes concernant la disponibilité de la documentation, des données et leur mise à jour de la période entre Janvier 2018 et Décembre 2019. On a trouvé un historique incomplet et non fiable, pour cela on a réalisé un nouvel historique tout en exploitant toutes les DI, le plan de maintenance préventive et les documents internes de service programmation, à l'aide d'un système expert.

Nous avons adopté le plan de travail suivant :

- Etude de l'Etat de la machine par une étude de fiabilité
- Constat : pour localiser les éléments critiques, effectuer une modélisation fonctionnelle de la machine sous forme ADD afin de visualiser les éléments critiques.
- Recherche des causes : Ishikawa (Elément critique  $\Rightarrow$  causes (5M))
- Proposition des solutions techniques
- Optimisation (estimation des couts)

#### III.3.1 Etude Pareto

Comme une démarche pour notre étude et afin de faciliter la prise d'une décision sur le choix de système on a appliqué la méthode Pareto sur toute la ligne de fabrication par la classification

des installations de la ligne selon le nombre des pannes, ci-dessous à partir des données analysées dans l'historique des pannes durant les deux années (2018-2019).

Installations	Nombre des pannes	Fréquence	Cumule
ATIS	77	32%	32%
PE	70	29%	61%
SP1200	53	22%	83%
Banc hydrau	38	16%	98%
Lameuse	4	2%	100%
Total	242	100%	

Tableau III.1 – Classement des installations par fréquence des pannes.

A partir du tableau ci-dessus, on a obtenu le graphe suivant :

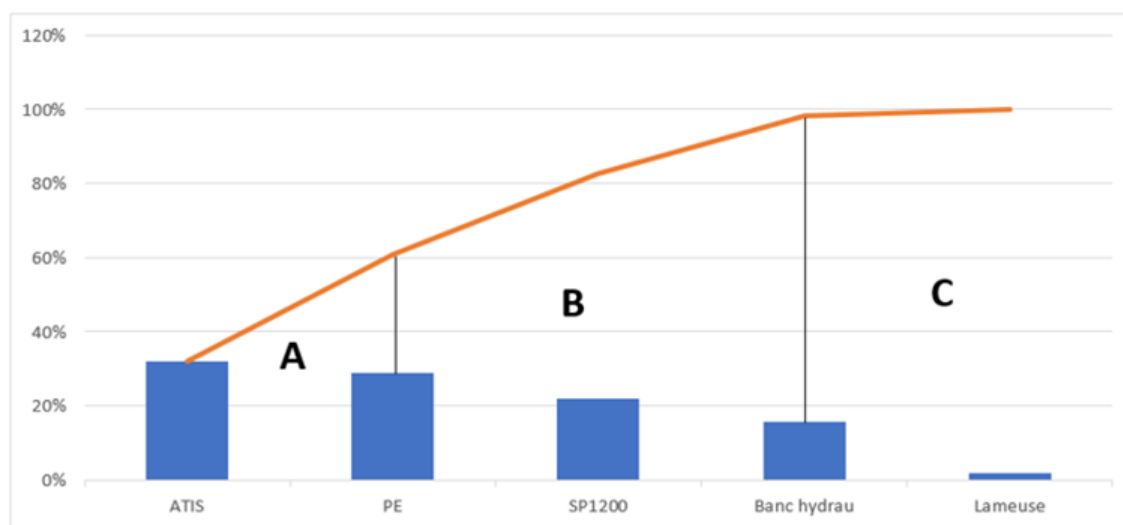


Figure III.2 - Diagramme de Pareto.

### Interprétation des résultats

D'après la courbe ABC obtenue, on remarque que la machine ATIS représente 60% des pannes qui subies l'arrêt de la production, elle affecte considérablement son fonctionnement.

On va choisir la machine ATIS, qui fait l'objet d'une analyse prioritaire représentante dans la zone A de la courbe ABC.

On remarque aussi que la ligne de revêtement, le banc hydrau et la machine SP1200 représentent 38% des pannes subies l'arrêt de la production, ces dernières ont une faible influence, donc on ne va pas se baser sur elles.

2% des pannes restées sont représentée par les arrêts de la machine Lameuse .

Cet élément peut être néglige, car elle n'a aucune influence sur la production.

### III.4 Description du système choisi

La machine ATIS de soudage à l'arc est la plus stratégique et la production repose sur elle à 100 %, elle présente une difficulté technologique élevée vue les différentes parties qu'elle comporte (mécaniques, électriques et hydrauliques). Le secteur de fabrication de pipes liées au secteur d'hydrocarbure qui est le pilier de l'économie du pays. Il est très important de maîtriser la technologie de soudage pour fabriquer un tube de qualité API5L 45<sup>e</sup> édition.

La machine ATIS (N/LAT) est fabriquée par le groupe allemand « ATIS GMBH », a été mise en service en 2007, pour répondre aux nouveaux besoins de l'entreprise ALTULMET vis-à-vis de l'élargissement de la gamme de produit en tubes et surtout de répondre aux exigences de sa clientèle (SONATRACH). Le pilotage de la machine ATIS repose sur des automates programmables et commandes numériques [5].

Fournisseur	Marque	Adresse	Mise en service	Longueur	Largeur	Hauteur	L'angle	Pression de régime de fonctionnement système hydraulique	Pression de régime de fonctionnement l'air comprimé
IMGE WER-BEGE BIET8	ATIS GMBH	88693 Deggen Hauerstall Allemagne	2007	47170 mm	8730 mm	4523 mm	80	210 bars	10 bars

Tableau III.2 – Les spécifications techniques [7].

### III.5 Principe de fonctionnement de la machine

A l'aide du chariot porte bobine, les bobines sont placées dans la machine ATIS, elles seront déroulées, tirées, aplatis et échauffés.

La tôle est entraînée par des rouleaux pousseurs, dans ce trajet subi l'étape de fraisage pour nettoyer ces rives de bande de la rouille et la poussière, ainsi que le brossage pour enlever les bavures de rives et préparer la tôle. Ensuite, la tôle continue son parcours vers la cage de formage ou les tubes prendront leurs formes, puis ils passeront par le procédé de soudage intérieur et extérieur en utilisant le fil de soudage et flux de soudure (cette dernière est une matière qui étouffe le point de soudure et empêche la création d'une flamme et les bulles d'air à l'intérieur du cordon de soudure).





Figure III.3 – Aspect de la machine ATIS.

Après une certaine longueur (exigé par le client) les tubes seront coupés (max=12m) soit par la méthode appelée « **oxycoupage** » (traditionnelle) ou « **coupage à plasma** » [8].



Figure III.4 – Opération de découpage des tubes.

### III.5.1 Les composants de la machine

L'ensemble de l'installation de soudage des tubes en spirale est composé de nombreux composants et grâce à la corrélation entre ces derniers, il est possible de fabriquer des tubes en spirale soudés. Le tableau E.1 présente les différents composants de la machine ATIS ; le numéro du composant est mentionné sur le plan de la machine. Certains de ces composants sont des plus primordiaux pour assurer un bon fonctionnement de la machine et en vue de leurs importances vitales il ne faut certes pas les négligés [5].

#### Ensemble de l'installation

Le schéma ci-dessous présente les sous-groupes de l'ensemble de l'installation.

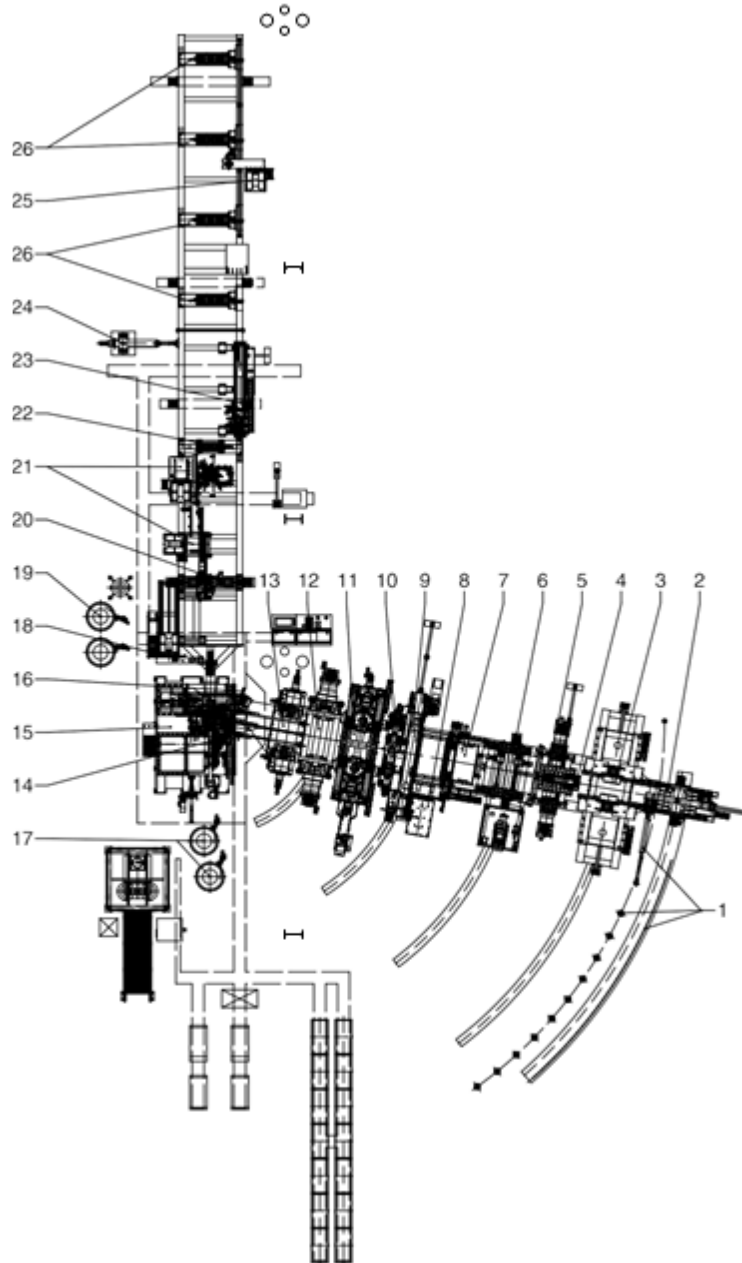


Figure III.5 -Ensemble de l'installation de la machine. [5]

1. Ajustage de l'angle de formage	14. Guidage vertical de la bande
2. Chariot porte-bobine	15. Station de formage
3. Support de bobine	16. Station de soudage intérieur
4. Ouvreur de bobine	17. Cordon de soudure intérieur
5. Commande auxiliaire et unité de mesure1	18. Station de soudage extérieur
6. Planeuse	19. Cordon de soudure extérieur
7. Serrage mobile de la bande	20. Lunette
8. Table de fin de bande	21. Machines test par ultrasons
9. Serrage fixe, station de découpage, de fraisage, de soudage transversal et unité de mesure2	22. Système de support des tubes

10. Guidage horizontal de la bande	23. Unité de découpage des tubes
11. Station de fraisage des bords de la bande et convoyeur à copeaux	24. Dispositif de contrôle de l'écartement entre les bords de soudure
12. Commande principale	25. Dispositif de rotation des tubes
13. Cintreuse	26. Descendeur de tubes

Tableau III.3 – Différents Composants de la machine ATIS.

La machine ATIS comprend quatre parties :

**La partie électrique** : elle assure l'alimentation en énergie de l'ensemble de l'installation et présente la majeure partie de la machine. C'est la partie la plus importante qui comprend des risques de dysfonctionnement au niveau des armoires électriques ou de ses quatre groupes électrogènes.

**La partie mécanique** : tout l'ensemble de fabrication repose sur cette partie. Elle comprend la majeure partie des composants de cette machine répartie en différentes stations de fabrication tels que la station de formage, la station de soudage, le fraisage transversal et la station de découpage plasma.

