



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة باجي مختار - عنابة -

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA-

BADJI MOKHTAR ANNABA UNIVERSITY

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master

INTITULE

Contribution à la réalisation de galets modifiés pour le transfert de bandes pour la réalisation de pipes au sein d'ALFAPIPE Annaba, destiné au transport des hydrocarbures

DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Dr. MENAIL Younes

PRESENTE PAR : BENSEMIDA Ramzi

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Pr BOULANOUAR L.

EXAMINATEURS : Pr HAMADACHE H.
Dr BENGHERSALLAH M.
Dr MENAIL Y.
Dr MOKAS N.

ANNEE 2018/2019

Remerciement

Tout d'abord, je remercie le bon dieu qui ma donné la force et la patience pour terminer mes études.

J'adresse ma reconnaissance particulièrement à ma mère ainsi qu'à ma grande famille, pour leur soutien et aide sans faille qu'ils m'ont apporté durant tout le cycle de ma scolarité.

Je tiens à remercier mon encadreur :

Mr MENAIL Younès qui a ménagé un grand effort pour me permettre de mener à bien mon modeste travail et à qui j'exprime ma gratitude et mes respects.

Un grand merci pour les responsables d'ALFPIPE qui m'ont facilité mon stage pour la réalisation de ce travail.

Enfin je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail aux êtres qui me sont les plus chers dans ce

monde :

Mes parents

Ma sœur

Mes frères

Toute ma famille

Ainsi que mes amis

Table des matières

<i>Liste des tableaux</i>	<i>iv</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>vi</i>
<i>Introduction général</i>	<i>1</i>

Chapitre I : Historique de l'entreprise SIDER

I.1.	Introduction.....	2
I.2.	Vue générale sur le complexe d'El-Hadjar.....	3
I.2.1	Historique de complexe d'EL-HADJAR.....	4
I.2.2	Structure générale du complexe	5
I.2.3	Produits du complexe d'EL-HADJAR.....	6
I.3	Présentation de l'unité ALFA PIPE	7
I.3.1	Historique de l'unité ALFA-PIPE ANNABA.....	7
I.3.2	Choix d'emplacement de la Tuberie Spirale.....	9
I.3.3	Les produits de l'unité ALFAPIPE	9
I.3.4	L'organisation fonctionnelle de l'unité ALFAPIPE ANNABA.....	10
I.3.5	Organigramme de l'unité ALFAPIPE ANNABA	11
I.3.6	Structure de l'unité	11

Chapitre II : Réalisation des pipes

II.1	Les installations de la Tuberie Spirale.....	13
II.2	Pourquoi les tubes sont soudés en spirale et non longitudinale et Quelles sont les différences.....	21
II.2.1	Processus de fabrication de tubes.....	21
II.2.2	Cycle de fabrication.....	27
II.2.3	Revêtement extérieur.....	28

II.2.4	Processus de revêtement extérieur	33
II.2.4.1	Préparation de la surface	33
II.2.4.2	Revêtement de tubes	34
II.2.4.3	Brossage des tubes.....	34
II.2.5	Revêtement intérieur.....	35
II.2.5.1	Installation de l'atelier.....	35
II.2.6	Processus de revêtement intérieur.....	37
II.2.6.1	Description de la chaîne de revêtement intérieure.....	38

Chapitre III : Fréquence des pannes

III.1	Introduction	39
III.2	Exploitation de l'historique de l'année 2015	39
III.2.1	Méthodes d'analyse prévisionnelle (Pareto)	39
III.3	Interprétation des résultats ...	43

Chapitre IV : Amélioration de la durée vie de galet

IV.1	Introduction	44
IV.2	Gamme d'usinage de galet.....	45
IV.3	Gamme d'usinage de l'axe.....	49
IV.4	Solution et proposition.....	53
IV.4.1	Modification la gamme d'usinage de galet et ajouter une couronne (non allie).....	53
IV.4.2	Les traitements thermiques.....	57
IV.5	Conclusion	60

Liste des tableaux

Chapitre I : historique de l'entreprise

Tableau I.1	produits du complexe de EL HADJAR	6
Tableau I.2	la gamme des tubes produits	9
Tableau I.3	Organigramme de l'unité ALFAPIPE ANNABA.....	11

Chapitre III Fréquence des pannes

Tableau III.1	Nombres de pannes des sous-ensembles de la machine à souder (A).....	39
Tableau III.2	Les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (B)...	40
Tableau III.3	les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (C)...	41
Tableau III.4	Les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (D)...	42

Chapitre IV : amélioration de la durée vie de galet

Tableau IV.1	Gamme d'usinage de galet.....	48
Tableau IV.2	Gamme d'usinage de l'axe.....	52
Tableau IV.3	Modification Gamme d'usinage de galet.....	54
Tableau IV.4	Modification Gamme d'usinage de Couronne.....	65

Liste des figures

Chapitre I : historique de l'entreprise

Fig I.1	Vue générale du complexe El-Hadjar.....	3
Fig I.2	Unité Alfa pipe.....	7

Chapitre II : Réalisation des pipe

Fig II.1	Bobine et sa mise en place sur le basculeur.....	13
Fig II.2	Machine de préparation bobine.....	14
Fig II.3	Machine (rabotage, guidage, dressage bande, cisailage.....	15
Fig II.4	Stand de contrôle des tubes.....	16
Fig II.5	Cordon de soudure.....	16
Fig II.6	Réparation des défauts.....	17
Fig II.7	Machine Tronçonneuse des tubes.....	17
Fig II.8	Machine banc d'essais hydrostatiques.....	18
Fig II.9	Chanfreineuses des tubes.....	18
Fig II.10	Machine de contrôle ultrason automatique.....	19
Fig II.11	Zone de contrôle radiographie.....	20
Fig II.12	Réseau de processus et interactions - Alfa pipe.....	22
Fig II.13	Cycle de fabrication.....	27
Fig II.14	Séchage du tube.....	28
Fig II.15	Grenailage extérieur de tube soudé spirale.....	29
Fig II.16	Revêtement des tubes (époxy, adhésif, PE).....	30
Fig II.17	Le refroidissement laminaire des tubes.....	31
Fig II.18	Brossage du tube (partie fixe).....	32

Fig II.19	Balais électrique.....	32
Fig II.20	Générateur (détecteur de porosité).....	33
Fig II.21	Sécheur intérieur du tube.....	35
Fig II.22	Grenailleuse intérieure.....	36
Fig II.23	Machine époxy	36
Fig II.24	Marquage des tubes.....	37
Fig II.25	Processus de revêtement intérieur.....	37

Chapitre III : Fréquence des panes

Fig III.1	Histogramme nombre des panes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des panes cumulée%.....	40
Fig III.2	Histogramme nombre des panes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des panes cumulée%.....	41
Fig III.3	Histogramme nombre des panes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des panes cumulée%.....	42
Fig III.4	histogramme nombre des panes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des panes cumulée%.....	43

Chapitre IV : Amélioration de la durée vie de galet

Fig IV.1	Mécanisme de guidage de bande.....	44
Fig IV.2	iso statisme de galet.....	45
Fig IV.3	cotation de galet.....	45
Fig IV.4	Dessin de définition	45
Fig IV.5	cotation de l'axe	49
Fig IV.6	iso statisme de l'axe.....	49
Fig IV.7	Dessin de définition.....	50
Fig IV.8	Cycle complet (trempe, revenu)	59

INTRODUCTION GENERALE :

La relation entreprise-université est la clé de la réussite pour le développement économique du pays. Cette dernière permet à l'université de s'ouvrir sur la société et de s'épanouir en ouvrant de larges horizons aux étudiants. L'entreprise de son côté peut compter sur l'université pour la formation de ses cadres, pour des échanges dans le cadre de la recherche et du développement économique. Cet échange se matérialise par le stage pratique que nous avons passé au sein de l'entreprise ALFAPIPE. Cette entreprise qui nous a ouvert ses portes, nous a permis de découvrir un nouveau monde, le monde de l'industrie.

Lors de notre stage, nous avons pu découvrir le monde du travail, monde que nous devons investir après notre formation au sein de l'université et l'obtention de notre diplôme de MASTER II en mécanique. Durant la période du stage, nous avons procédé par étape pour découvrir l'entreprise. Nous avons été accueillis et pris en charge par des cadres de l'entreprise pour assurer notre sécurité et faciliter notre intégration. Nous avons visité les différents ateliers, depuis l'arrivée de la matière première, jusqu'à la sortie des pipes. Cela nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques que nous avons pu acquérir au sein de l'université Badji Mokhtar. Après un mois passé au sein de l'entreprise ALFAPIPE, nous avons pu découvrir que la jonction entreprise université, pour nous étudiants, se fait impérativement au sein des ateliers, pour jauger nos connaissances théoriques et les mettre en valeur au sein de l'entreprise.

Je profite de l'occasion pour féliciter les cadres qui nous ont pris en charge pour nous encadrer et nous expliquer les différents processus pour la réalisation des pipes. Ils m'ont aidé à choisir mon sujet de MASTER, suite aux problèmes rencontrés.

Mon sujet de mémoire qui se compose de quatre chapitres est intitulé :

Contribution à la réalisation de galets modifiés pour le transfert de bandes pour la réalisation de pipes au sein d'ALFAPIPE Annaba, destiné au transport des hydrocarbures

Les quatre chapitres qu'englobe mon mémoire se présentent comme suit :

Chapitre I : Historique de l'entreprise SIDER Annaba :

Ce chapitre relate la création de l'entreprise SIDER, ainsi que celui d'ALFAPIPE. Il met en relief le choix stratégique de l'entreprise, son objectif, sa production ainsi que son importance au sien du tissu économique national.

Chapitre II : Réalisation des pipes

Ce chapitre met en évidence la technique utilisée pour la réalisation des pipes tout en relatant les différents procédés de soudage de contrôle qualité de leur mise en épreuve et de leur protection.

Chapitre III : Fréquence des pannes

Ce chapitre traite les différentes pannes et leurs origines, ainsi que la méthode d'analyse prévisionnelle.

Chapitre IV : Amélioration de la durée de vie du galet

Ce chapitre qui représente la partie spéciale du mémoire, fait l'objet de propositions de solutions pour remédier aux problèmes rencontrés au sein de l'entreprise. Il comporte une gamme d'usinage et d'un traitement thermique proposés comme solutions pour remédier aux problèmes d'usure de la surface du galet.

I.1. Introduction :

Dans le cadre de ma deuxième année Master option : Fabrication mécanique, j'ai réalisé mon stage au sein de l'unité ALFA-PIPE pendant 1 mois (10-03-2019 à 10-04-2019). Ce stage a été l'opportunité pour moi d'apprendre des nouveaux secteurs. L'objectif principal était de me former, durant cette période, à ce métier. Au-delà des connaissances techniques que j'ai pu acquérir et des compétences que j'ai développées, cette expérience m'a réellement permis de comprendre la réalité du monde de l'entreprise.

Afin de retranscrire fidèlement cette expérience dans la société, il est indispensable d'évoquer l'environnement technique de l'entreprise, en apportant des précisions sur le travail temporaire et son fonctionnement, puis en effectuant une présentation du groupe lui-même. Ensuite, j'évoqué les missions qui m'ont été confiées durant cette période, ainsi que les compétences que j'ai pu développer.

I.2. Vue générale sur le complexe d'El-Hadjar :

C'est un centre principal de sidérurgie, situé à une distance de 15 Km au sud de la ville d'ANNABA, il occupe une superficie de 800 Hectares.

Ce complexe a pour mission de valoriser le minerai de fer des mines de l'OUENZA et de fabriquer les produits sidérurgiques.



Fig.1 vue générale du complexe El-Hadjar

Il est composé de quatre zones de production

- ✓ ZONE FONTE.
- ✓ ZONE DES PRODUITS LONGS.
- ✓ ZONE DES PRODUITS PLATS.
- ✓ ZONE DES TUBRIES.

Ce complexe est équipé de 03 centrales thermiques, 04 centrales à oxygène et 03 usines à eau. Enfin, ce complexe emploie plus de 9000 travailleurs entre cadre et opérateur.

I.2.1. Historique de complexe d'EL-HADJAR :

La société nationale de sidérurgie a été créée le 03/09/1964 par ordonnance NQ 642-72, et constitue l'une des cinq (05) entreprises nationales sous la tutelle du ministère de l'industrie lourde. Elle regroupe différentes unités, réparties sur tout le territoire national. En tant que moyen pour assurer le développement du pays et d'améliorer les conditions de vie des algériens, autrement dit pour répondre aux impératifs économiques et sociaux du développement du pays.