**La partie hydraulique/pneumatique** : elle se compose des différents raccords, vérins de guidage et la robinetterie. Ses composants sont mis en œuvre pour supporter la charge totale de la bobine lors de la fabrication des tubes.

**La partie automate** : c'est la partie qui s'occupe de la fonctionnalité de soudage en automatique, répartie sur les différents pupitres de commande qui sont reliés dans une chambre principale [5].

### Les gammes de production de la machine

ATIS produit une gamme spécifique de tube présenté dans le tableau III.3.

Type de Machine	Largeur de Bande	Diamètre Fabriqué	Acier Utilisé (NUANCE)
ATIS	$400 \leq L \leq 1250$	$406 \leq \varnothing \leq 914$	A 37 - X 42- X52-X70

Tableau III.4 – Gamme de fabrication de l'ATIS.

### III.6 L'état actuel de la machine

Pour bien maintenir et garantir le bon fonctionnement de la machine, on va étudier l'état actuel de la machine en se basant sur les résultats de l'étude de fiabilité par le modelé de weibull.

### III.6.1 L'approche weibull

C'est une loi de fiabilité à 3 paramètres (la description de ces paramètres se trouve dans le tableau F.1) qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse).

La loi de Weibull est un modèle couramment employé pour modéliser la durée de vie d'un matériel. Cela permet de déterminer par exemple les périodes de maintenance préventive systématique. La loi de Weibull est très souple d'utilisation, ce qui permet d'ajuster à un grand nombre d'échantillons prélevés au long de la vie d'un équipement elle couvre les cas de taux de défaillance variable, décroissants (périodes de jeunesse), croissants (période de vieillesse).

Elle permet d'ailleurs à partir des résultats obtenus de déterminer dans quelle période de sa vie se trouve le système étudié.

Pour cela et à partir des données d'historique et le cycle de travail de la machine durant l'année 2019. On a évalué le temps de bon fonctionnement TBF de notre machine.

#### L'équation de taux de défaillance $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{T-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} \quad (\text{III.1})$$

#### Equation de la fonction la fiabilité

$$R(t) = \exp - \left(\frac{T-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} \quad (\text{III.2})$$

#### Equation de fonction de répartition

$$F(T) = 1 - \exp - \left(\frac{T-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} \quad (\text{III.3})$$

#### Equation de MTBF

$$MTBF = A * \eta + \gamma \quad (\text{III.4})$$

### III.6.2 Méthodologie de weibull

1. consulter les historiques de pannes et dresser la liste des temps de bon fonctionnement entre deux défaillances.
2. classer ces temps par ordre croissant.
3. cumuler le nombre de défaillances (Rang) au premier temps il y a 1 avarie au deuxième temps il y en a 2, etc..
4. calculer les fréquences des avaries  $F(i)$  en fonction de la taille  $N$  de l'échantillon.

$N \leq 20$	$N > 20$ et $N < 50$	$N \geq 50$
Méthode des rangs médians	Formule des rangs moyens	Groupement par classes
$F(i) = \frac{i-0.3}{N+0.4}$	$F(i) = \frac{i}{N+1}$	Nombre de classes : $k$ (Huntsberger) avec $XM = TBF_{maxi}$ , $XM = TBF_{mini}$ . $F(i)$ est alors calculer pour la limite supérieure de chacune des classes en utilisant les rangs moyens)

Tableau III.5 – Calcul de  $F(i)$  en fonction de la taille de  $N$ .

5. reporter les points ainsi trouvé sur le papier de Weibull en plaçant les TBF en abscisse et  $F(i)$  en ordonnée.
6. tracer la droite passant au mieux par les points obtenus .Si les points sont alignés sur une droite on a  $\gamma = 0$
7. détermination des paramètres  $\beta$  et  $\eta$  :
  - Le paramètre  $\eta$  est obtenu par l'intersection de la droite tracée avec l'axe  $\eta$  lue sur ce dernier axe .l'échelle utilisée pour la lecture devra être la même que celle choisie pour l'axe de  $t$
  - Le paramètre  $\beta$  est obtenu en traçant une parallèle à la droite précédente et passant par la valeur 1 de l'axe des  $\eta$  .La valeur de  $\beta$  se lit sur l'axe des  $\beta$ , à l'intersection avec la droite parallèle tracée ci-dessus
8. calcul de MTBF
9. Exploitation des données issues de la loi [11].

### III.6.3 Etude de la fiabilité de la machine

À partir de l'analyse de l'historique 2018 de la machine ATIS, il existe un échantillon de taille égale à 37, suivant la méthodologie, le calcul de fiabilité est comme suit :

#### Calcul de $F(i)$

Puisque la taille de  $N$  est entre 20 et 50 on utilise pour le calcul de  $F(i)$  **la méthode des rangs moyens.**

Rang (i)	TBF (i)	F(i) en %
1	7	3%
2	12	5%
3	13,5	8%
4	14	11%
5	14,5	13%
6	22,5	16%
7	22,5	18%
8	26	21%
9	28,5	24%
10	29,5	26%
11	31	29%
12	34,5	32%
13	38	34%
14	43	37%
15	43,5	39%
16	45	42%
17	46,5	45%
18	48	47%
19	49,5	50%
20	52,5	53%
21	57,5	55%
22	59,5	58%
23	65	61%
24	69,5	63%
25	70	66%
26	75,5	68%
27	94	71%
28	102	74%
29	111,5	76%
30	115,5	79%
31	117	82%
32	124,5	84%
33	154	87%
34	256	89%
35	297	92%
36	382	95%
37	423,5	97%

Tableau III.6 – calcul de F(i) en fonction de la taille de N.

## Papier weibull

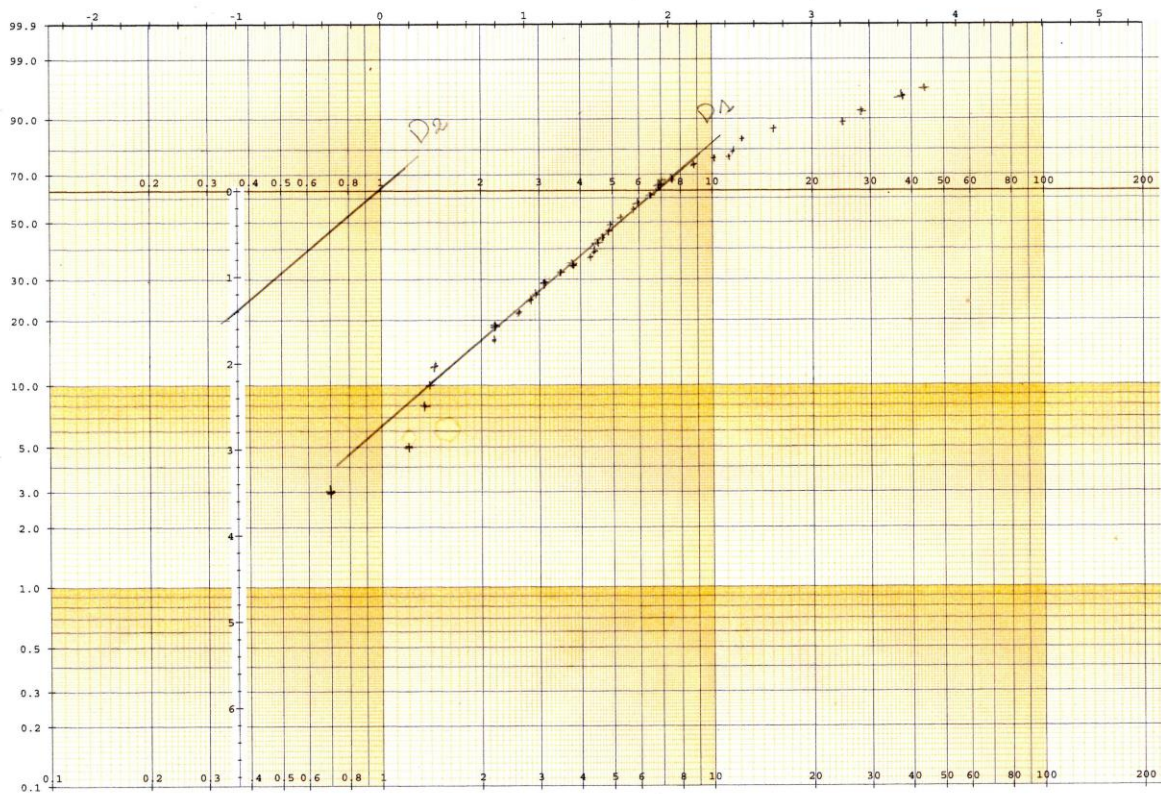


Figure III.6 –Papier weibull

### III.6.3.1 Détermination des paramètres de weibull

Après avoir représenté le nuage des points (TBF,  $F(i)$ ) sur le papier WEIBULL, on a tracé la droite D1. On constate que :

- La courbe résultante est une droite  $\gamma = 0$ .
- La droite D1 coupe l'axe des abscisses A en :  $\eta = 68$
- La droite D2 qui est en parallèle avec la droit D1, coupe l'axe  $\beta$  en : 1.4 ou  $\eta = 1$ , c'est la valeur du paramètre de forme, on a alors  $A = 0.9114$

Alors, les paramètres de WEIBULL obtenus sont :

$\gamma$	$\eta$	$\beta$
0	68	1.4

Tableau III.7 – Paramètre de WEIBULL.

### Calcul de la MTBF

En se basant sur la loi de WEIBULL

$$MTBF = A * \eta + \gamma = 0.9114 * 68 + 0 = 61.9752h. \quad (III.5)$$

( avec  $\lambda = 68h$  et  $\gamma=0$ , A est obtenu à partir du  $\beta$  et le tableau F.11).

D'après l'historique la **MTBF** analytique égale :

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N} = \frac{3195.5}{37} = 86.36h. \quad (III.6)$$

### Recherche de la fiabilité

$$R(MTBF) = \exp - \left( \frac{MTBF-\gamma}{\eta} \right)^\beta = \left( \exp - \left( \frac{61.9752h}{68} \right)^{1.4} \right) * 100 = 41.55\% \quad (III.7)$$

### La fonction de répartition F(t)

$$F(MTBF) = 1 - R(MTBF) = 58.44\% \quad (II.8)$$

### Taux de défaillance :

$$\lambda(MTBF) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{MTBF-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} = \left( \frac{1.4}{68} \left( \frac{61.9752}{68} \right)^{1.4-1} \right) = 0.01927 \quad (III.9)$$

### Calcul de la maintenabilité (MTTR)

Le facteur de maintenabilité s'obtient comme suit :

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} = \frac{176}{37} = 4.75h. \quad (III.10)$$

Donc la disponibilité de la machine est de :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} + 94.78\% \quad (III.11)$$

MTBF (h)	R(MTBF) %	F(MTBF) %	$\lambda(MTBF)$	MTBF (h)Analytique	MTTR(h)	D%
61,9752	41.55	58.44	0.01927	86.36	4.75	94.78

Tableau III.8 – Paramètre de fiabilité.



### Interprétation des résultats

Le résultat du calcul de la disponibilité D montre que durant l'année 2018, la machine ATIS a eu une disponibilité de 94.78% pour une moyenne de bon fonctionnement égale à 86.36 heures.

La fiabilité pour cette machine représente 41.55%, ce qui signifie que l'échantillon choisit a fonctionné sans défaillance 41.55 sur 100 durant cette même moyenne de temps de bon fonctionnement. La probabilité d'apparition des pannes égales à 58.44% ce qui signifie qu'il y a eu 58.44 sur 100 pour qu'il tombe en panne pendant la même période.