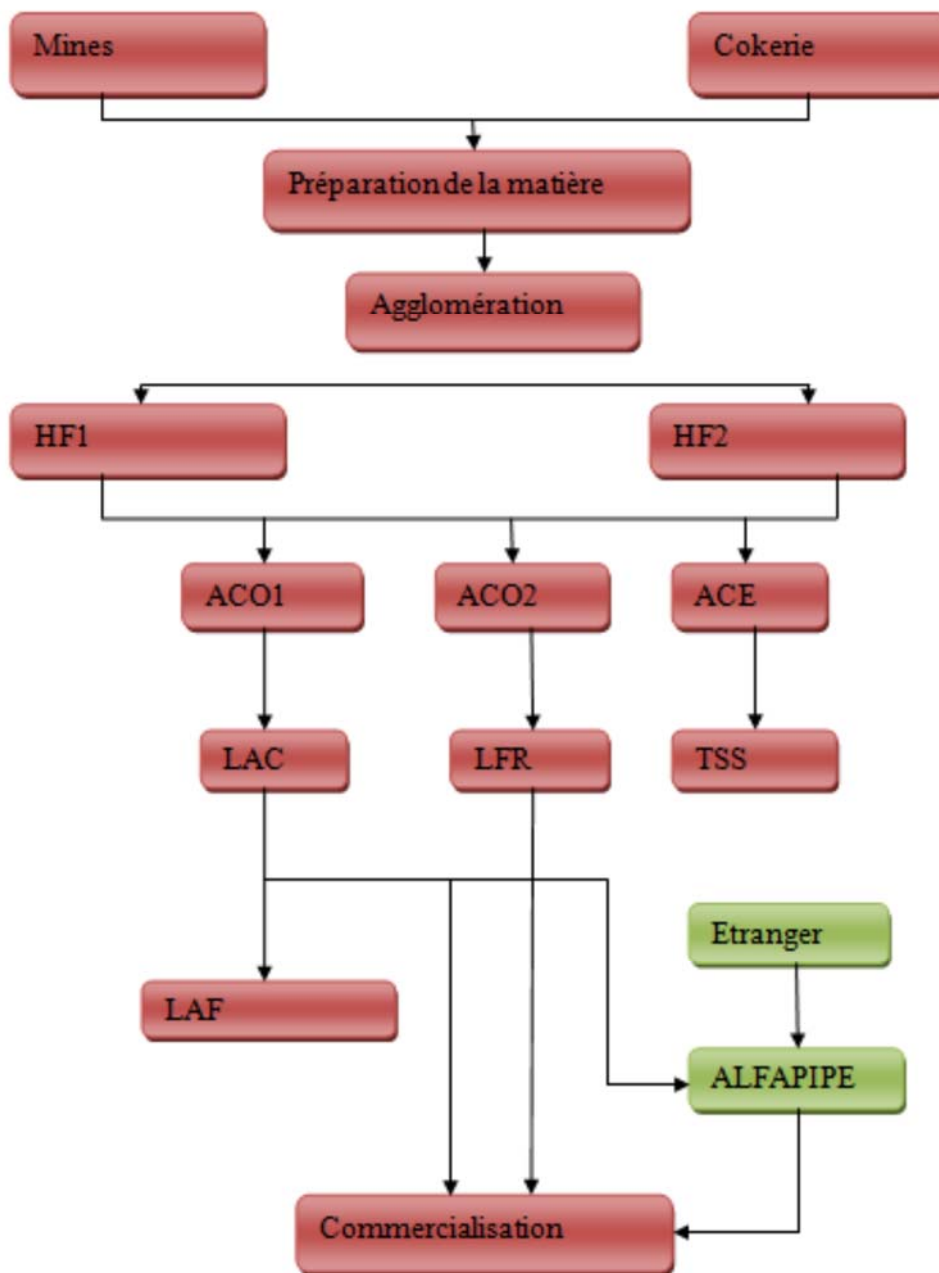
La SNS a bénéficié des différents plans de développement pour devenir enfin entreprise nationale de sidérurgie suite à la restructuration des sociétés nationales.

Groupe Industriel SIDER a développé en 1969 une sidérurgie à El-Hadjar pouvant répondre à une gamme de produits sidérurgiques très variés.

Le complexe intégré d'El-Hadjar depuis 1969 a vu son domaine d'activités se développer au fil des années afin de répondre à la demande incessante, et croissante, en produits sidérurgiques pour la réalisation de plusieurs secteurs (habitat, unités pétrolières, ... etc.).

Suite à la politique de privatisations suivie par le pays, pour donner une nouvelle dynamique à la croissance et au développement, le complexe d'El-Hadjar a été acquis par le Groupe Mittal pour devenir la propriété du Groupe Sidérurgique International « ARCELOR-MITTAL ».

I.2.2. Structure générale du complexe :



I.2.3. Produits du complexe d'EL-HADJAR :

Les principaux produits sont :

Tableau I.1 Produits du complexe d'EL-HADJAR.

Installation	Produits	Principaux utilisateurs
Cokerie	Coke	✓ Métallurgie
Secteur haut-fourneaux 1et2 (HF1 et HF2)	Fonte	✓ Métallurgie
Aciérie à oxygène 1et2 (ACO1 et ACO2)	Brames et billettes	✓ Industrie de transformation
Laminoir à chaud LAC	Tôles fortes	✓ Construction métallique. ✓ Chantier Navals. ✓ Tubes et Bouteilles à gaz. ✓ Industrie et transformation.
Laminoir a froid LAF	Tôles fines	✓ Electroménager. ✓ Mobilier métallique. ✓ Industrie de transformation.
Tuberie spirale TUS	Tube avec soudure	✓ Transport des hydrocarbures et d'hydraulique.
Tuberie sans soudure TSS	Tube sans soudure	✓ Exploitation des hydrocarbures et d'hydraulique.
Aciérie électrique ACE	Lingots	✓ Recherche et production pétrolière et transport des hydrocarbures.
Laminoir à fils ronds LFR	Fil rond à béton	✓ Bâtiment et travaux publics hydraulique.
Etamage	Fer blanc	✓ Emballage métallique divers pour les industries alimentaires et chimiques.
Galvanisation	Tôles galvanisés	✓ Bâtiments pour l'agronomie. ✓ Industrie et élevage.

I.3. Présentation de l'unité ALFA PIPE :

Notre stage s'est effectué au niveau de l'unité de fabrication des tubes soudés en spirale ALFAPIPE du Complexe Sidérurgique d'EL-HADJER.



Fig.2. Unité Alfa pipe

I.3.1. Historique de l'unité ALFA-PIPE ANNABA :

SONATRACH, est une société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures depuis 1966. Ses considérables besoins en moyens de transports, oléoducs et gazoducs sont réalisés en tubes d'acier.

La SNS société nationale de sidérurgie était alors chargée par le ministère de l'industrie de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la réalisation immédiate de cette demande. Elle est appelée à satisfaire une part importante de des besoins exceptionnels en tubes de la SONATRACH, auxquels s'ajoutent ceux de l'hydraulique, de l'agriculture et de l'équipement industriel en général.

C'est pourquoi le projet d'implantation d'unités de fabrication de tubes soudés en spirale au sein de la SNS était mis à l'étude, TSS

Début des travaux en 1967 et mise en service en mai 1969.

Deux investissements importants ont été effectués entre 1975 et 1995, pour répondre aux besoins du marché des tubes de transport d'hydrocarbures :

- ✓ **En 1975**, l'implantation d'un atelier d'enrobage intérieur (revêtement intérieur) de tube par époxy, surtout utilisés pour des tubes de gaz.
- ✓ **EN 1995**, l'implantation d'un atelier de revêtement extérieur en trois couches en polyéthylène.

Après restructuration de SIDER en 1999, l'unité devient ALFATUS (l'algérienne de fabrication des tubes soudés en spirale), une filiale du groupe SIDER. En juillet 2006, ALFATUS SIDER signe sa fusion avec PIPE-GAZ Annaba/Ghardaïa et devient ALFAPIPE (l'algérienne de fabrication des pipes) avec une direction générale commune à Alger. ALFA PIPE ANNABA occupe une superficie de 98.000 m² à 15 km au sud d'Annaba.

I.3.2. Choix d'emplacement de la Tuberie Spirale :

Ce choix répondait à plusieurs critères :

- ✓ Proximité du port d'Annaba (environ 15 Km), pour la réception des matières premières, provenant essentiellement de l'étranger (bobines, fils de soudure...).
- ✓ Proximité de la ligne de chemin de fer pour l'évacuation de ces produits finis.
- ✓ Proximité du laminoir à chaud au sein du complexe pour une éventuelle utilisation des bobines du laminoir à chaud SNS.

I.3.3. Les produits de l'unité 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. 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), et de longueur entre 9 m et 12 m.

Le tableau suivant illustre les caractéristiques des tubes fabriqués

Diamètre des tubes en pouces	16	24	30	36	42	48
Épaisseur en (mm)	5.0	7.5	9.0	11.0	11.0	12.0
Largeur des bandes (mm)	800	1200	1500	1800	1800	1800
Capacité de production (m de tube / heure)	57	47	42	34	24	14

Tableau I.2 : La gamme des tubes produits

Les machines de l'unité peuvent traiter des aciers laminés à chaud à très hautes limites d'élasticité dans les nuances X60 à X70.

Les bobines utilisées pour la fabrication des tubes spirales sont livrées brutes, ces approvisionnements proviennent principalement de l'Allemagne, du Japon, de Russie ou du LAC SIDER. Les bobines utilisées peuvent avoir une épaisseur variant de 5 à 15 mm, une

largeur de 600 à 1870 mm, un poids compris entre 29 et 36 tonnes, la production actuelle est de l'ordre de 130 000 tonnes/ans.

I. 3.4. L'organisation fonctionnelle de l'unité ALFAPIPE ANNABA :

L'organisation d'ALFAPIPE ANNABA regroupe les cinq (5) fonctions suivantes :

•Fonction Technique :

Elle prend en charge : l'ordonnancement de la fabrication des tubes et son parachèvement, le revêtement, le contrôle qualité, la gestion de la maintenance, le dépannage, l'entretien préventif, la sous-traitance, la gestion des moyens de manutention et l'exécution des opérations de stockage.

•Fonction Commerciale :

Elle assure l'ensemble des activités de vente et de relations avec les clients tel que l'achat, la vente, l'après-vente, la prospection, la programmation, ainsi que le traitement des réclamations de la clientèle.

•Fonction approvisionnement :

Elle prend en charge la gestion de stock des pièces de rechange, le consommable de la fabrication et l'opération de dédouanement.

•Fonction Ressource Humaine et moyens Généraux :

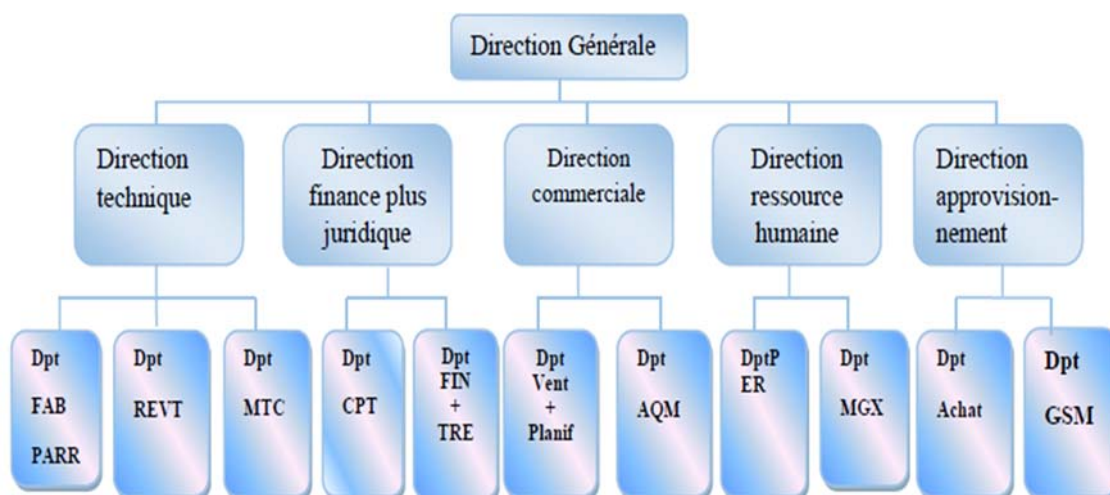
Elle recouvre les activités suivantes :

- ✓ **Ressource Humaines :** Gestion du personnel.
- ✓ **Moyens Généraux :** relations extérieures (mission, accueil), hygiène et sécurité industrielle, gestion du parc véhicule et économat.

•Fonction Finance et Juridique :

Elle assure les activités suivantes : Budget, trésorerie, finance, gestion du patrimoine, assurance, fiscalité et juridique, comptabilité générale et analytique ; contrôle de gestion.

I.3.5. Organigramme de l'unité ALFAPIPE ANNABA :



Nomenclatures	Le sens	Nomenclatures	Le sens
Pdt	Département	Par	Parachèvement
Cpt	Comptabilité	Tre	Trésorerie
Pers	Personnels	Gsm	Gestion de Stocks
Mtc	Maintenance	Revt	Revêtement
Fab	Fabrication	Planif	Planification
Fin	Finance	Aqm	Assurance qualité et métallurgie
Mgx	Moyens généraux		

Tableau I.3 : Organigramme de l'unité ALFAPIPE ANNABA.