Période de vieillesse  $\Leftrightarrow$  41.55% de fiabilité Le manque de fiabilité malgré la période de jeunesse de la machine est dû au non-respect du régime de fonctionnement ainsi que certain problème d'ordre humain tel que ...

### III.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une étude technologique sur la ligne de fabrication ou on a appliqué l'analyse ABC pour prendre une décision concernant le choix de système. A l'aide d'une analyse de fiabilité on a pu savoir l'état de la machine en se basant sur la loi de Weibull.

*Chapitre IV*  
*L'amélioration de la*  
*fiabilité*

## Chapitre IV

### L'amélioration de la fiabilité

Le choix de la politique de maintenance à améliorer est basé sur deux critères : une fiabilité défavorable ainsi que les techniciens (électriques, mécaniques, hydrauliques...) maîtrises la maintenance corrective mieux que la maintenance préventive et pour bénéficier de ces deux critères il est préférable de mettre en place une maintenance corrective.

Afin de bien comprendre les défaillances de la machine et son mécanisme interne on parvient à diagnostiquer son état pour trouver tous les organes critiques qui peuvent causer l'arrêt de la machine et pour effet le retard dans la production.

#### IV.1 Diagnostic

Pour bien diagnostiquer et de localiser les organes défectueux (critiques) on procède par une étude comparative entre les données de l'historique et l'avis de l'expert.

##### IV.1.1 Le système expert

###### IV.1.1.1 La définition du système expert

L'expert est une personne (il peut être un système informatique) qui, en plus de posséder une connaissance théorique d'un domaine délimité de savoir, a acquis une connaissance pratique, avancée et reconnue par ses pairs du domaine. Par son expérience, l'expert est censé avoir acquis des habiletés particulières lui permettant de réaliser notamment des avis d'expertise.

###### IV.1.1.2 Les qualités de l'expert

On attend généralement d'un expert plusieurs qualités :

- Posséder une connaissance qui ne soit pas surpassée par celle du savant. Avoir la capacité du fait de son expérience et d'une intégration de savoirs variés, d'exprimer des jugements pertinents (sagacité).
- Se révéler apte à communiquer et à participer à des débats ouverts avec des décideurs et des non-experts.
- Honnêteté, indépendance et compétence [20].

##### IV.1.2 Données de l'historique

###### IV.1.2.1 Analyse de Pareto

Le diagramme de Pareto outil graphique d'analyse, de communication et de prise de décision très efficace. Ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de règle de « 20/80 » ou méthode ABC [6].

Le diagramme de Pareto est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique

l'importance relative des colonnes. La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20 % des causes produisent 80 % des effets, il suffit de travailler sur ces 20 % pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

#### IV.1.2.2 Principe

La méthode de Pareto est une méthode d'analyse qui permet de séparer les quelques problèmes essentiels des nombreux problèmes sans importance. Elle permet de choisir à qui ou à quoi s'intéresser en priorité en fonction d'un facteur déterminé.

Cette méthode sera de nombreuses fois utilisée en gestion de la qualité pour faire ressortir :

- Les quelques secteurs, défauts, produits ou procédés qui sont les plus coûteux.
- Les quelques causes ou défauts qui sont les plus fréquents.
- Les quelques personnes, poste ou machines qui occasionnent le plus de problème, etc.

#### IV.1.2.3 Construction du diagramme de Pareto

- Construction du diagramme : A partir des données recueillies, on définit les catégories, puis :
- On répartit les données dans les catégories ;
- Les catégories sont classées dans l'ordre décroissant, (tri dans Excel par exemple) ;
- Faire le total des données ;
- Calculer les pourcentages pour chaque catégorie : fréquence / total ;
- Calculer le pourcentage cumulé ;
- Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique ;
- Placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche ;
- Lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages cumulés [6].

Notre machine ATIS est composée de nombreux compartiments, il est nécessaire de localiser et trouver le ou bien les compartiments qui causent plus de pannes sur la machine, on va procéder une étude de loi Pareto.

Compartiment	Nombre des pannes	fréquence	cumule
mesurage bande	23	36,51%	36,51%
fraisage bande	13	20,63%	57,14%
serrage mobile	11	17,46%	74,60%
station soudage intérieur/extérieur	4	6,35%	80,95%
formage tubes	2	3,17%	84,13%
station de compresseur	2	3,17%	87,30%
compartiment rabotage	2	3,17%	90,48%
support bobine	2	3,17%	93,65%
système de recyclage de flux de soudeur	1	1,59%	95,24%
porte bobine	1	1,59%	96,83%
Découpage plasma	1	1,59%	98,41%

précintrage	1	1,59%	100,00%
Total	63	100 %	-

Tableau IV.1 – Récapitulatif des pannes.

A partir du tableau ci-dessus, on a obtenu le graphe suivant :

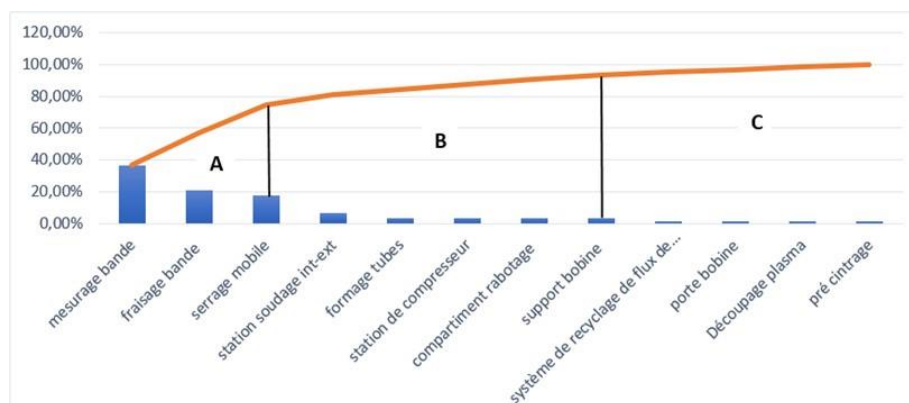


Figure IV.1 – Diagramme de Pareto.

### Interprétation des résultats

D'après la loi de Pareto, on remarque que les compartiments mesurage bande et fraisage bande ainsi que serrage mobile présentent 74.60 % des pannes subies par notre système, ils affectent considérablement son fonctionnement. Pour réduire le nombre de pannes, ces pièces doivent faire l'objet d'une analyse prioritaire.

On remarque aussi que les éléments suivants : la station soudage intérieur /extérieur et le formage tubes, station de compresseur, compartiment rabotage et le support bobine représentent 19.05% de totalité des pannes subies par notre système. Ils ont une faible influence sur le système, donc on ne va pas se baser sur ces éléments.

D'après la courbe obtenue, on constate que 6.35 % des pannes restent représentée par les éléments suivants : système de recyclage de flux de soudeur, porte bobine, découpage plasma et pré cintrage ces éléments peut ont être négligés car, ils n'ont aucune influence sur le fonctionnement de notre équipement.

Suite à cette étude on a sélectionné les compartiments qui se trouvent dans la zone A, on procède de la même manière la même pour trouver les organes qui causant les arrêts.

### IV.1.3 Application da Pareto

#### Compartiment mesurage bande

Installation	Nombre des pannes	fréquence	cumule
Source d'air comprimé	9	41%	41%
Plaque de fixation vérin encodeur	5	23%	64%
Rouleau	3	14%	77%
Encodeur	3	14%	91%
Vérin	2	9%	100%
Totale	22		

Tableau IV.2 – Classement des installations par fréquence des pannes.

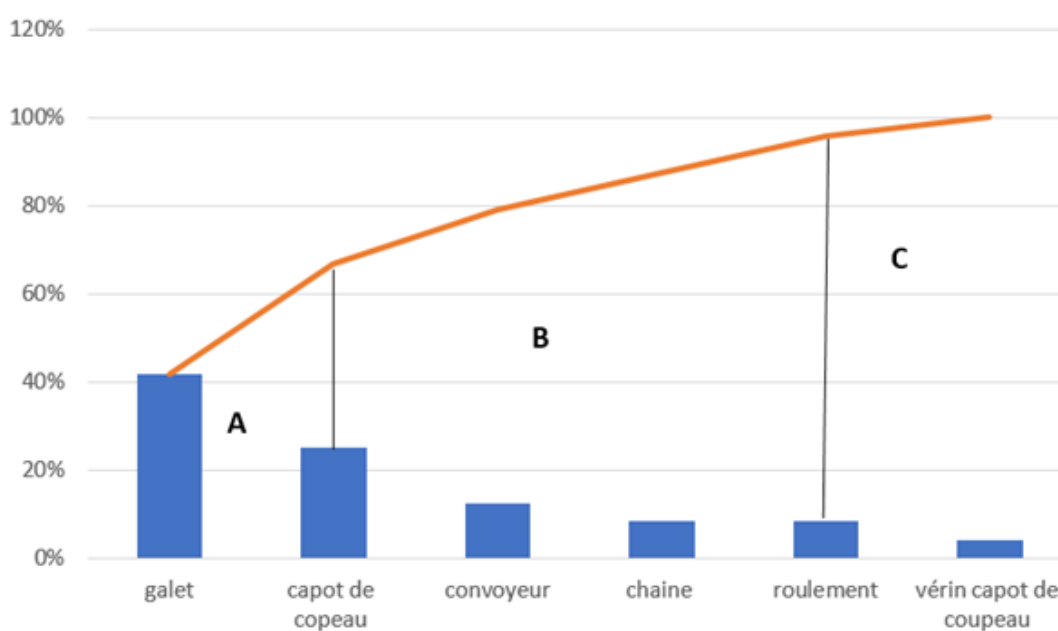


Figure IV.2 - Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment mesurage bande.

### Compartiment fraisage bande

Installations	Nombre des pannes	fréquence	Cumule
Galet	10	42%	42%
capot de copeau	6	25%	67%
Convoyeur	3	13%	79%
chaîne	2	8%	88%
Roulement	2	8%	96%
vérin capot de copeau	1	4%	100%
Totale	24	100%	

Tableau IV.3 – Classement des installations par fréquence des pannes.

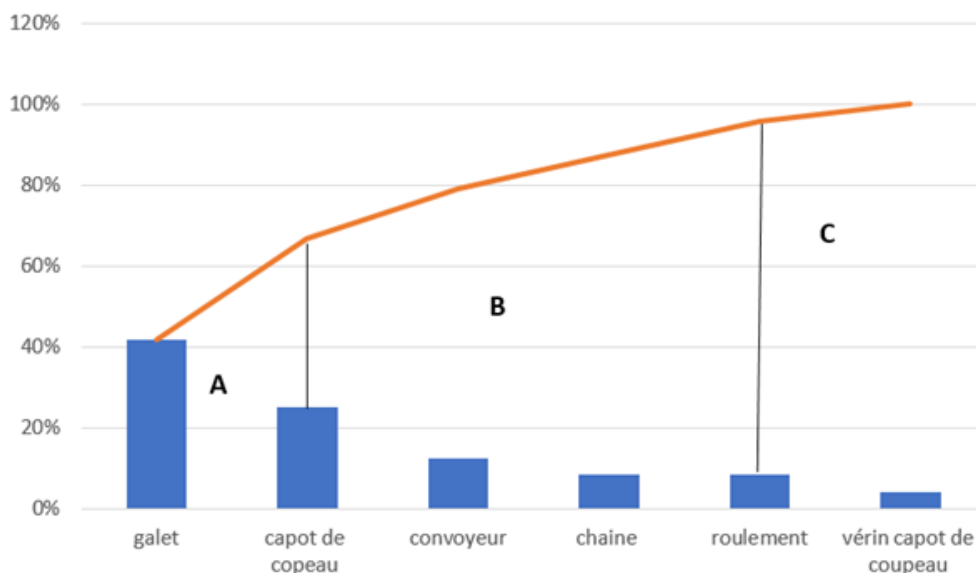


Figure IV.3 - Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment fraisage bande

### Compartiment serrage mobile

Installations	nombre des pannes	fréquence	cumule
Cerveau moteur	6	60%	60%
Réducteur + accouplement	2	20%	80%
Glisseur	1	10%	90%
Vérin hydraulique	1	10%	100%
Totale	10	100%	

Tableau IV.4 – Classement des installations par fréquence des pannes.