I.3.6. Structure de l'unité :

Les installations sont réparties en trois bâtiments industriels :

- ✓ Le bâtiment de revêtement extérieur au polyéthylène construit en 1993-1995, d'une superficie de 2940m².
- ✓ Le bâtiment de revêtement intérieur à l'époxy, construit en 1973-1975, d'une superficie de 4480m².
- ✓ La Tuberie spirale est composée de 04 halls couvrant une superficie d'environ 18000m², d'un bâtiment administratif et d'une sous –station électrique de 15KV/380V (3 transformateurs de 1600KVA et 2 transformateur d'éclairage)

La puissance électrique totale installée est de 3800KVA. Le hall de stockage des bobines est desservi par 02 voies ferrées et une voie sous –terrain relié directement au LAC ainsi qu'un pont roulant de 44tonnes, il permet de stocker 15000tonnes de bobines, soit la consommation

d'un mois et demi de production. Le hall des machines à souder est desservi par 02 voies ferrées et par un pont de 44t, il abrite 04 machines identiques à souder en spirale, la machine de préparation des bobines et la machine de régénération du flux.

Les deux halls de parachèvement des tubes (préfinissions) sont disposées perpendiculairement aux 02 halls précédents ,ils sont desservi chacun par un pont roulant de 7,5t et de 34.8 m de portée , destinés à l'entretien des machines et au transfert rapide des tubes, faisant l'objet de procédures spirale de fabrication .La manutention normale des tubes dans les deux derniers halls se fait par un système de convoyeur à rouleaux et de grilles équipées de dispositifs de manutention tels qu'éjecteur, magasins de chargement, stoppeur...etc. A commande hydraulique (par des distributeurs), alimentés par 07 groupes hydrauliques indépendants.

II.1. Les installations de la Tuberie Spirale :

Cette unité est conçue pour la transformation à froid des bobines de tôle en tubes soudés en spirale et elle est équipée de :

✓ **Basculeur de bobines :**

Les bobines de tôle arrivant à axe verticale sont mises à axes horizontal sur cette installation pour pouvoir être préparées.



Figure II.1 : Bobine et sa mise en place sur le basculeur

➤ **Machine de préparation bobine :**

Cette machine est alimentée en bobines à axe horizontal par le pont roulant, la bobine ainsi placée et déroulée sur une certaine longueur pour subir plusieurs opérations :

La première partie de la bobine est coupée d'équerre suivant l'axe de la bobine et elle est soumise à :

- Un contrôle dimensionnel (épaisseur, criques, ...etc.)
- Un contrôle visuel (empreintes, criques, ... etc.)
- Un contrôle ultrasonique pour détecter les éventuels défauts interne (des doublures).

Si le début de la bande ne présente pas des défauts, on considère que la bobine est apte à être consommée. Dans le cas où le début de la bobine contient des défauts, la bobine sera refusée.



Fig.II.2 : Machine de préparation bobine

➤ **Machine à souder**

La tuberie spirale dispose de quatre (04) machines à souder identiques, qui permettent la réalisation de plusieurs opérations pour la fabrication du tube.

Le Rabotage :

C'est une opération qui consiste à raboter le bout de la bobine pour le raccorder à la précédente par un soudage automatique sous flux. La durée de l'opération dure environ 30 minutes et nécessite l'arrêt de la production.

✓ **Le Guidage :**

Quatre (04) galets de guidage à commande hydraulique permettent un réglage rapide de la bande en cas de dérives dues aux variations de largeur de bande.

✓ **Dressage bande :**

Un train de roulements dresseurs assure une parfaite planéité et contribue au guidage de la bande.

✓ **Cisailage :**

Des cisailles de rive permettant la mise en largeur définitive de la bande.

Les chutes ainsi obtenues par cisailage sont coupées par simple rotation de deux (02) tourteaux hacheurs équipés de plusieurs couteaux en acier.



Fig.II.3 : machine (rabotage, guidage, dressage bande, cisailage)

✓ **Formage de la bande :**

La bande est entraînée par deux (02) rouleaux cylindriques, elle subit un préformage par des galets cambreurs, des bras de guidage avec plaque d'usure en TEFLON maintiennent la bande. Celle-ci est introduite dans la cage de formage constituée de plusieurs trains de galets, ajustés suivant le diamètre à réaliser.

La bande ainsi formée, est soudée intérieurement, puis une demi-spire après extérieurement.

Le procédé utilisé est le soudage automatique, à arc immergé sous flux ; une centrale permet la récupération de flux en excès pour le recycler. Le tube formé est coupé à la longueur voulue par un chariot d'oxycoupage prévu à cet effet.

✓ **Deux machines de nettoyage tubes :**

Le tube ainsi mis en longueur est nettoyé sur une machine qui le débarrasse de tous les déchets (flux, laitier, ... etc.).

✓ **Zone visuelle :**

A ce niveau, les opérations suivantes sont réalisées :

- Contrôle de l'aspect visuel de la tôle et du cordon.
- Contrôle dimensionnel (longueur, diamètre, épaisseur).
- Elimination par meulage de certains types de défauts.
- Transcription de ces informations sur la carte suiveuse du tube.

(Signalisation des opérations qui sont réalisées sur le tube).



Fig II.4 : Stand de contrôle des tubes

➤ **Machine de reprise des soudures :**

Cette machine effectue l'opération de soudage extérieure des parties rabotées. Le système de soudage est identique à celui des machines à souder en spirale.



Fig II.5 : Cordon de soudure

✓ **Zone de réparation:**

Equipée de deux (02) poste à souder manuel pour réaliser toutes les réparations de défauts préjudiciables de la soudure, signalés en amont par le contrôle visuel.



Figure II.6 : Réparation des défauts

✓ **Tronçonneuse des tubes :**

Cette machine est utilisée pour l'oxycoupage des tubes suivant les instructions du contrôle visuel et figurant sur la carte suiveuse de tube.



Fig.II.7 : machine Tronçonneuse des tubes

✓ **Banc d'essais hydrostatiques :**

Cette installation sert à contrôler les tubes à une pression équivalente à 90% (pression d'épreuve) de la pression de service de l'acier utilisé, cette opération a pour but de

vérifier d'une part l'étanchéité du tube, et d'autre part le comportement du tube lors de la montée en pression (résistance de la tôle et du cordon de soudure).



Fig.II.8 : machine banc d'essais hydrostatiques

✓ **Deux chanfreineuses des tubes :**

Pour permettre l'opération de soudage manuel, le tube est chanfreiné sur cette installation suivant les normes de travail. L'angle obtenu est en général de 30° à 35° avec un talon de 1.5mm.



Fig.II.9 : chanfreineuses des tubes

✓ **Machine de contrôle ultrason automatique :**

Le cordon de soudure est contrôlé par une machine électrique à émission ultrason à l'aide de deux (02) palpeurs à angle situés de part et d'autre de cordon de soudure. La tôle est également contrôlée par un palpeur plan en mouvement de translation entre les deux (02) spires.



Fig.II.10 : Machine de contrôle ultrason automatique

✓ **Deux machines de contrôle radiographique et radioscopique :**

Chaque défaut de soudage repéré à l'ultrason automatique, fait l'objet d'une première radiographie au rayon X. un second appareillage radiographique, identique au précédent et spécialisé au prise de la radiographie des soudures d'extrémités, la radioscopie utilise un écran fluorescent visualisant les défauts, mais la radiographie ; elle utilise des films de radiographie. Ces installations sont isolées par un écran de plomb, permettant la protection des personnels contre les rayons X.



Fig.II.11 : zone de contrôle radiographie

✓ **Zone de contrôle final :**

Au niveau de ce stand, les opérations suivantes sont réalisées :

- Contrôle visuel et dimensionnel.
- Vérification de la carte suiveuse du tube, 02 cas peuvent se présenter :
 - Le tube ne comporte pas des défauts, et les opérations mentionnées sur la carte suiveuse sont réalisées, dans ce cas le tube reçoit un numéro d'expédition et suit son chemin au parc de stockage.
 - Le tube comporte un défaut ou bien l'opération mentionnée sur la carte n'a pas été réalisée, dans ce cas, le tube retourne en atelier pour subir les prestations manquantes.

II.2. Pourquoi les tubes sont soudés en spirale et non longitudinale et Quelles sont les différences.

Les tubes en spirale sont spécialement traités. Ils ont différents avantages et forces. C'est un processus métallurgique pour la production de la capacité de pipeline de haute qualité. La sortie du portique est équipée d'un système de refroidissement par eau pour accélérer le refroidissement, ce qui permet l'utilisation de composants à faible alliage pour obtenir un niveau de résistance particulier et une ténacité à basse température, améliorant ainsi la soudabilité de l'acier. Dans le sens commun, la teneur en alliage de bobine est souvent inférieure à celle d'un acier de qualité similaire, ce qui améliore également la soudabilité du tube en spirale. Généralement, il est différent dans les propriétés des deux types de tuyaux. Le processus de soudage du tube en spirale, les méthodes de soudage de tuyau d'acier à couture droite varient à partir du processus précédent. Ainsi, la probabilité de présence de défauts de soudage s'est également considérablement améliorée. Le tuyau de couture droite aura inévitablement beaucoup de T-soudure. La contrainte résiduelle de soudage en T et le métal de soudure sont souvent dans un état de contrainte tridimensionnel. Ainsi, il peut augmenter la possibilité de fissures. Pour une meilleure utilisation, tuyaux en acier API et autres tuyaux en acier sont à un plus grand diamètre et une plus grande résistance. Avec l'augmentation du diamètre de tuyau, l'efficacité de travail et la qualité d'acier ont augmenté. L'essai du tube soudé en spirale et des tuyaux soudés longitudinalement a été fait qu'il indique que le tube soudé en spirale inclinés a une ténacité d'impact élevée. Lorsqu'il s'agit des applications, le tube soudé en spirale est plus répondu.

***Exemple :** un tube de 48 pouces de diamètre (1219.2 mm) est obtenu en spirale à partir de bobine de 1700 mm de largeur alors qu'un tube de même diamètre soudé en longitudinal demanderait une tôle de 3830 mm de largeur. Ce procédé permet aussi la possibilité sur une même ligne de production de programmer les différentes longueurs de tubes dans une fourchette déterminée.

***Exemple :** pour un diamètre de 48 pouces obtenus d'une bobine de 1700 mm de largeur, on peut programmer des longueurs différentes entre 06 et 15 mètres.

II.2.1. Processus de fabrication de tubes

Ce réseau se consacre à trois activités majeures :

- ✓ La fabrication des tubes.
- ✓ Le contrôle des fabrications.
- Les expéditions des tubes.

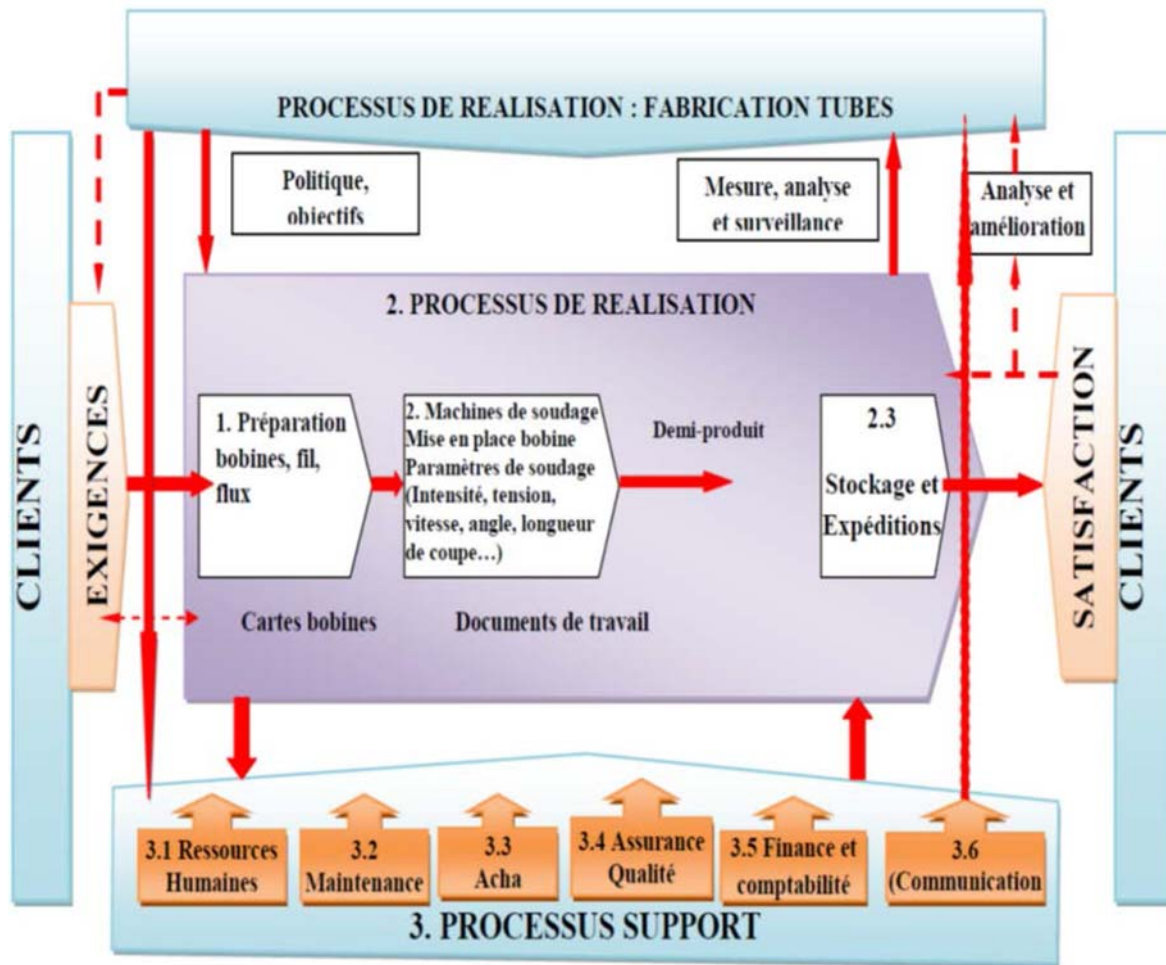


Fig.II.12 : Réseau de processus et interactions - Alfa pipe

➤ **Fabrication des tubes:**

Elle comprend deux phases principales :

- ✓ Le formage et soudage des tôles (bobines).
- ✓ Le parachèvement des tubes.

➤ **Formage et soudage des tôles (bobines):**

Ils sont obtenus à partir de bobine à chaud dans les largeurs sont de 600 à 1870 mm, pour des poids variant de 29 à 27 t.

Les bobines sont déroulées, planées, formées en hélice puis soudées à l'arc immergé sous flux en deux passes successives sur une même machine dite machine à souder en spirale.

1. Théoriquement, les tubes obtenus sont de longueur illimitée car la machine est équipée en amont d'un stand de rabotage des bobines par soudure à l'arc immergé.

2. Pratiquement, les conditions de transport des tubes imposent une limite fixée à 15 m, base retenue pour les schémas de circulation des produits de toute l'unité.

Quatre machines identiques ont été implantées pour assurer une production globale annuelle à trois postes de l'ordre de 100.000 t/an des tubes de qualité pétrole (110.000t en 42 '' ou 80.000t en 30'').

Le tonnage des tubes produits varie essentiellement en fonction du poids des bobines, de la largeur de la bande et de la vitesse de soudage. La vitesse de soudage est directement liée à l'épaisseur traitée.

✓ **Formage des bandes:**

Le formage en hélice est obtenu par l'introduction de la bande dans une cage à galets au diamètre et à l'angle de l'hélice des tubes à fabriquer ; l'effort poussant est soumis et transmis à la bande par deux pinch-rolls entraînés par un ensemble moto réducteur de 45KW.

✓ **Soudage des bandes:**

Une fois enroulées en hélice, les bandes sont soudées par un procédé dit à l'arc immergé sous flux en deux passes successives, l'une à l'intérieur du tube, à l'accostage des rives, l'autre à l'extérieur, une demie spire plus loin.

La préparation des bords pour soudage se fait sur le châssis amont de la machine ou sont fixés les dispositifs de planage de la tôle, de cisailage et de chanfreinage. Avec l'emploi de bobine importée comportant des risques d'oxydation de la tôle, la machine est de plus équipée de dispositifs de brossage énergétique de la face intérieure du tube après chanfreinage. Lors du soudage, l'accostage des rives est contrôlé par un système automatique de réglage de la fente de soudage, la machine conçue pour passer des bandes présentant un cambrage de l'ordre de 25 mm sur une longueur de 10 m.

✓ **L'oxycoupage des tubes:**

Lorsque le tube a atteint sa longueur programmée, il aura un oxycoupage automatique sur le châssis arrière de la machine spirale, puis évacué sur grilles de stockage.

✓ **Equipements complémentaires de fabrication :**

Bien que très complètes, les machines à souder en spirales requièrent un certain nombre d'équipements annexes.

A-Machine de préparation des bobines :

Sur cette machine les têtes de bobines sont ouvertes et préparées par l'oxycoupage de façon à permettre le rabotage sur la machine spirale.

Les longueurs à chuter sont déterminées par contrôle visuel et ultrasonique, les têtes de bande présentant assez systématiquement des défauts soit dimensionnels, soit de laminage (feuillages ou de doublures).

B-Machine de génération de flux de soudage :

Cette machine permet la circulation du flux non fondu lors de l'opération de soudage des bandes. Elle assure le dépoussiérage, l'élimination des particules métalliques par séparation magnétique et l'élimination des poussières fines.

C-Machine de reprise des soudures extérieures :

Cette machine permet de réaliser le cordon extérieur des soudures et rabotage, non terminées sur la machine spirale.

Elle permet d'autre part, la reprise éventuelle des interruptions ou défauts de garde longueurs du cordon de soudure extérieur.

➤ **Zone de réparation des défauts de soudage :**

Les défauts de soudage pouvant apparaître dans le cordon de soudure sont réparés manuellement sur une zone de réparation des tubes, équipée de quatre vireurs et quatre postes manuels (redresseurs de 1000A), permettant le soudage selon le « procédé Arc Air ».

✓ **Parachèvement des tubes:**

Les tubes bons c'est-à-dire les tubes ayant subi avec succès les différents contrôles en ligne, sont chanfreinés à leurs extrémités sur deux chanfreins de type « tourillonner », la qualité de cette préparation spéciale pour tube de forte épaisseur étant de grande importance puis qu'elle conditionne les cadences de soudage manuelles du chantier de poste du pipe-line.

✓ **Contrôle en ligne de fabrication:**

De façon à effectuer un contrôle sérieux des qualités dimensionnelles des tubes, des stands de contrôle dimensionnel et visuel ont été implantés derrière les machines spirales et après l'essai hydrostatique, afin d'obtenir un suivi systématique de la qualité de chaque tube, aux différents points de vue longueur, diamètre, rectitude, ovalisation, effet de toit des soudures, aspect extérieur des cordons, état du métal de base.

De plus, compte tenu des exigences imposées par l'industrie pétrolière les opérations de contrôle du métal de base et de cordon de soudure sont très poussées et ont requis la mise en place à la Tuberie d'un laboratoire d'essai mécanique et l'installation dans l'atelier d'un matériel de contrôle non destructif important.

✓ **Contrôle destructif et essai en laboratoire :**

Ces contrôles portent essentiellement :

D'une part, sur la qualité du feuillard.

D'une autre part, de la soudure obtenue par la machine à souder en spirale.

Ces différents contrôles nécessitent le découpage d'un grand nombre d'éprouvettes la bobine et sur les tubes à tous les niveaux de fabrication. Leur conditionnement se fait au niveau du laboratoire sur machine outils.

A- Qualité de feuillard :

Les hautes caractéristiques demandées aux bobines requièrent un contrôle sévère des qualités du métal employé :

- Contrôle des caractéristiques mécaniques des bobines d'une même coulée, principalement limite élastique (E), limite de résistance à la traction (R) et allongement. Ces contrôles se font sur la tête de la bobine avant le formage et sur le tube après le formage.
- Contrôle de l'analyse chimique du métal suivant les différents critères de soudabilité.

B- Qualité du joint soudé :

- Contrôle des caractéristiques mécaniques, principalement limite de résistance à la traction transversale et essai pliage.
- Prises de macrographies et micrographie assurant le suivi des variables de soudage des machines.

- **Contrôle non destructif en ligne :**

Ces contrôles mettent principalement en œuvre les techniques ultra-soniques, radiographiques et radioscopiques.

A- Contrôle des têtes de bande :

La recherche des défauts des têtes de bande, en particulier des doublures de laminage, se fait à l'aide d'appareils manuels à ultra-sons au niveau de la machine de préparation bobines.

B- Contrôle continu du cordon de soudure sur la machine NDT :

La recherche des défauts internes du cordon de soudure, en particulier inclusions gazeuses et fissures, se fait à l'aide d'un appareillage à ultra-son automatique sur la machine NDT. Deux palpeurs émetteurs récepteurs disposés de chaque côté du cordon et en contact avec le tube, testent la soudure et déclenchent des jets de peinture au droit des défauts hors tolérances.

Cette localisation des défauts éventuels facilitera la recherche de leur importance et de leur type par radiographie.

C- Radiographie des défauts de soudage :

Chaque défaut de soudage repérée aux ultra-sons automatiques sur la machine NDT est l'objet d'une radiographie aux rayons X, l'appareillage de prise de radiographie est disposé en fosse et permet le traitement de 30 films/heure.

L'interprétation des films peut conduire à la réparation du défaut par soudage manuel.

Les défauts réparés manuellement font tous l'objet d'une nouvelle radiographie qui a pour but de constater la qualité de réparation.

L'appareillage de radiographie est complété par des équipements de radioscopie qui permet de suivre en continu la qualité du cordon de soudure sur un écran de télévision.

D- Radiographie des soudures d'extrémités de tube :

Un second appareillage de radiographie est spécialisé dans la prise de radiographie des soudures d'extrémités.

Il est en effet important de pouvoir livrer des soudures d'extrémités très saines et éviter des défauts risquant d'apparaître au moment de la réalisation des soudures de chantier.

Il s'agit donc là d'un suivi systématique de la qualité des extrémités des cordons de soudures qui par ailleurs ont déjà été testées à l'ultra-son automatique.

E- Contrôle ultra-sonique des extrémités de tube :

Dans le même esprit, le métal de chaque extrémité de tube est testé à l'aide d'appareils à ultra-son manuel de façon à localiser puis écarter par oxycoupage tout défaut de laminage tel que dédoublements ou feuilletage.

F- Essais hydrostatiques :

Conformément aux règlements de sécurité gazoducs et oléoducs, actuellement en vigueur, chaque tube produit est éprouvé à une pression correspondante à un taux de travail d'environ 90 % de sa limite élastique.

Cette épreuve est faite avant la radiographie des extrémités de tube et doit permettre de faire apparaître éventuellement les fissures de cordons des soudures qui n'avaient pas été détectées par l'ultra-son.

Elle a d'autre part, comme conséquences favorables de normaliser les tensions internes du métal du tube et de relever légèrement les valeurs de la limite élastique.

Cette épreuve se fait sans expansion proprement dite, le procédé de formage en spirale permettant d'obtenir des tubes très ronds.

II.2.2. Cycle de fabrication

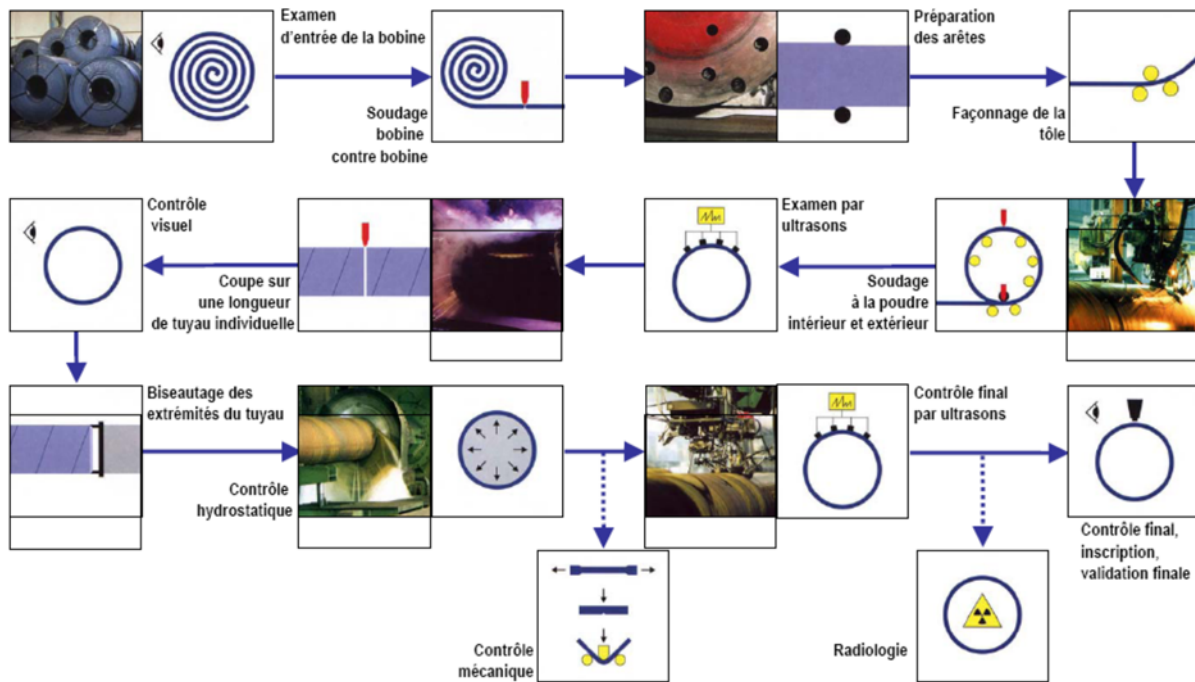


Fig.II.13 : Cycle de fabrication

- **Les expéditions:**

A leur sortie du contrôle final, les tubes sont stockés sur des grilles disposées en aval de l'atelier. Ces grilles réalisent un stockage tampon d'un à deux jours de production (soit environ 350 tubes pour le diamètre 34''). Elles permettent une plus grande souplesse dans les opérations de stockage et d'expédition, liés à l'arrivée des rames de wagons et à la rotation des engins de chargement.