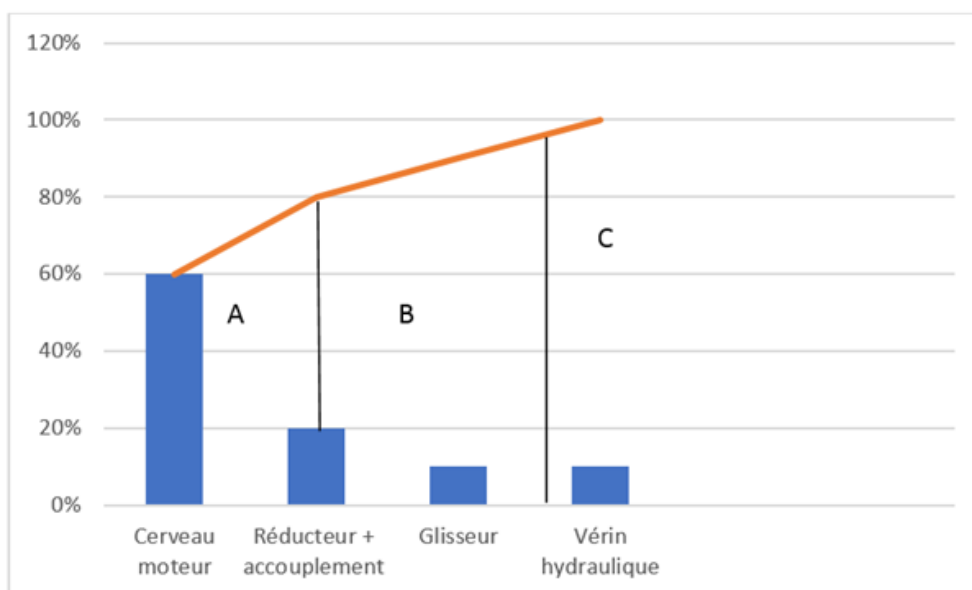


Figure IV.4 - Diagramme de Pareto appliqué sur le compartiment serrage mobile

#### IV.1.4 Système d'expert : ADD

L'arbre de défaillance est une analyse déductive qui demande une grande connaissance sur les équipements [11], pour cela et en collaboration avec le système expert on a pu modéliser l'Arbre De Défaillance (IV.2), en se basant sur son retour d'expérience et une bonne connaissance de chaque organe qui peut conduire à une défaillance

##### IV.1.4.1 Arbre de défaillance

L'arbre de défaillance est une représentation graphique de type arbre généalogique. Il représente une démarche d'analyse d'évènement. L'arbre de défaillance est construit en recherchant l'ensemble des évènements élémentaires, ou les combinaisons d'évènements, qui conduisent à un Événement Redouté (ER). L'objectif est de suivre une logique déductive en partant d'un Événement Redouté pour déterminer de manière exhaustive l'ensemble de ses causes jusqu'aux plus élémentaires. Les questions qui doivent être posées afin de construire un arbre de défaillance reviennent sont les suivantes :

- Comment peut-on arriver à avoir un tel événement ?
- Quels sont tous les chemins possibles qui peuvent aboutir à cet événement ?

L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

1. Définition de l'événement redouté sujet de l'étude,
2. Elaboration de l'arbre,
3. Exploitation de l'arbre.

On distingue différents types d'évènements :

1. Événement redouté : c'est l'événement indésirable il est unique ;
2. Événement intermédiaires : ce sont des événements qui sont causes d'autres événements ;
3. Événements élémentaires : ils correspondent au niveau le plus détaillé de l'analyse du système.

Les différents événements sont reliés entre eux par des portes logiques afin de calculer la probabilité d'occurrence des ER.

Un arbre de défaillance est généralement présenté de haut en bas. La ligne la plus haute ne comporte que l'événement redouté dont on cherche à décrire comment il peut se produire. Chaque ligne détaillée la ligne supérieure précédente en présentant les combinaisons susceptibles de produire l'événement de la ligne précédente auquel elles sont rattachées. Ces relations sont représentées par des liens logiques OU /ET.

##### IV.1.4.2 Définition de l'Événement Redouté (ER)

L'arbre de défaillance est une méthode qui part d'un événement final pour remonter (descendre sur le graphe) vers les causes et les conditions de production de l'événement. Il vise à représenter l'ensemble des combinaisons qui peuvent produire l'événement étudié. La définition de l'événement final est une étape importante pour la construction de l'arbre. La méthode doit être réservée à des événements jugés particulièrement critiques. En ce sens, l'utilisation préalable de méthodes inductives comme APR (Analyse Préliminaire des Risques),



l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité), HAZOP (HAZard and OPerability study : Analyse des risques) permet d'identifier les événements qui méritent d'être retenus pour une analyse par arbre des défaillances.

### **Liens entre les Evénements : Portes logiques**

Les portes logiques permettent de représenter la combinaison logique des événements intermédiaires qui sont à l'origine de l'événement décompose.

- Porte ET : L'événement E1 ne se produit que si les événements élémentaires, A1, A2 et A3 existent simultanément.
- Porte OU : L'événement E1 se produit de manière indépendante si l'un ou l'autre des événements élémentaires A1, A2 ou A3 existe.

Pour pouvoir appliquer cette méthode il est nécessaire de :

- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système.
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés nécessaires d'étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants, en s'appuyant par exemple sur une analyse de type AMDEC pour pouvoir construire les branches de l'arbre.

### **Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances**

L'exploitation qualitative de l'arbre vise à examiner dans quelle proportion une défaillance correspondant à un événement de base peut se propager dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'événement final. Pour cela, tous les événements de base sont supposés équiprobables et on étudie cheminement à travers les portes logiques d'événement ou de combinaisons d'événements jusqu'à l'événement final. De manière intuitive.

### **Exploitation quantitative de l'arbre de défaillances**

L'exploitation quantitative de l'arbre des défaillances vise à estimer, à partir des probabilités d'occurrence des événements de base, la probabilité d'occurrence de l'événement final ainsi que des événements intermédiaires. En pratique, il est souvent difficile d'obtenir des valeurs précises de probabilités des événements de base. En vue de les estimer, il est possible de faire appel à :

- Des bases de données ;
- Des jugements d'experts ;
- Des essais lorsque cela est possible ;
- Au retour d'expérience sur l'installation ou des installations analogues [10].

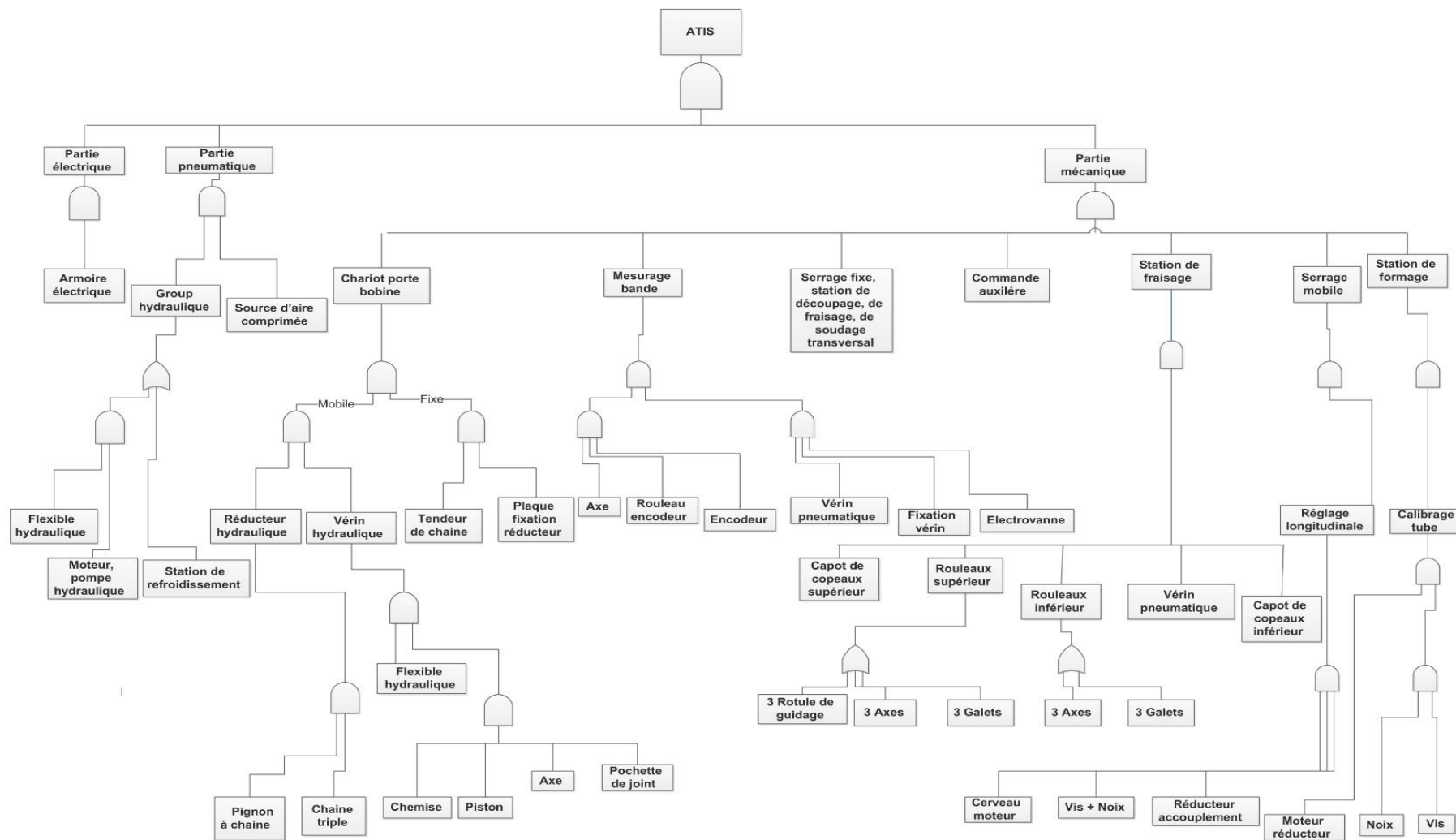


Figure IV.5 - Arbre De Défaillances de la machine ATIS

## Interprétation

Modélisation fonctionnelle de la machine sous forme ADD : C'est la décomposition du système en éléments simples jusqu'aux composants les plus élémentaires et critiques. On a décomposé la machine ATIS en parties, chaque partie est à son tour décompose jusqu'aux organes les plus élémentaires qui peuvent probablement conduire à un arrêt et un dysfonctionnement, on se basant sur l'évaluation de trois critères : gravité, fréquence et leurs importances. Cela consiste à effectuer une recherche des causes de défaillance de l'équipement. Cette décomposition a été réalisée à partir du logiciel Edraw Max 9.3 pour plus de détail (voir annexe H).

Nous avons par la suite réalisée une comparaison entre le différent organe déduit à partir des données de l'historique traité par la loi de Pareto et l'avis d'expert qui peut causer l'indisponibilité de la machine.