Le stockage par épaisseur et par diamètre de tube sont faits sur un parc de 2.500 m² permettent le stockage d'environ un mois à un mois et demi de production (environ 3000 à 4000 tubes de Ø 34'').

L'opération de stockage est réalisée par des chariots élévateurs à fourches latérales, capable de transporter 2 tubes de 36'' et d'une longueur de 15m.

Les expéditions sont faites par wagons spéciaux à tubes, le chargement sur wagons est effectué par une grue à poste fixe alimentée par les chariots à fourche latérale.

Les opérations de stockage et d'expédition sont rendues possibles la nuit par l'implantation de quatre tours d'éclairage de 35m de hauteur équipées de sept projecteurs de 2000 watts donnant un éclairage moyen de 10 lux.

Actuellement ; les expéditions se font au rythme de rame de 150 tubes par jour.

II.2.3. Revêtement extérieur

A.1. Contrôle d'entrée :

Il est absolument indispensable de procéder à un contrôle d'entrée en tant que mesure d'assurance qualité étant donné qu'après le revêtement, tous les contours de la surface (géométrie du cordon de soudure, bosses, etc.) sont aussi reconnaissables sur la surface PE

A.2. Zone d'entrée :

A.2.1. Séchage des tubes :

Les tubes qui sont humides en raison du stockage à l'extérieur, du transport, etc., doivent être séchés avant le grenailage.

Les tubes à sécher sont déposés par injecteur sur le convoyeur à rouleaux obliques motorisé. Pour économiser de l'énergie, le début et la fin des tubes sont très proches l'un de l'autre sur le convoyeur.

On chauffe les tubes à 20°C-40°C pour garantir des températures de surfaces supérieures au point de rosée.

Le chauffage des tubes et l'évaporation de l'humidité sont assistés par une soufflante montée en aval.



Fig.II.14 : Séchage du tube

A.2.2. Grenailage des tubes :

- ✓ Cette 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.
- ✓ En 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.
- ✓ Du côté sortie de la grenailleuse, on procède à un contrôle visuel des tubes en ce qui concerne les défauts de surface.



Fig.II.15 : Grenailage extérieur de tube soudé spirale

A.2.3. Nettoyage des tubes :

Dans cette installation, on enlève par soufflage la calamine, la grenaille etc. n'adhérant pas et se trouvant sur le tube.

A.3. Zone de revêtement :

A.3.1. Poste de chauffage :

Dans ce poste, le tube est chauffé à la température nécessaire au type de revêtement à application PE 180°C à 220°C pour le revêtement PE à 3 couches quand le fabricant de matière de revêtement ne recommande pas une autre température. Le chauffage se fait par une bobine électrique d'induction qui se trouve à une distance adéquate de la cabine de pulvérisation d'époxy. Les bobines d'induction correspondent aux différentes plages de diamètres des tubes. La température de la surface des tubes est mesurée par un pyromètre à infrarouge.

A.3.2. Revêtement à la résine époxy :

La couche de base consiste en un système de poudre époxy qui est appliqué sur la surface des tubes au moyen de pistolets de pulvérisation chargés électro statiquement.

A.3.3. Extrudeuse par feuille pour agent adhésif :

- ✓ L'agent adhésif est indispensable pour une combinaison optimale pour le revêtement à la poudre d'époxy et le revêtement aux PE.
- ✓ Cet agent adhésif est appliqué sous forme de feuille par enrobage en même temps que la feuille de revêtement de PE.
- ✓ L'extrudeuse par feuille pour agent adhésif est fixée au-dessus des extrudeuses de PE.

- ✓ La distance entre la cabine d'époxy et les filières des extrudeuses doit être réglable en fonction du diamètre des tubes et de réaction du revêtement d'époxy.
- ✓ L'épaisseur de la couche d'agent adhésif doit être située entre 250 et 300 μ .

A.3.4. Extrudeuse par feuille pour PE :

- ✓ Pour le revêtement au PE, qui est effectué en même temps que l'application d'agent adhésif, on a prévu deux extrudeuses pour des raisons de capacité,
- ✓ Les deux extrudeuses se trouvent l'une à côté de l'autre pressent la masse de PE respectivement à travers une conduite chauffée dans la double pièce de raccordement vers la filière pâte.
- ✓ Les deux extrudeuses sont en service par le truchement d'une commande commune – une seule ou toutes les deux en fonction de la charge.
- ✓ L'épaisseur de la couche de PE d'environ 3,5mm



Fig.II.16 : Revêtement des tubes (époxy, adhésif, PE)

A.3.5. Tronçon de refroidissement

1. Le type de refroidissement est refroidissement laminaire.
2. Le tube traverse un tronçon d'environ 18m de longueur sur lequel l'eau est finement pulvérisée sur le tube au moyen de tuyères. Parallèlement, le refroidissement extérieur est renforcé par des pulvérisations d'eau dans le tube. Le refroidissement intérieur a pour conséquence un échange de chaleur intensif.
3. Le tube quitte le tronçon de refroidissement par eau à une température d'environ 60°C.



Fig.II.17 : Le refroidissement laminaire des tubes

A.4. Zone de sortie :

A.4.1. Contrôle du revêtement

En sus du contrôle visuel, on procède également à un contrôle de l'épaisseur de couche avec un mesureur d'épaisseur de couche. L'opérateur fait le contrôle manuellement. Les écarts possibles en plus ou en moins de l'épaisseur de couche doivent être communiqués immédiatement à l'opérateur de l'extrudeuse pour qu'il puisse prendre des mesures adéquates. En cas de couche de revêtement trop mince, les tubes doivent être entièrement remis à nu.

A.4.2. Usinage des extrémités

- a) L'usinage des extrémités de tube se fait en deux opérations, lors de la première opération, le revêtement de PE est incisé manuellement au début et la fin du tube.
- b) L'usinage final se fait au moyen d'une brosseuse.
- c) La brosseuse est adaptée à l'usinage des extrémités de gros tubes. Lors de l'usinage, on enlève le revêtement de PE par brossage sur une certaine longueur et prépare une transition en biais du tube d'acier vers le revêtement.
- d) Le chanfrein du tube est brossé en même temps.



Fig.II.18 : Brossage du tube (partie fixe)

A.4.3. Contrôle de détection des porosités

Ce contrôle consiste à détecter toute porosité du revêtement au moyen d'un balai électrique, alimentée en haute tension. Les défauts doivent être détectés par une étincelle se produisant entre l'acier et l'électrode au niveau du niveau, accompagnée par un signal sonore et/ou lumineux.



Fig.II.19 : Balais électrique



Fig.II.20 : Générateur (détecteur de porosité)

II.2.4. Processus de revêtement extérieur :

- Préparation de la surface
- Revêtement de tubes
- Brossage des tubes

II.2.4.1. Préparation de la surface :

Cette phase est basée dans la zone fonctionnelle 01 « Partie entrée». Les tubes à enrober" proviennent directement de la tuberie spirale. En règle générale, ils sont livrés par camion et déposés sur la grille d'entrée au moyen d'engins de manutention. Après le control visuel de ces tubes sur la grille d'entrée, ils sont déplacés hélicoïdalement sur le convoyeur à rouleaux pour traverser l'installation de séchage. Lorsque le tube est sorti de l'installation de séchage, il est roulé à nouveau manuellement avec les outils spéciaux jusqu'aux injecteurs du convoyeur à rouleaux de la grenailleuse.

Dans la grenailleuse, le tube est grenailé du dessous. Le grenailage se fait au moyen de deux turbines de grenailage. A condition d'avoir le bon mélange de grenaille ronde et angulaire et le bon chargement des turbines, on obtient une rugosité suffisante ainsi que le degré de pureté spécifié dans la norme DIN 55928.

Avant que le tube ne soit déposé sur le convoyeur à rouleaux de revêtement, il doit être nettoyé à l'intérieur et à l'extérieur. Pour ce nettoyage, le tube repose dans un dispositif de centrage. Avec une lance, on souffle de l'air comprimé dans le tube. Simultanément, la poussière est aspirée et filtrée à l'extrémité du tube.

Enfin, ces tubes sont ramenés au convoyeur en amont du poste de séchage de tubes pour être enrobés.

II.2.4.2. Revêtement de tubes

Le revêtement est effectué selon le procédé à trois (03) couches :

- Couche de résine époxy ayant une épaisseur d'environ «60-80 µm ».

L'application se fait par pulvérisation électrostatique ;

- Couche d'agent adhésif ayant une épaisseur d'environ « 250-300 µm », Cette couche est appliquée sur le tube sous forme de feuille selon le procédé d'enrobage ;

- Couche de polyéthylène ayant une épaisseur d'environ « 2,2 -3,5 mm »,

Cette couche est enrobée sur le tube sous forme de feuille avec l'agent adhésif. Cette phase est basée dans la zone fonctionnelle 02 « Partie revêtement », les tubes sont positionnés de telle sorte sur la grille de stockage en amont de l'entrée de la ligne de revêtement que tous les débuts de tubes forment une ligne fixe. Les tubes sont chauffés à la température nécessaire au type de revêtement à appliquer grâce à une bobine d'induction. Lorsque, le tube passe à travers de la cabine de pulvérisation d'époxy, l'agent adhésif appliqué sur la couche de base en époxy sert de colle entre la couche de résine d'époxy et la couche de PE. Pour le revêtement au Polyéthylène, il se fait à l'aide de deux extrudeuses à une vis. Ces deux extrudeuses sont reliées à la filière d'extrusion par des tuyauteries chauffées électriquement. Une fois que les tubes sont séparés, ils entrent dans le tronçon de refroidissement par eau celui-ci se fait sans pression. Ce refroidissement améliore la formation d'une couche de PE à surface lisse et empêche une adhérence de la couche de PE encore fraîche. L'eau qui se trouvait encore dans le tube et qui était retenue sur la hauteur de cordon peut s'écouler grâce à la pente et à la rotation du tube.

Enfin, les tubes refroidis passent à la zone suivante pour être brossés.

II.2.4.3. Brossage des tubes

Cette phase est basée dans la zone fonctionnelle 03 « Partie sortie ». Lorsque le tube a été rabaissé avec le poste d'élimination d'eau, il est transporté avec les rouleaux longitudinaux en amont de la brosseuse d'extrémités.

Quand, la brosse d'extrémités de tube est prête à prendre un tube, il est pris par l'injecteur sur le convoyeur et déposé sur les rouleaux vireurs dans la brosseuse.

Pour le brossage, les tubes sont mis en rotation par les rouleaux vireurs. Les brosses d'extrémités de tubes consistent en deux chariots montés frontalement des deux côtés du tube, dont l'un est fixe et l'autre mobile.

Lorsque le brossage est terminé, la rotation du tube est arrêtée, le système de brossage est abaissé et le tube est roulé hors de la zone de la brosseuse par des éjecteurs.

Finalement, les tubes bons c'est-à-dire les tubes ayant subi avec succès le contrôle de porosité, sont prêts pour être enrobés de l'intérieur.

II.2.5. Revêtement intérieur

II.2.5.1. Installation de l'atelier

* Sécheur

Les tubes qui sont humides en raison du stockage, du transport, etc. Ils doivent être séché avant le grenailage.



Fig.II.21 : Sécheur intérieur du tube

❖ La ligne de grenailage intérieur se compose de :

- Grilles de rotation avec stop-éjecteur.
- Unités de rotation avec bras récepteur et bras éjecteur.
- Grenailleuse intérieure.
- Filtres dépoussiéreurs.



Fig.II.22 : Grenailleuse intérieure

Machine d'époxy

- La machine époxy sert au revêtement intérieur de tubes en aciers.
- La machine époxy est constituée de :
 - ✓ Pompe pour : peinture et durcisseur
 - ✓ Deux bacs d'alimentation : bleu=époxy, rouge=durcisseur
 - ✓ Pompe de rinçage
 - ✓ Pistolet airless
 - ✓ A la fin de l'opération de revêtement, les tubes sont séchés par soufflante



Fig.II.23 : Machine époxy

Marquage :

Les marquages suivants doivent être apposés sur le revêtement :

- ✓ Nom ou code de l'applicateur
- ✓ Marquage requis par la spécification ou la norme applicable relative au tube
- ✓ Référence de la norme ISO et année de publication (ISO 21809-1 :2011) ;
- ✓ Classe d'épaisseur du revêtement
- ✓ Épaisseur spécifiée du revêtement
- ✓ Température maximale de conception

Le marquage doit être réalisé au moyen d'une méthode telle que marquage à la peinture ou par impression, de façon à assurer une identification lisible et indélébile.



Fig.II.24 : Marquage des tubes

II.2.6. Processus de revêtement intérieur :

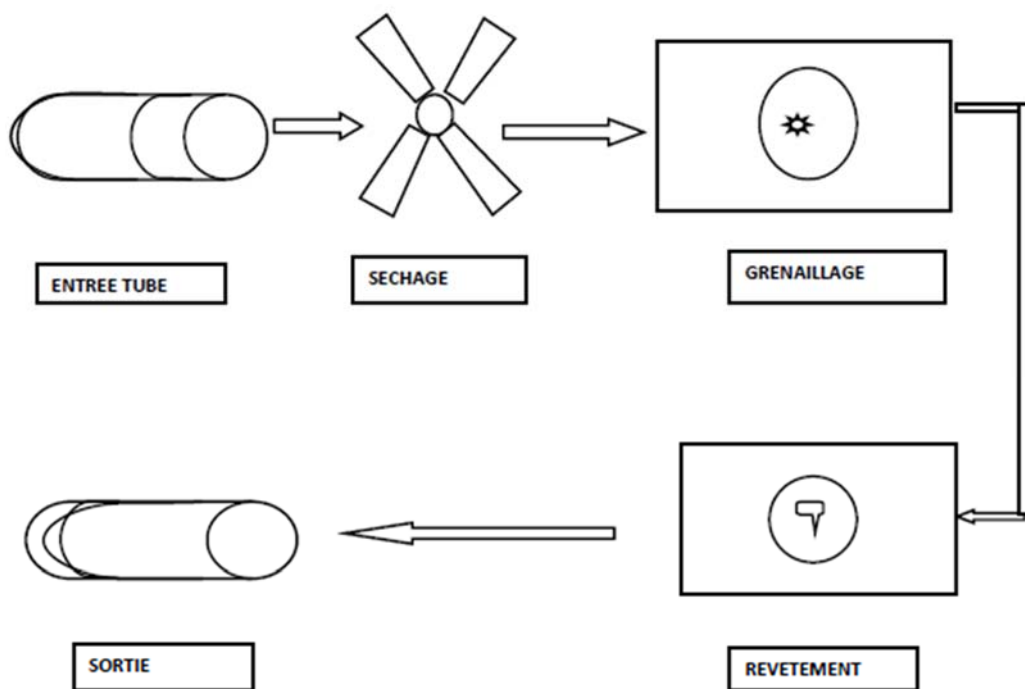


Fig.II.25 : Processus de revêtement intérieur

II.2.6.1. Description de la chaîne de revêtement intérieure :

Séchage :

Sert à sécher le tube s'il est mouillé et de chauffer le métal du tube pour permettre un bon grenailage.

Grenailage :

C'est un procédé d'abrasion à froid que l'on exécute dans le but d'améliorer les surfaces des tubes et d'augmenter leurs rugosités pour permettre une bonne adhésion de la peinture.

Revêtement :

Il consiste à enrober le tube à l'intérieur par la résine d'époxy, avec une épaisseur étudiée, l'aspect de la couche doit être homogène, uniforme et presque sans défauts apparents.

III.1. Introduction :

L'objectif de cette analyse est de réaliser une étude nous permettant de déterminer les maillons faibles de la chaîne de réalisations des tubes soudés en spirale. Les 4 machines à souder en spirale de l'entreprise ALFAPIPE présentent des défaillances répétées, causant des pannes fréquentes. La méthode utilisée repose sur l'exploitation des historiques de pannes des 4 machines afin d'extraire des indicateurs fiables afin de proposer des solutions rapidement applicables. Pour mettre en valeur les principales causes des pannes, nous avons opté pour le diagramme de Pareto. Pour cela nous avons exploité les historiques de plusieurs années et nous avons opté pour plus de commodité, pour les résultats de l'année 2015.

III.2. Exploitation de l'historique de l'année 2015 :

III.2.1. Méthodes d'analyse prévisionnelle (Pareto) : : Le diagramme de Pareto est utilisé pour rechercher des priorités sur les interventions coûteuses des sous-ensembles.

Nous avons exploité les historiques des quatre machines de soudage. Et nous avons constaté que les mêmes et principales pannes se répètent au niveau des quatre machines. La panne la plus fréquente, le bord de bande avec un niveau élevé qui varie entre 33 et 53%.

Vu le temps imparti au stage pratique au sein de l'entreprise ALFAPIPE et le temps de la rédaction la rédaction du mémoire de fin de formation, nous avons proposé des solutions pour la principale panne : le bord de bande.

Les histogrammes nous donnent une idée sur les différentes pannes, avec leurs importances.

Machine (A)

Tableau III.1 : Nombres de pannes des sous-ensembles de la machine à souder (A).

sous-ensembles	NP	fréquence NP%	fréquence NPC%
bord de bande	42	33%	33%
croquage de rives	39	30%	63%
chariot oxy.tube	17	13%	77%
cage de formage	12	9%	86%
bloc hacheuse	8	6%	92%
table élévatrice	4	3%	95%
pousseuse	3	2%	98%
aspirateur flux	1	1%	98%
dévidoir	1	1%	99%
entraîneur	1	1%	100%

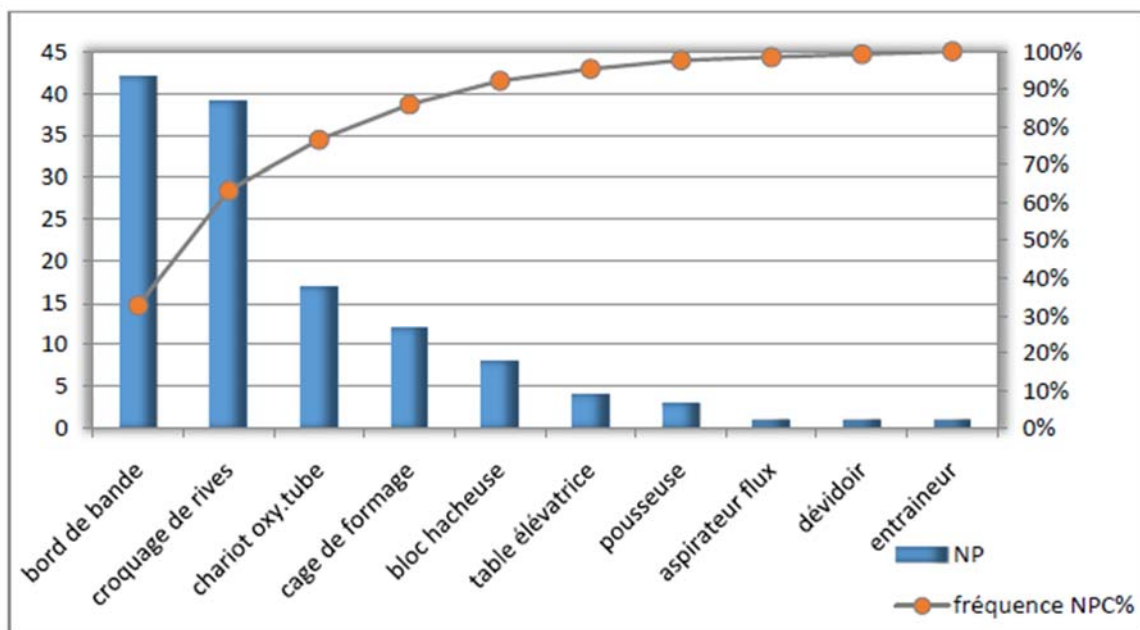


Figure III.1 : Histogramme nombre des pannes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des pannes cumulée%

Machine (B) :

Tableau III.2 : Les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (B)

sous- ensembles	NP	fréquence NP%	fréquence NPC%
bord de bande	104	53%	53%
croquage de rives	60	31%	84%
pousseuse	11	6%	89%
chariot oxy.tube	7	4%	93%
table élévatrice	5	3%	95%
dévidoir	4	2%	97%
aspirateur flux	2	1%	98%
cage de formage	2	1%	99%
bloc hacheuse	1	1%	100%

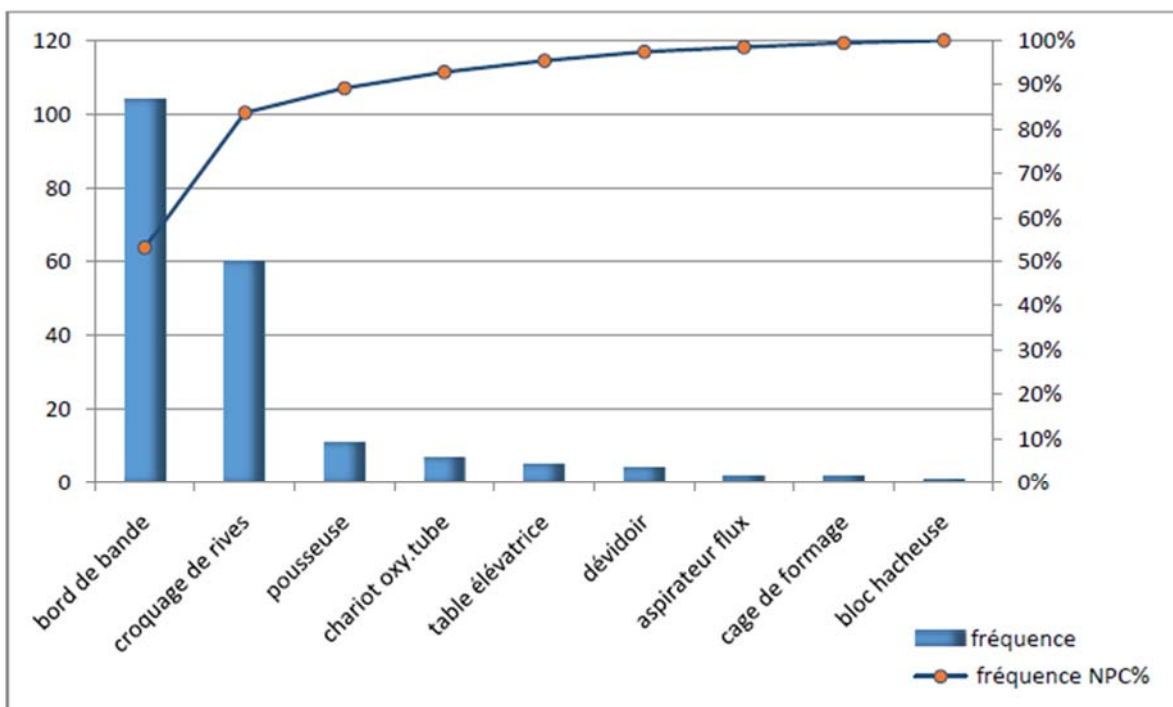


Figure III.2 : Histogramme nombre des pannes des sous-ensembles avec courbe de fréquence cumulée

Machine (C) :

Tableau III.3 : les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (C)

Sous-ensembles	NP	fréquence NP%	fréquence NPC%
bord de bande	34	32,38%	32,38%
croquage de rives	33	31,43%	63,81%
pousseuse	19	18,10%	81,90%
support de soudage RB	5	4,76%	86,67%
chariot oxy.tube	4	3,81%	90,48%
dévidoir	3	2,86%	93,33%
table élévatrice	3	2,86%	96,19%
aspirateur flux	2	1,90%	98,10%
bloc hacheuse	1	0,95%	99,05%
préplaneur	1	0,95%	100,00%