<b>Mesurage bande</b>	
<b>Donnes de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
Source d'air comprimé	Axe
Plaque de fixation vérin encodeur	Rouleau encodeur
	Encodeur
	Vérin pneumatique
	Fixation vérin
	Electrovanne
<b>fraisage bande</b>	
<b>Donnes de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
Galet	Capot de copeaux inférieur
capot de copeau	Vérin pneumatique
	Capot de copeaux supérieur
	3 Rotule de guidage (Rouleaux supérieur)
	3 Axes (Rouleaux supérieur)
	3 Galets (Rouleaux supérieur)
	3 Axes Rouleaux inférieur
	3 Galets Rouleaux inférieur
<b>serrage mobile</b>	
<b>Donnes de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
Cerveau moteur	Réducteur accouplement
Réducteur+ accouplement	Vis + Noix
	Cerveau moteur
<b>Station de formage</b>	
<b>Donnes de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
	Moteur réducteur
	Vis + Noix
<b>Chariot porte bobine</b>	
<b>Donnes de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>

	Pignon à chaîne
	Chaîne triple
	Flexible hydraulique
	Chemise
	Piston
	Axe
	Pochette de joint
	Tendeur de chaîne
	Plaque fixation réducteur
<b>Partie électrique</b>	
<b>Données de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
	Armoires Electrique
<b>Partie pneumatique</b>	
<b>Données de l'historique (Pareto)</b>	<b>Avis d'expert (ADD)</b>
	Source d'air comprimée
	Flexible hydraulique
	Moteur pompe hydraulique
	Station de refroidissement

Tableau IV.5 - Comparaison entre les deux méthodes.

Les principales conclusions tirées de ce tableau :

- Historique non fiable et incomplet (pas de traçabilité).
- Une mauvaise gestion.
- Une mauvaise utilisation de l'historique et la mise à jour.
- Le non exploitation des données historiques influence très fortement et négativement sur analyse RETEX.
- Manques des enregistrements et des informations sur les interventions.

## IV.2 Recherche des causes

Après avoir trouvé et localisé les organes les plus probables qui peuvent causer fortement des pannes au niveau de la machine afin de connaître les effets ainsi que les causes les plus critiques (probables) on va évaluer leur criticité, le meilleur choix c'est d'appliquer le diagramme ISHIKAWA nommé aussi diagramme de cause-effet ou encore méthode des 5M Pour agir sur ces causes et mettre en place des actions correctives appropriées [13].

### IV.2.1 La méthode ISHIKAWA

Le diagramme de cause à effet ou diagramme d'Ishikawa ou encore méthode des 5M est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet). Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées [13].

Ce type de diagramme est de ce fait également appelé diagramme d'Ishikawa.

### Construction de diagramme

- Définir l'effet sur lequel travailler : un défaut qualité, une caractéristique d'un produit ou d'un procédé, un problème à résoudre ;
- Tracer une flèche de gauche à droite en direction de l'effet : la pointe de la flèche contient le nom ou la désignation de l'effet, la flèche forme le tronc de l'arborescence ou la colonne vertébrale du «poisson» ;
- Décrire les facteurs principaux qui sont les causes potentielles de l'effet et les placer dans les branches ou arêtes.

Un diagramme causes-effet est un outil polyvalent très utile pour :

- Ordonner les idées émises lors d'un brainstorming ;
- Expliquer un phénomène, un processus de fabrication ;
- Guider une discussion dont il est le point central ;
- Rechercher rapidement l'ensemble des causes, choisir celles qui sont les plus importantes et mener rapidement les actions correctives correspondantes (dépannage, contre-mesures) ;
- Former le personnel en utilisant les diagrammes existants [3].

### Méthodes pour étudier un problème

#### 1. Définir l'effet

- L'effet doit être formulé en termes simples, admis par l'ensemble des participants. Que veut-on améliorer, changer, modifier, quel est l'effet attendu ?
- La transformation doit être mesurable pour apprécier une modification de façon objective.
- L'effet doit constamment rester visible pour permettre de recentrer la démarche à tout moment.

#### 2. Identifier les causes

- C'est la période de recherche d'idées. L'important est de noter, sans classer, les idées venant de toute part.
- Tout doit être noté de façon visible pendant toute la séance.

#### 3. Les mots-clés

L'émetteur de chaque phrase formulée, doit souligner le ou les mots-clés. Cet état fait souvent resurgir des idées nouvelles qui seront notées à la suite, elles seront traitées à la fin.

#### 4. Les principales familles

Pour favoriser la recherche, la méthode des 5M est couramment utilisée. Elle permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes.

- Matériel ;
- Main d'œuvre ;
- Méthodes ;
- Matière ;

— Milieu.

### 5. Tracer le diagramme

- Le diagramme est tracé en reportant dans l'ordre des idées formulées.
- Seul le mot-clé indiqué sur les flèches.

### 6. Choisir

Le choix des causes sur lequel va porter l'analyse commence par déterminer les familles (de machine jusqu'à milieu) qui semblent être les plus importantes.

### 7. Définir l'objectif

L'objectif doit être exprimé en termes de valeur de l'évolution et en temps que l'on s'accorde pour vérifier l'évolution.

### 8. Les moyens

Choisir les méthodes de mesure, les tests, les procédures.

### 9. Confronter aux résultats antérieurs

- A ce stade, il est important de vérifier si l'effet désire est obtenu.
- Dans le cas contraire, le groupement suivant est abordé jusqu'à l'obtention de l'amélioration [2].

### Quand utiliser cet outil ?

La méthode peut être utilisée dans le cadre d'une mise en place et l'organisation d'une nouvelle activité, afin de sensibiliser les personnels a la nécessité de penser à tout [9].

### Application de l'ISHIKAWA sur Source d'air (vanne d'arrivé)

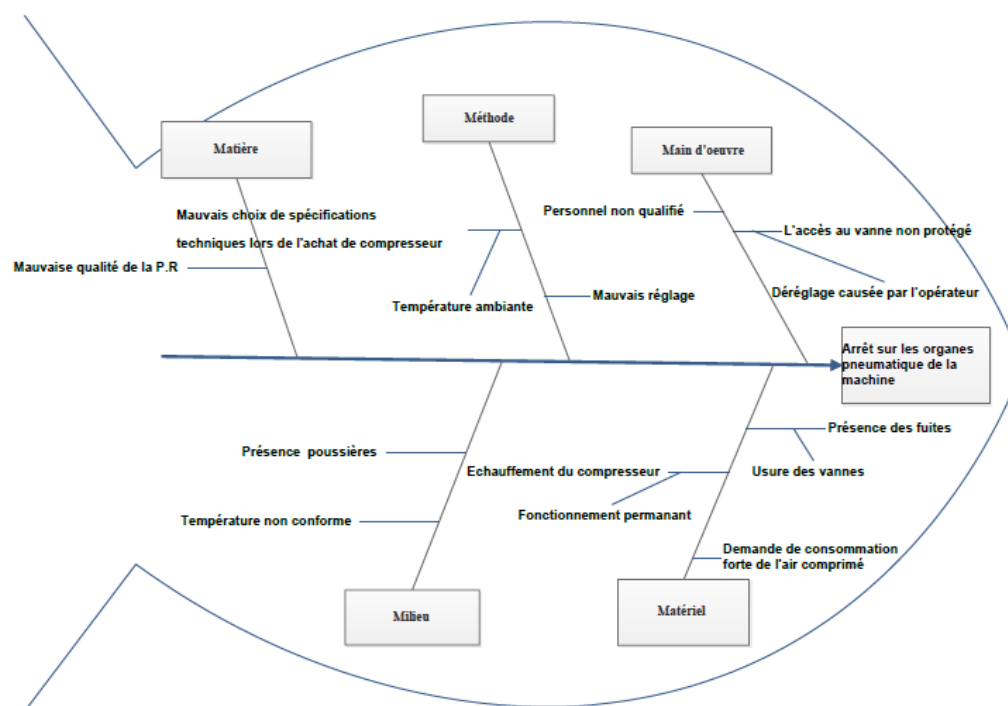


Figure IV.6 – Diagramme de causes-effets appliqué sur la source d'air comprimée.

## Interprétation

Les causes mentionnées dans ce diagramme provoquent un arrêt sur les organes pneumatique de la machine soit par l'influence directe sur les vérins. Les autres pannes sont dues probablement cause de :

- Milieu non protégé des vannes d'arrivé.
- Déréglage causée par l'opérateur.
- Présence des fuites... etc.

Cet ISHIKAWA était réalisé à partir du logiciel Edraw Max 9.3.

### IV.2.2 Edraw Max 9.3

Edraw Max est une solution professionnelle qui permet de concevoir de nombreux modèles de diagrammes et graphiques utiles pour de nombreux besoins : gestion de projet, architecture, développement ou encore dans l'éducation. Mention spéciale aux nombreux modèles disponibles qui couvrent de nombreux besoins.

#### IV.2.2.1 Ses fonctionnalités

Edraw Max propose une interface en ruban typique de Microsoft Office qui permet de jongler entre les différentes fonctions en un clic. Pour bien débiter, le logiciel fournit une foule de modèles de qualité pour de nombreux besoins. L'utilisateur peut alors disposer de nouveaux éléments, les personnaliser et les éditer grâce à une gestion des calques et de nombreux paramètres comme le remplissage, le trait, les ombres ainsi que l'ajout d'images, de texte vectoriel ou encore d'un code QR.[19]

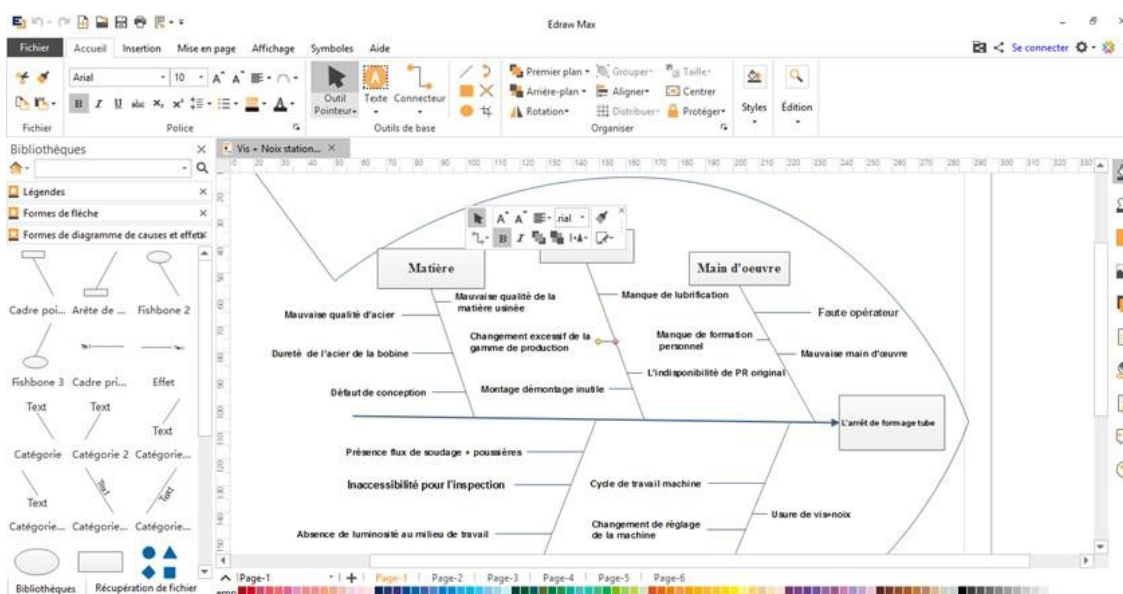


Figure IV.7 – L'interface du logiciel Edraw Max.

### Détermination de l'impact relatif de chaque cause sur l'effet

D'après les informations données par l'expert et notre étude de l'impact de chaque cause sur l'effet étudié, nous avons élaboré le tableau ci-après :

Causes	Impact
Milieu non protégé des vannes d'arrive (dérégulation causée par l'opérateur)	4
Présence des fuites (usure des vannes)	2
Sur utilisations forte de la demande d'air comprimé	4
Personnel non qualifiée	3
Echauffement de compresseur (fonctionnement permanent)	2
Mauvais réglage	2
Choix de système (température ambiante)	3
Présence de poussière	2
Température	1
Mauvais qualité de la PDR	2

Tableau IV.6 – Récapitulatif causes probables et leur impact.

### La grille d'évaluation des causes

À l'aide de cette grille on a pu évaluer l'impact de chaque cause déjà mentionné.

Note	Désignation
1	Négligeable
2	Notable
3	Majeur
4	Très élevé

Tableau IV.7 – Grille d'évaluation d'impact.

## Synthèse

A partir des résultats et vu la fiabilité de l'équipement qui est de 41.55% implique une fiabilité très faible. Donc cette dernière nécessite une application de la maintenance approfondie (une maintenance curative) afin de l'améliorer.

### IV.3 Recherche des solutions

Afin d'éviter les différentes pannes et d'optimiser la fiabilité de la machine ATIS et d'être capable d'appliquer une maintenance curative. Le tableau ci-dessous représente un exemple d'un levier d'action basé sur ISHIKAWA :



Solutions	Coefficients
Protéger l'endroit où se trouve les vannes d'arrivée	3
Installer un réservoir à la sortie de compresseur	3
Apporter des formations aux personnels	4
Élimination des fuites Changement des vannes - utilisation des joints	3
Installer des limiteurs de pressions sur la machine	3
Revoir les paramètres de bon fonctionnement des compresseurs	3
Installer des filtres à air sur la machine	3
Exiger une bonne qualité de PDR	4
Airer le compresseur et installer le réservoir d'air juste à la sortie de ce dernier	4
Maîtriser les conditions extérieures de compresseur	4
Réviser les fréquences de nettoyage	3
Installer un système de ventilation pour maîtriser la température de local	3
Maîtriser les spécifications techniques de PDR	4

Tableau IV.8 – Récapitulatif des solutions et leurs coefficients.

### La grille d'évaluation des solutions

À l'aide de cette grille on a pu évaluer la criticité de chaque solution déjà mentionnée

Note	Désignation
1	Impossible
2	Complicé
3	Applicable
4	Triviale

Tableau IV.9– Grille d'évaluation de solutions.

Il existe 9 applications de la méthode d'Ishikawa sur les organes critiques sélectionnées à partir de l'ADD (d'après l'expert) et les données de l'historique.

### IV.3.1 Application d'ISHIKAWA

#### Vérin mesurage bande

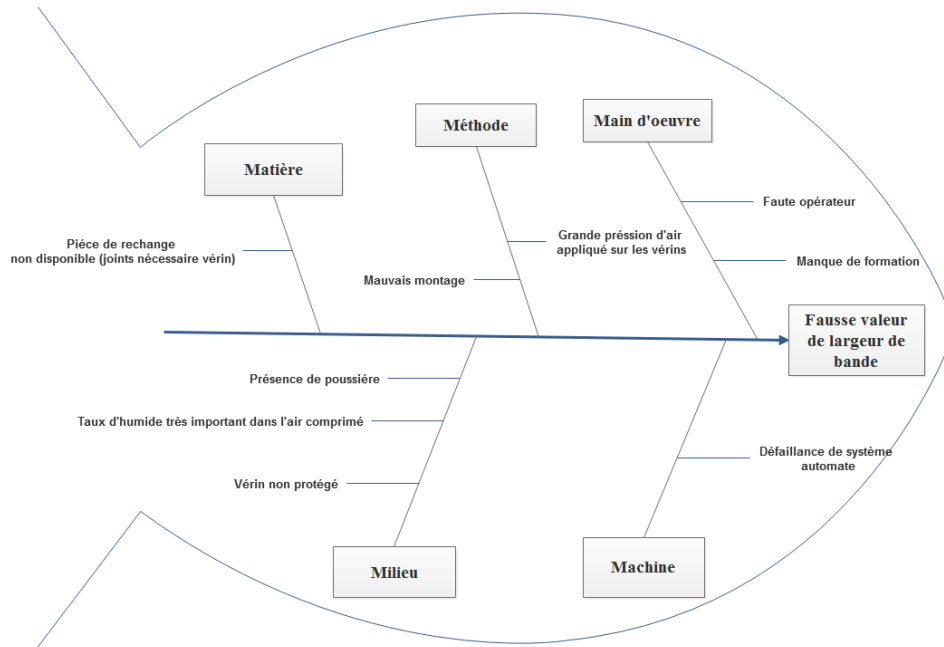


Figure IV.8 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vérin mesureur bande.

### Rouleau + axe \_ encodeur

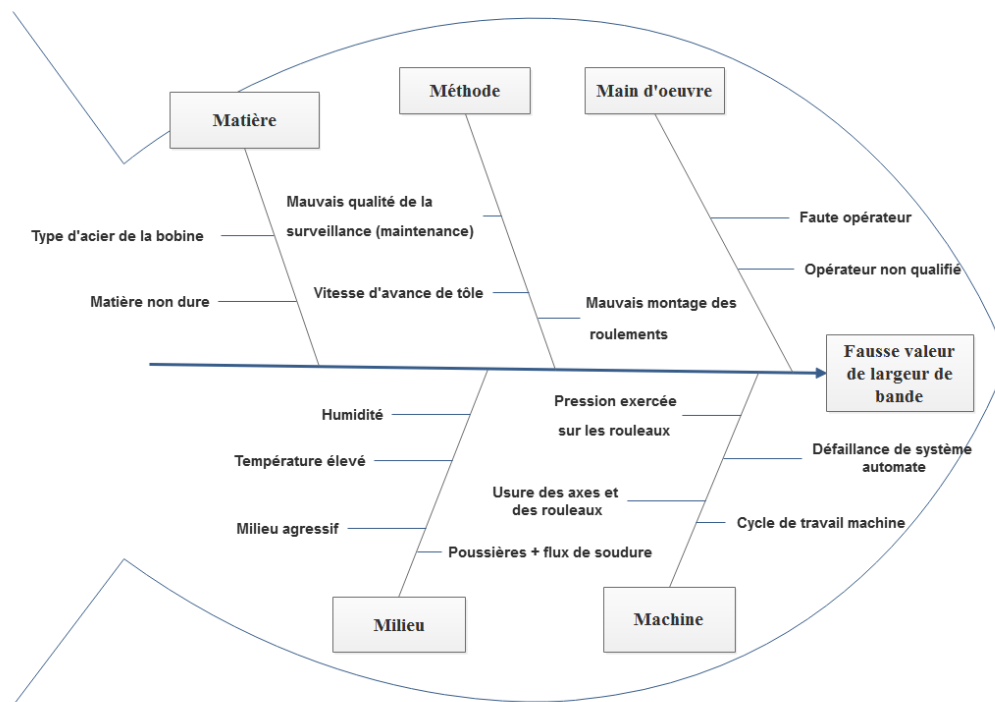


Figure IV.9 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le rouleau + axe \_encodeur.

**Axe + galet\_ Fraisage bande**

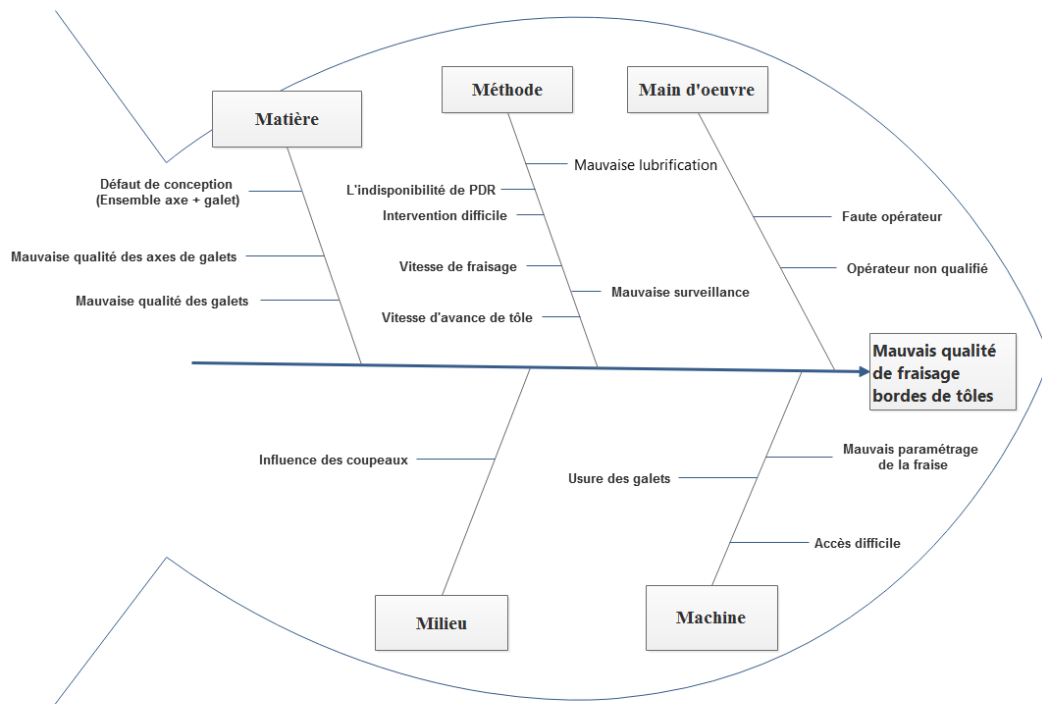


Figure IV.10 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur l'axe +galet Fraisage bande.

**Capot de copeaux \_ Fraisage bande**

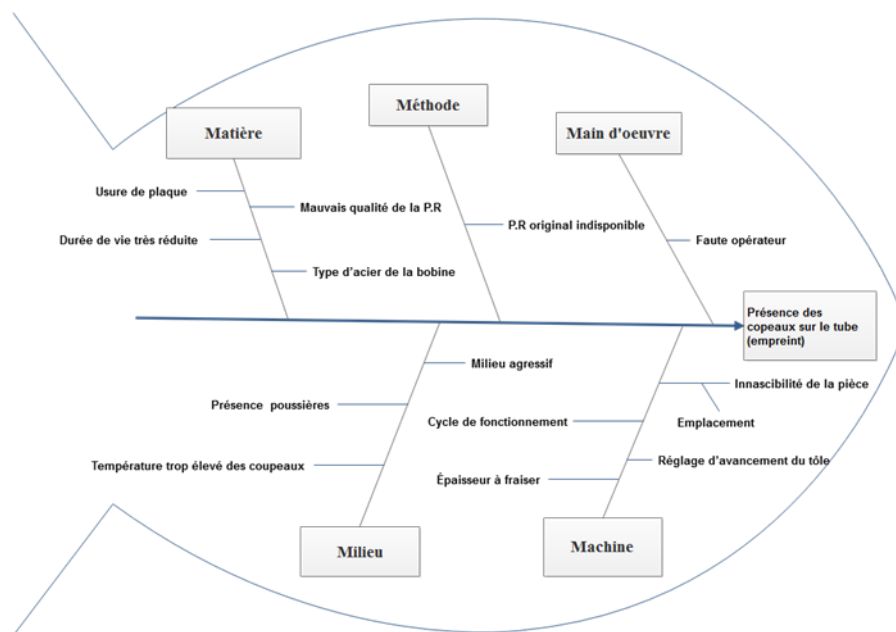


Figure IV.11 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le capot de copeaux Fraisage bande.