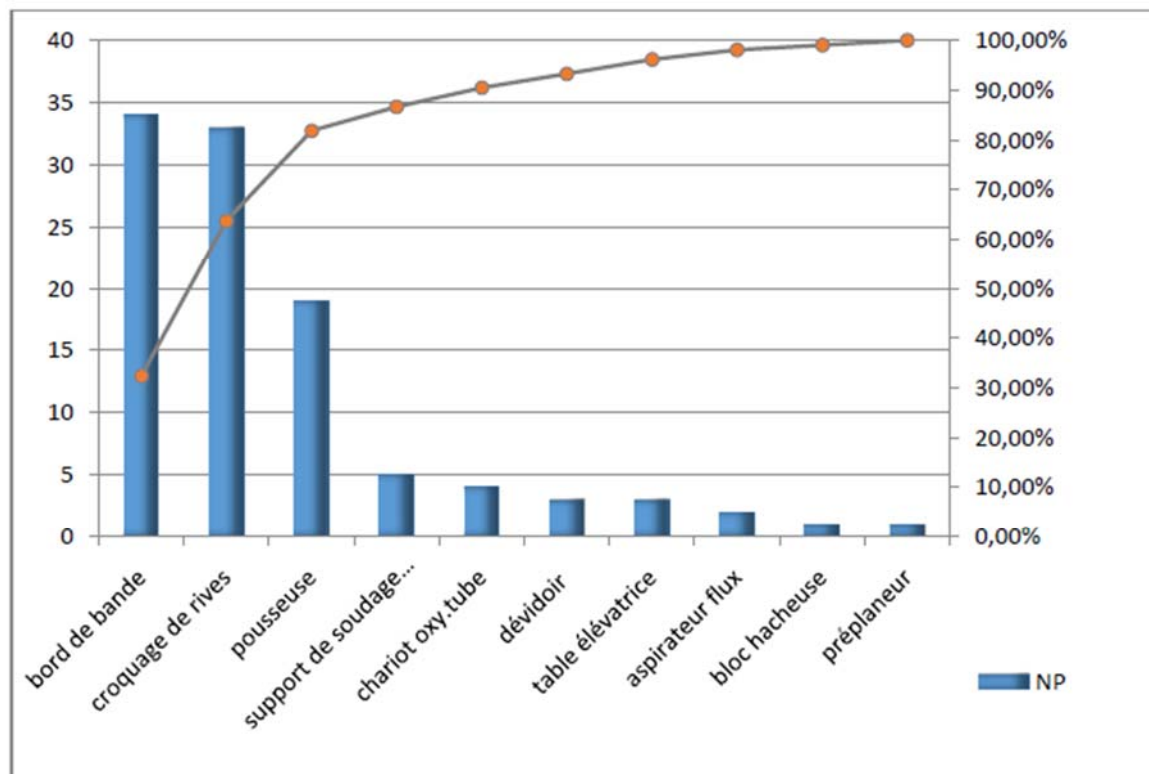


Figure III.3 : Histogramme nombre des pannes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des pannes cumulée%

Machine (D) :

Tableau III.4 : Les nombres des pannes des sous-ensembles de la machine à souder (D)

Sous-ensembles	NP	fréquence NP%	fréquenceNPC%
bord de bande	42	36,52%	36,52%
croquage de rives	27	23,48%	60,00%
chariot oxy.tube	20	17,39%	77,39%
table élévatrice	7	6,09%	83,48%
cage de formage	6	5,22%	88,70%
pousseuse	6	5,22%	93,91%
aspirateur flux	3	2,61%	96,52%
dévidoir	2	1,74%	98,26%
l'entraîneur	1	0,87%	99,13%
la table nettoyage tube	1	0,87%	100,00%

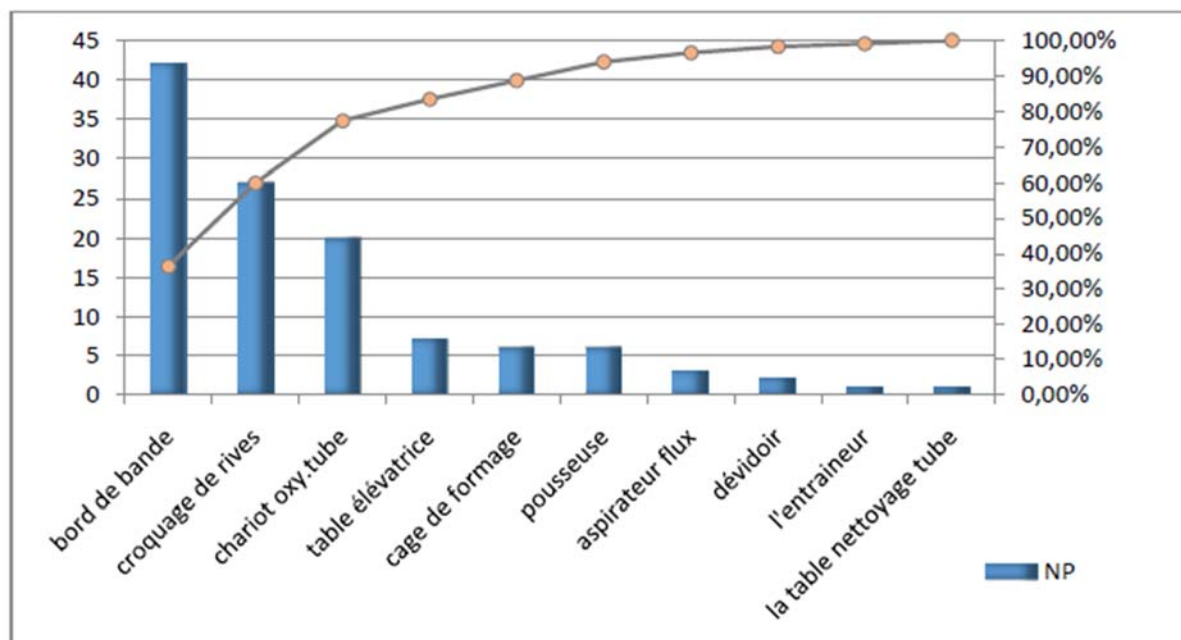


Figure III.4 : histogramme nombre des pannes des sous-ensembles avec courbe de fréquence nombres des pannes cumulée%

III.3. Interprétation des résultats :

L'analyse des diagrammes de Pareto montre pour les 4 machines qu'il y a 2 à 3 types de pannes qui sont dans la classe A de Pareto. Les 2 sous-ensembles qui reviennent le plus, sont : (1) Bande de bord dérégulée et (2) le craquage des rives. Ces 2 problèmes sont à surveiller de près car ils représentent les 20% qui coûtent 80% du budget. Il faut noter que la machine A, les 20% englobent aussi arrêts en relation avec le chariot d'oxycoupage (réglage, changement PDR, ...).

Nous constatons que les pannes du bord de bande représentent à elles seules plus du tiers des pannes. Les solutions que nous proposons permettent de résoudre le problème le plus important et le plus coûteux.

IV .1. Introduction :

D'après les recherches qu'on a faites, on a constaté que le nombre de pannes de bords de bandes (mécanisme de guidage de bande) est supérieur aux autres pannes au niveau des différents mécanismes des quatre machines.

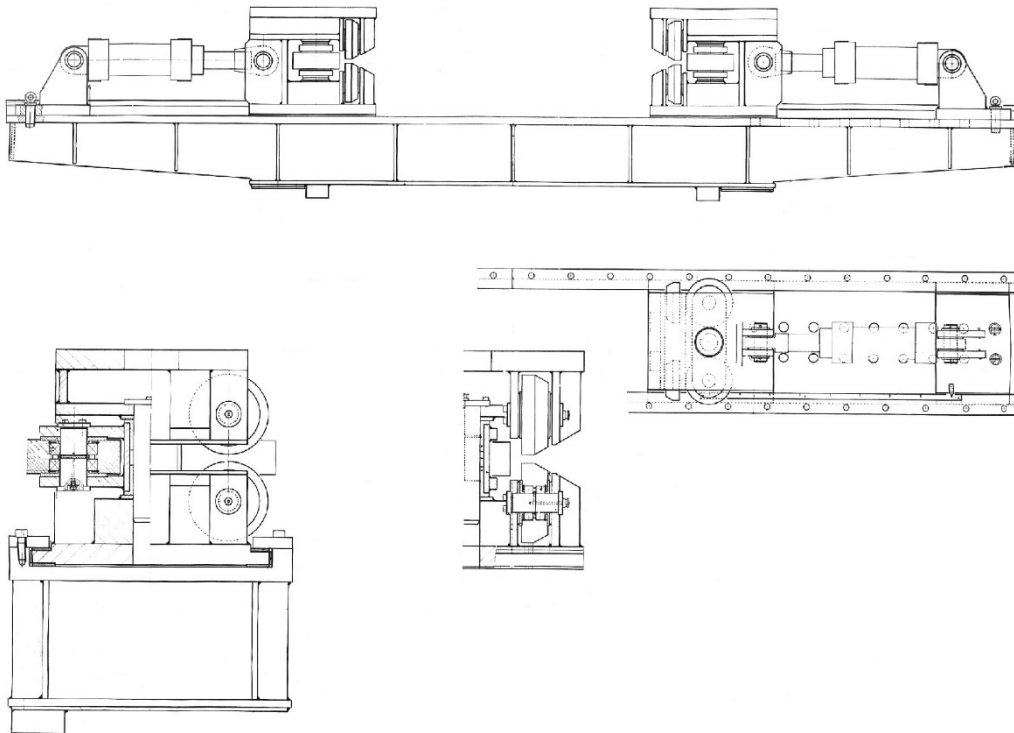


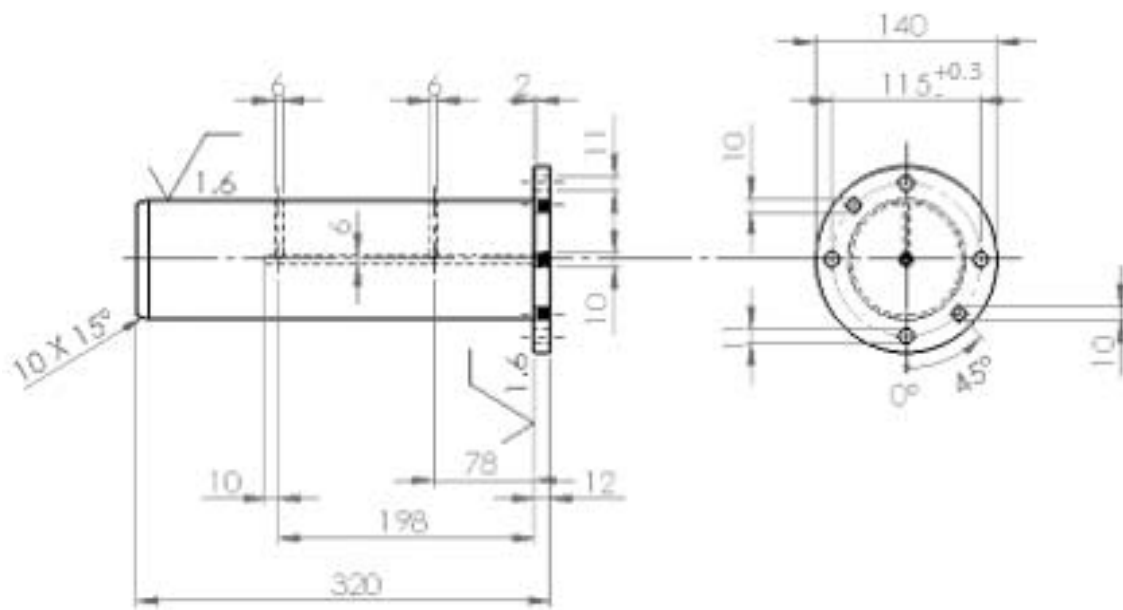
Figure IV.1. Mécanisme de guidage de bande

la panne de mécanisme de guidage de bande est causée par l'effet de l'usure de galet par ce que la bande est dure par rapport à ce dernier

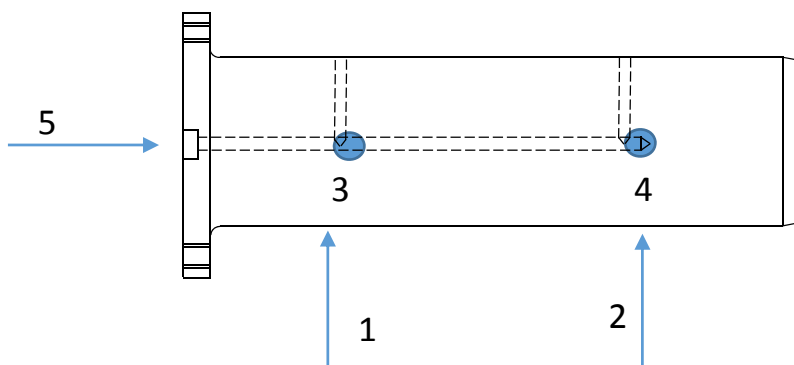


Figure IV.2. photo du galet avec des stries

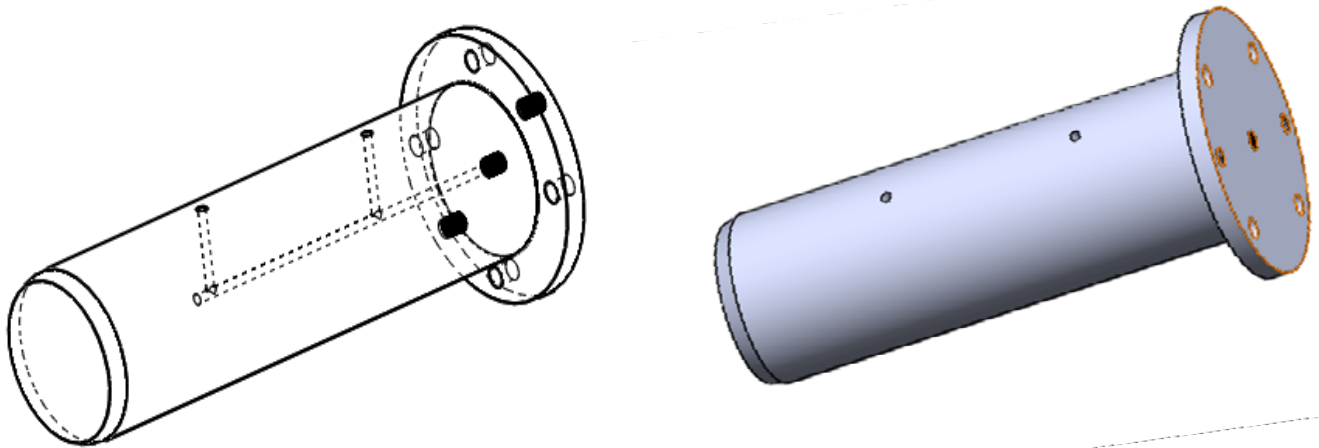
IV.3. Gamme d'usinage de l'axe :