**Cerveau moteur \_ Serrage mobile**

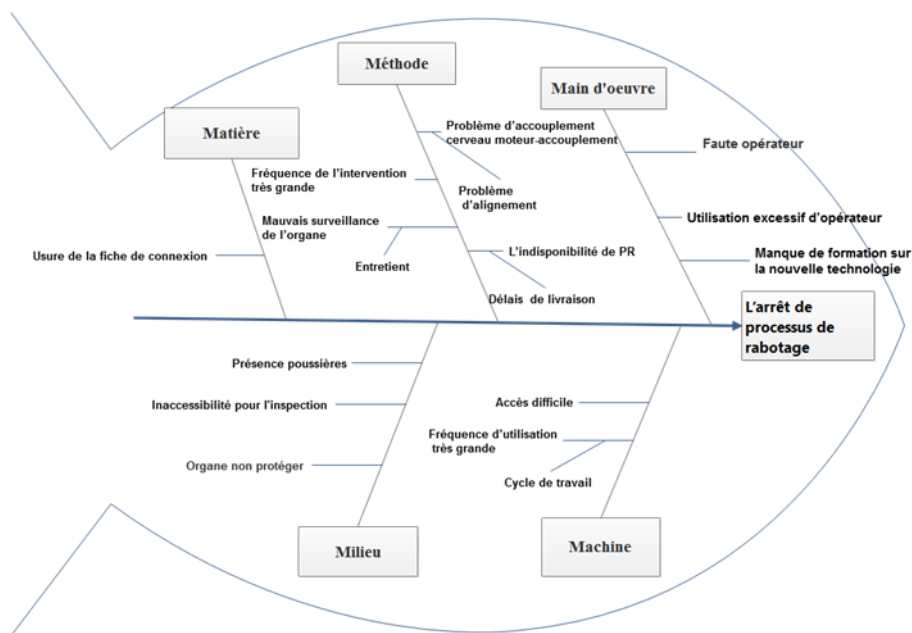


Figure IV.12 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le cerveau moteur Serrage mobile.

**Réducteur-accouplement \_ serrage mobile**

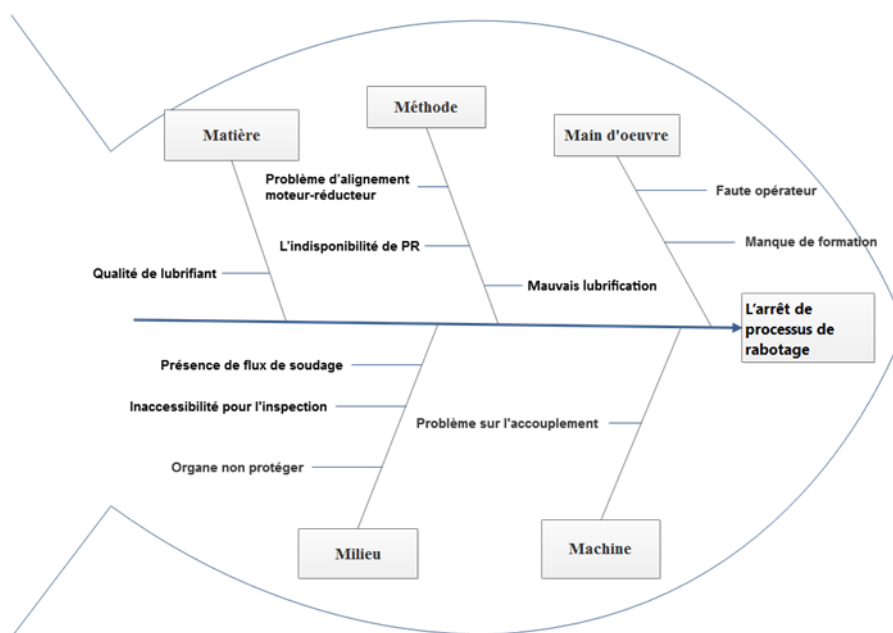


Figure IV.13 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le réducteur-accouplement serrage mobile.

Flexible \_ groupe hydraulique \_ P .Pneumatique

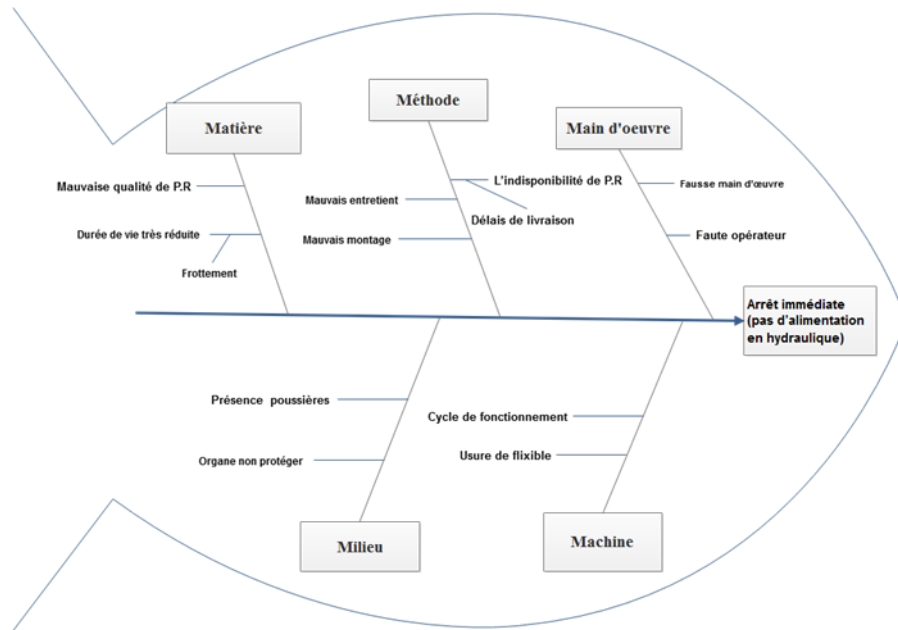


Figure IV.14 - Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le Flexible groupe hydraulique.

Vérin hydraulique \_ chariot porte bobine

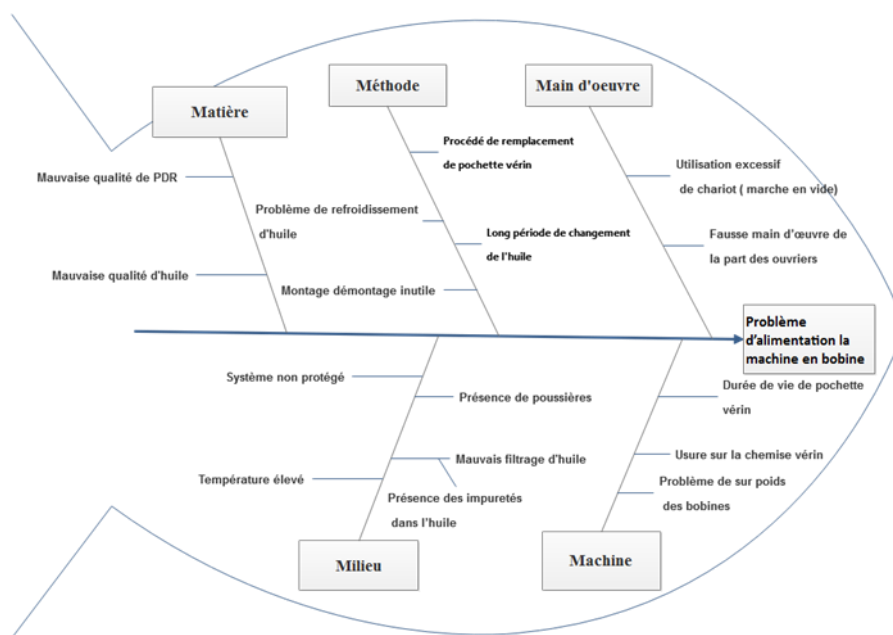


Figure IV.15 – Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vérin hydraulique chariot porte bobine.

Vis + noix \_ station de formage

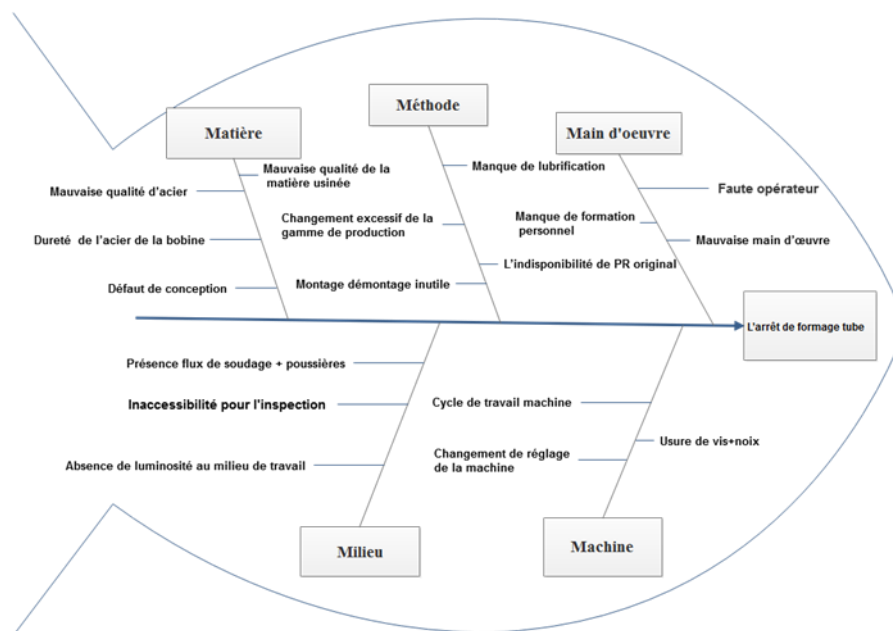


Figure IV.16 – Diagramme d'Ishikawa appliqué sur le vis + noix station de formage.

Le tableau III.7 représente les organes et leurs causes sélectionnées en fonction de leur criticité ainsi les solutions obtenues afin d'améliorer et applique une maintenance corrective qui servir à augmenter la fiabilité et la sureté du fonctionnement de la machine.

Composants	Causes	solutions	Résultat
Rouleau + axe_encodeur	usure des axes et des rouleaux	changement de rouleau + axe	16
Réducteur-accouplement_serrage mobile	l'indisponibilité de PDR	Améliore le système de GDS	16
axe+galet Fraisage	mauvaise qualité des galets	Exigence de la qualité de pièce de rechange (original)	16
Capot de copeaux _ Fraisage	usure de la plaque	utilisé des matériaux très dure dans la conception des capot de copeaux (managez)	16
vérin hydraulique Chariot port bobine	organe non protégé	apporter une protection au vérin (conception un cache)	12
vérin hydraulique Chariot port bobine	présence de poussière	applique un nettoyage après chaque équipe de travail	12
vérin hydraulique Chariot port bobine	usure de la chemise vérin	changement vérin	12

vérin hydraulique Chariot port bobine	durée de vie de pochette vérin	changement pochette nécessaire vérin	12
Rouleau+axe_encodeur	pression exercée sur les rouleaux	installer dès l'limiteur de pression sur la machine	12
Source d'air (vanne d'arrivé) _ Mesurage _ bande	milieu non protégé des vannes d'arrive (déréglage causée par l'opérateur)	concevoir une protection des vannes d'air comprimé	12
Cerveau moteur Serrage mobile	usure de la fiche de connexion	changer la fiche de connexion	12
axe+galet+rouleau Fraisage	intervention difficile	modifié la conception de l'ensemble axe +galet	12
axe+galet+rouleau Fraisage	usure d'axe	changement de l'axe + galet	12
Vis + Noix station de formage	mauvais qualité de la matière usinée	exigence de matière a usinée (42CD4 - 16NC6- 35NCD6,)	12
Vis + Noix station de formage	usure vis+noix	changement de la vis+noix	12
Flexible groupe hydraulique _ P .Pneumatique	usure flexible	changement flexible	12
vérin hydraulique Chariot port bobine	problème de refroidissement d'huile	soufflage et changement de liquide de refroidissement	9
vérin hydraulique Chariot port bobine	mauvais filtrage d'huile (présence des impuretés dans l'huile)	rapprocher les périodes de changement de filtre d'huile	9
Rouleau+axe_encodeur	opérateur non qualifié	apporter des formations aux personnels	9
Rouleau+axe_encodeur	mauvaise qualité de la surveillance (maintenance)	rapprocher les périodes d'inspections	9
axe+galet+rouleau Fraisage	mauvaise lubrification	modifié le système de graissage	9
axe+galet+rouleau Fraisage	influence des coupeaux	mettre en place un système de dégagement des coupeaux	9
Capot de copaux Fraisage	Milieu agressif	installation des extracteurs dans les ateliers de production	9
Vis + Noix station de formage	manque de lubrification	créer des graisseurs sur l'ensemble vis+noix	9
Flexible groupe hydraulique _P. Pneumatique	durée de vie très réduite due au frottement	modifier l'emplacement les raccords de fixation flexible hydraulique	9
vérin hydraulique _ Chariot port bobine	long période de changement de l'huile	rapprocher les périodes de changement de liquide du lubrifiant	8
Vis + Noix station de formage	absence de luminosité au milieu de travail	installer un système d'éclairage	8
vérin hydraulique Chariot port bobine	procède de remplacement de pochette vérin	formation des agents maintenance et hydraulique	6

Rouleau + axe_ encodeur	cycle de travail machine	équilibrer les cycles de travaille machine	6
Source d'air (vanne d'arrivé) _ Mesurage _ bande	présence des fuites (usure des vannes)	changement des vannes - utilisation des joins	6
Source d'air (vanne d'arrivé) _ Mesurage _ bande	mauvais réglage	appliquer les gammes de réglage constructeur machine	6
Source d'air (vanne d'arrivé) _ Mesurage _ bande	présence de poussière	installer des filtres a aire sur la machine	6
vérin Mesurage bande	taux d'humide très important dans l'air comprime	utiliser des sècheurs d'air	6
Vis + Noix station de formage	défauts de conception	modifié la conception de l'ensemble vis+noix	6
vérin hydraulique Chariot port bobine	fausse main d'œuvre de la part des ouvriers	Améliorer les conditions de travail	4
Vérin hydraulique Chariot port bobine	problème de sur poids des bobines	plafonnier le poids des bobines	4
Réducteur-accouplement_ serrage mobile	problème d'alignement moteur réducteur	avoir des outils d'alignement	4
Réducteur-accouplement_ serrage mobile	inaccessibilité pour l'inspection	améliorer le type de surveillance applique	4

Tableau IV.10 – Récapitulatif des causes et leurs solutions proposées.

## IV.4 Optimisations des solutions proposées

### Etude de faisabilité

Indisponibilité des données sur les coûts, en effet la collection de données a été réalisé à partir de toutes les BSM et le coût de main d'œuvre de chaque intervention effectuée pendant la période janvier 2018 et décembre 2019.

### Estimation des coûts

En collaboration avec l'expert on a pu sélectionner les solutions les plus envisageables (qui ont un résultat 16 ou bien 12) et on a réalisé une étude économique tout en estimons les coûts de chaque solution proposé

Composants	Solutions	Coût
Rouleaux + axe encodeur	2 Roulement à bis 30 x 55 x 13mm	$645.71 \times 2 = 1291.42 \text{ DA}$
	Axe long 320mm, D 28 mm	$663.66/2 = 331.83 \text{ DA}$
	Rouleau long 250mm D=65mm	$1971.936/3 = 657.312 \text{ DA}$
	Circlips	1941.51 DA
	Coût de main d'œuvre	$8 \times 115 = 920 \text{ DA}$
<b>Somme</b>		<b>= 5142.072 DA</b>



Réducteur - accouplement serrage mobile	Améliorer le système de GDS	<b>240000.00 DA</b>
Capot de copeaux Fraisage	Utiliser des matériaux très dure dans la conception des capots de copeaux (Managez)	<b>12500.00 DA</b>
Vérin hydraulique Chariot port bobine	Apporter une protection au vérin (conception un cache)	5303.54 DA
	Coût de main d'œuvre	16 x 115 = 1840 DA
	Coût de la modification	8 x 115 = 920 DA
<b>Somme</b>		<b>= 8063.54 DA</b>
Vérin hydraulique Chariot port bobine	Changement vérin	<b>253500 DA</b>
Vérin hydraulique Chariot port bobine	Changement pochette nécessaire vérin	<b>28560.00 DA</b>
Rouleau + axe encodeur	Installer des limiteurs de pression sur la machine	<b>18000.00 DA</b>
Source d'air (vanne d'arrivé) Mesurage bande	Concevoir une protection des vannes d'air comprimé	5303.54/5 = 1060.708 DA
	Coût de main d'œuvre	8 x 115 = 920 DA
	Coût de la modification	8 x 115 = 920 DA
<b>Somme</b>		<b>= 2900.708 DA</b>
Cerveau moteur Serrage mobile	Changer la fiche de connexion	1044756.52 DA
Axe + galet Fraisage	Modifier la conception de l'ensemble axe +galet	8 x 7 x 115 =6440 DA
	Coût de travail de conception	16 x 115 =1840 DA
	Coût de travail de réalisation axe	6200 DA
<b>Somme</b>		<b>= 14480.00 DA</b>
Axe + galet Fraisage (changement d'axe + galet)	Axe	6200DA
	Rotule	4500 DA
	Galet	27048 DA
	Écrou	320 DA
<b>Somme</b>		<b>= 38068.00 DA</b>
Vis + Noix station de for- mage	Exigence de matière a usinée (42CD4 - 16NC6- 35NCD)	<b>4317.768 DA</b>
Vis + Noix station de for- mage	Changement de la vis + noix	<b>322800 DA</b>
Flexible groupe hydrau- lique	Changement flexible	<b>11596 DA</b>
<b>TOTALE</b>		<b>= 2004684.61 DA</b>

Tableau IV.11 – Estimation des coûts des solutions

## **Interprétation**

Les résultats du tableau IV.11 montrés que les solutions proposées sont faisables, on a pu aussi réaliser une consultation des coûts.

## **III.5 Conclusion**

La mise en place de la maintenance curative sur la machine ATIS prend suite de trois démarches principales. Une étude du diagnostic suivant les deux données celle du système d'expert et l'autre basée sur l'historique des pannes des deux années respectivement l'arbre de défaillance et la loi de Pareto .Puis une deuxième étude à l'aide de diagramme de cause-effet et un expert qui a en principe de proposer les causes possibles de dysfonctionnement et les actions nécessaires afin de maintenir la machine suivie d'une estimation des coûts des solutions proposées.

## **IV.6 Recommandations et perspectives**

1. Les futurs travaux qui restent à développer au sein de l'entreprise :
2. Enrichir le plan de formation du personnel de l'entreprise,
3. Mettre un système documentaire performant pour améliorer la traçabilité des interventions,
4. Optimiser les échéanciers dans le cadre de la maintenance préventive efficace,
5. Améliorer la communication entre les différents niveaux hiérarchiques,
6. Investir dans la GMAO pour bien maitriser la maintenance de l'entreprise.

## *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Dans la présente étude, nous avons procédé par des démarches stratégiques, avec une base de données réelle, pour maîtriser l'état actuel de fonctionnement de la machine de soudage ATIS, de la ligne de fabrication des tubes de l'entreprise ANABIB, afin de choisir un plan d'actions efficace pour améliorer la maintenance de cette dernière.

Ces démarches sont basées sur l'application d'une analyse précise sur les données de l'historique et l'expertise du terrain sur le matériel pour détecter les modes de défaillances d'une part, et de définir le choix des outils de traitement à utiliser d'autre part.

Le choix de cet équipement est justifié par la méthode Pareto. Du fait que la machine ATIS a une très grande importance dans la production au niveau de la société ANABIB.

Après une étude technologique, nous avons effectué une étude de fiabilité, une approche de maintenance curative approfondie et une analyse des coûts à la fin de notre travail.

Les principales conclusions tirées de notre travail sont les suivantes :

1. La machine se trouve dans la période de vieillesse avec une fiabilité, non acceptable, de 41.55 %.
2. La meilleure décision est d'appliquer une maintenance curative, car elle est très maîtrisée par les techniciens et les réparateurs de l'entreprise.
3. le maintien de la mise en place de la maintenance corrective et la tendance à la maintenance préventive et l'amélioré aussi.
4. Les méthodes utilisées pour diagnostiquer et localiser les organes défectueux sont :
  - Méthodes basées sur les données de l'historique : Pour une prise de décision, l'évaluation des conditions d'utilisation et maîtrise des temps des interventions,
  - Méthodes basées sur l'expert : Retour d'expériences du personnel de l'entreprise, pour bien modéliser le fonctionnement de la machine,
  - Méthodes basées sur l'analyse fonctionnelle : Arbre de défaillances pour bien localiser les éléments critiques.
5. La majorité des causes constatées sont à l'origine des mauvaises conditions d'utilisation.
6. La consultation des coûts pour montrer l'étude de faisabilité des solutions proposées.

## Références bibliographique

- [1] A. BELHOMME, "Cours de Stratégie De Maintenance BTS Maintenance Industrielle», [http ://btsmiforges.free.fr/](http://btsmiforges.free.fr/) ,2010/2011.
- [2] BAC PRO M.E.I.La Méthode ISHIKAWA (père des cercles de qualité).
- [3] Christian Hohman, "Technique De Productivité comment gagner des points de performance», Alegria-Educ.com, Groupe Eyrolles, ISBN : 978-2-212-54295-0, 2009.
- [4] Document Interne de l'Entreprise.
- [5] Dossier Technique de la Machine ATIS.
- [6] Equipe de Bac Pro Technicien d'Usinage, cours diagramme de Pareto CI15 : l'Organisation et le Suivi du Processus de Production).
- [7] F. Monchy, J-P. Vernier " Maintenance, méthodes et organisations", Editions DUNOD, 2010.
- [8] H .HACHEMI," rapport training a` ALTUMET SPA", 2012.
- [9] H .LAMHENE, H.CHEURFA," Étude technologique et améliorative d'une machine de soudage S.A.W.H au niveau de l'entreprise ALTUMET - Z.I de Réghaia- W d'Alger ",2016/2017.
- [10] N .Limnios," Arbres De Défaillance", Hermès, 1991.
- [11] N.M'barek "Productique, Maintenance des installations industrielles concepts, mises en œuvre et applications" , ISBN 978-2-7298-85243 ,Ellipses Édition Marketing S.A ,2014.
- [12] Normalisation française Maintenance industrielle Fonction maintenance ISSN 0335-3931, Mai 2002.
- [13] Organisme de recherche et d'information sur la logistique et le transport source, Documentation sur la gestion de la qualité Douala Cameroun, Web [http ://www.logistiqueconseil.org](http://www.logistiqueconseil.org), Email : [groupe@logistiqueconseil.org](mailto:groupe@logistiqueconseil.org).
- [14] S.BRAIR, A. Tobal, " Étude technologique d'homogénéisateur GAULIN 132 T et 'étude de ,ca fiabilité'e",2012/2013.
- [15] S.CHAOUCHI ; "Rapport de training `a ALTUMET",2011.
- [16] [www.anabib.com](http://www.anabib.com).
- [17] [www.google.com/Maps](http://www.google.com/Maps).
- [18] [www.atis-germany.de](http://www.atis-germany.de)
- [19] [https ://www.clubic.com/telecharger-fiche54328-edraw-max.html](https://www.clubic.com/telecharger-fiche54328-edraw-max.html).
- [20] [https ://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/expert/](https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/expert/)