FigIV.5.cotation de l'axe

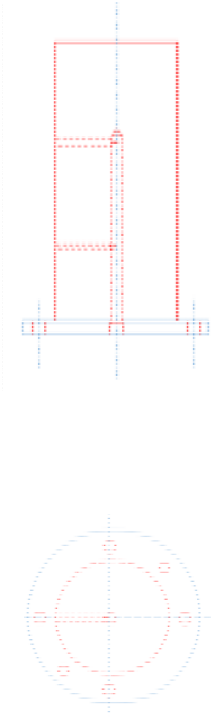


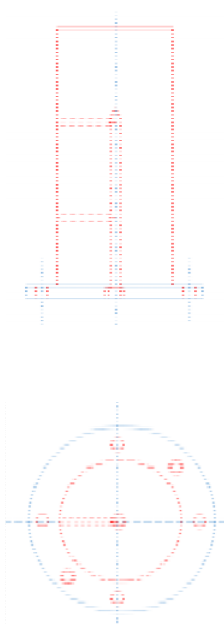
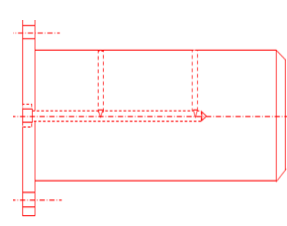
FigIV.6.isostatisme de l'axe



FigIV.7. Dessin de définition

Phase	Les opérations	Mo	Outil	Vc m/mi n	n tr/min	a mm/tr	Pp mm	Croquis
10	Contrôle	Pied à coul						
20	Tournage : ➤ Dresser La face L=90 ➤ Charioter Ø380, L=90	Tour Parallèle	➤ Outil à dresser ➤ Outil à charioter	200	700	0,2	Ébauche : 2 Demi finition : 1 Et Finition : 0.5	

<p>30</p>	<p>Perçage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perce 4 trous de $\varnothing 11$, $L=12$ Entre eux angle 90° Et 2 trous $\varnothing 8$, $L=12$ Entre eux angle 45° Symétrique pour le centre ➤ Dans le centre percer un trou de $\varnothing 6$, $L=220$ ➤ Dans cette centre aléser le trou de jusque $\varnothing 8$, $L=10$ 	<p>Perceuse</p>	<p>Foret hélicoïdal $\varnothing 11$</p>	<p>70</p>	<p>2000</p>	<p>0,2</p>	<p>11</p>	
-----------	--	-----------------	---	-----------	-------------	------------	-----------	---

40	<p>Taraudage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tarauder2 trou Ø8, L=12, M10, pas=1,5 ➤ Tarauder le trou du centre Ø8, L=10, M10, Pas=1,5 	Tour Parallèle	Outil de filetage M10	13	500		Ébauche, Demi finition Et Finition	
50	<p>TOURNAGE :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Réaliser le chanfrein =10*15° 	Tour Parallèle	Outil à chanfreiner					

A.2. La Trempe :

A.2.1. Trempe de masse.

1-1-1- But : La trempe est un traitement thermique qui donne à l'acier une grande dureté par Transformation de l'austénite en martensite.

1-1-2- Principe : Une trempe se compose de trois phases principales :

a- Chauffage : destiné à amener l'acier à l'état austénitique.

i. Acier hypoeutectoïde (de 0 à 0,85% de carbone)

Température de chauffage ($Ac_3 + 50^\circ C$). La ligne Ac_3 va de $721^\circ C$ à $906^\circ C$, le Chauffage d'un acier hypoeutectoïde dépend donc de sa teneur en carbone.

ii. Acier eutectoïde (0,85 % de carbone)

Température de chauffage ($Ac_1 + 50^\circ C$) soit environ $780^\circ C$.

iii. Acier hypereutectoïde (de 0,85 à 1,7% de carbone)

Température de chauffage ($Ac_1 + 50^\circ C$) soit environ $780^\circ C$.

b- Maintien à température d'austénisation Dépend :

iv. Des dimensions et des formes de la pièce.

v. Des types d'aciers, 15 min pour les aciers ordinaires, 30 min pour les aciers alliés, en particulier pour ceux contenant des carbures.

c- Refroidissement (air, eau ou huile) : C'est lui qui conditionne la structure finale, De lui.

Dépend l'apparition de nouveaux constituants tels que : (dans l'ordre croissant de dureté) troostite, bainite, martensite.

A.2.2. Trempe superficielle ou localisée.

1-2-1- But : C'est obtenir une grande dureté en surface tout en conservant un bon allongement Dans la zone sous-jacente jusqu'au centre de la section.

1-2-2- Principe : Elle consiste à chauffer (ou par induction ou à la flamme) localement la Surface d'une pièce en acier jusqu'à la température d'austénisation, à la refroidir ensuite à une Vitesse suffisante. Le refroidissement s'effectue le plus souvent par jet d'eau sous pression.

1-2-3- Matériaux utilisés : Aciers ordinaires du type C42 ou faiblement alliés.

A.3. Le REVENU :

A.3.1. Principe et But de Revenu :

La trempe anisotherme est en général un traitement énergétique conduisant à un métal à R_m , R_e , H élevées du fait de la présence recherchée de martensite, mais dont la ductilité ($A\%$) et la résilience (K) sont très faibles pour la même raison. Si on tient compte également d'un niveau de contraintes propres souvent important, il est évident qu'un acier ne peut être utilisé en service directement à l'état trempé.

L'opération de revenu est destinée à corriger plus ou moins complètement ces inconvénients. Elle conduit à un métal de caractéristiques convenables présentant un compromis satisfaisant entre R_m , R_e , d'une part et $A\%$, K d'autre part. contrairement à la trempe qui est une opération rapide et de contrôle difficile, le revenu permet un contrôle aisées transformations et des propriétés du métal.

Le revenu est un traitement thermique effectué après trempe en continu, il consiste en :

- Un réchauffage à une température $T_R < A_{c1}$,
- Un maintien de durée t_R à T_R ?
- Un refroidissement jusqu'à la température ambiante de préférence lentement.

Le revenu provoque une évolution du matériau vers un état plus proche de l'état physicochimique

d'équilibre sans toutefois rechercher à atteindre celui-ci. Le choix de T_R et t_R permet de contrôler ce retour plus ou moins complet vers l'état d'équilibre

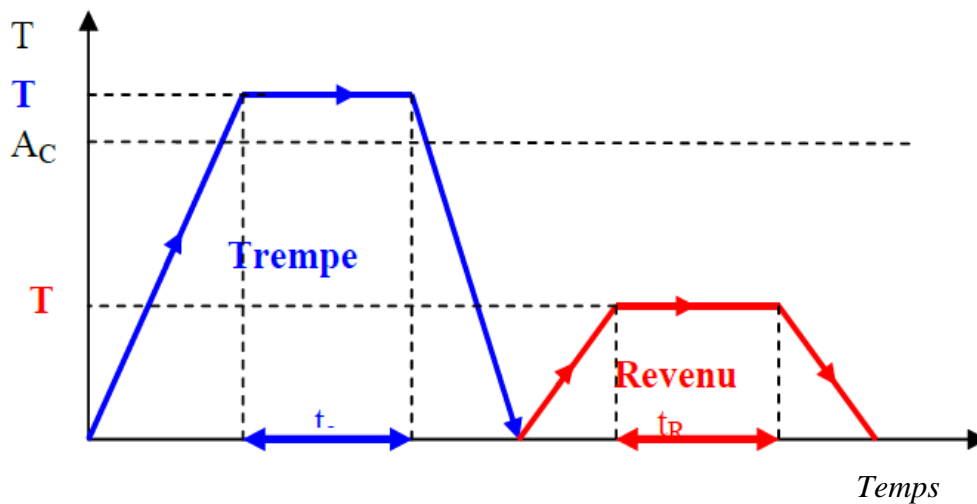


Figure VI.8 : Cycle complet (trempe, revenu)

A.4. Le Recuit :

A.4.1. But :

Le but est de mettre l'acier dans une certaine structure pour permettre l'usinage ou la mise en forme par déformation plastique ou de régénérer la structure.

A.4.2. Principe :

Cycle thermique que subit la pièce, consistant en un chauffage entre 700° et 1000° , puis d'un maintien à température suivi d'un refroidissement lent.

IV. 5. Conclusion :

A chaque réparation de galet dans le mécanisme de guidage de bande on rencontre beaucoup de problèmes, Comme la perte de temps, de l'argent et on peut même rater beaucoup de projets à cause de ces deux derniers.

Et pour cela on a proposé des solutions dans le but de gagner du temps, économiser de l'argent, augmenter la production et répondre aux demandes des clients à temps.

Et espérant que ces solutions seront prises en compte.

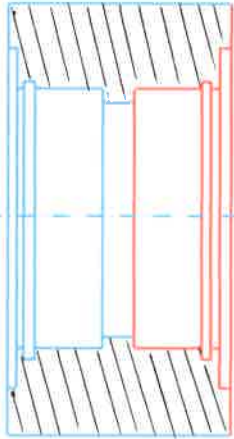
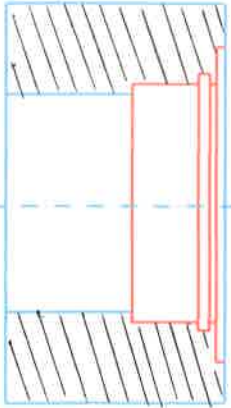
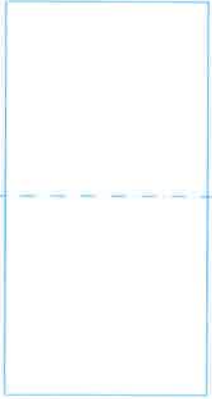
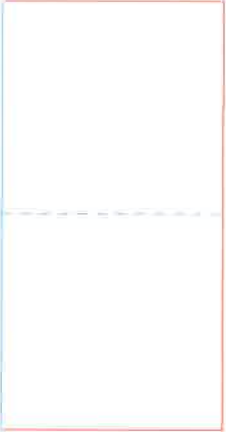
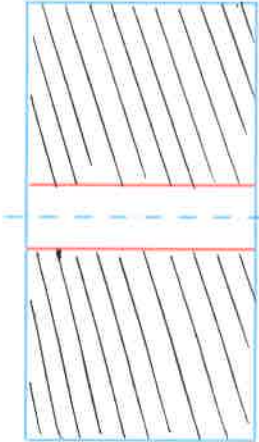
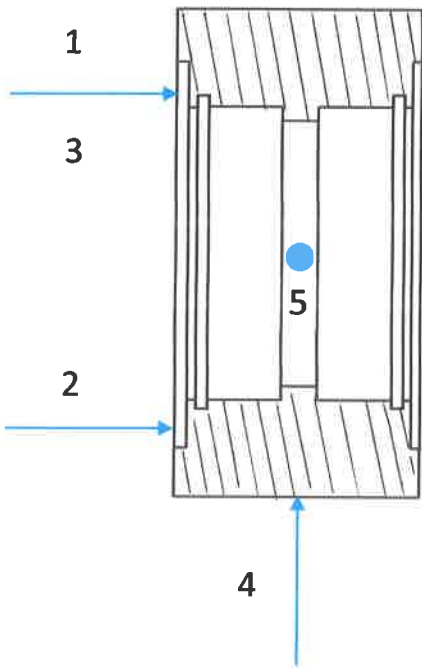
50	<p>TOURNAGE :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dresser la face Ø250 ➤ Alésage Ø125, L=35 ➤ Chanfrein R1 ➤ Rainure : Ø129, L=4.3 ➤ Alésage Ø175, L=2 	<p>Tour Parallèle</p>	Outil à aléser	9	25	0,1	<p>Ébau :2, Demi finit : 1 Et Finit: 0.5</p>	
----	--	---------------------------	----------------	---	----	-----	--	---

Tableau IV.1. Gamme d'usinage de galet.

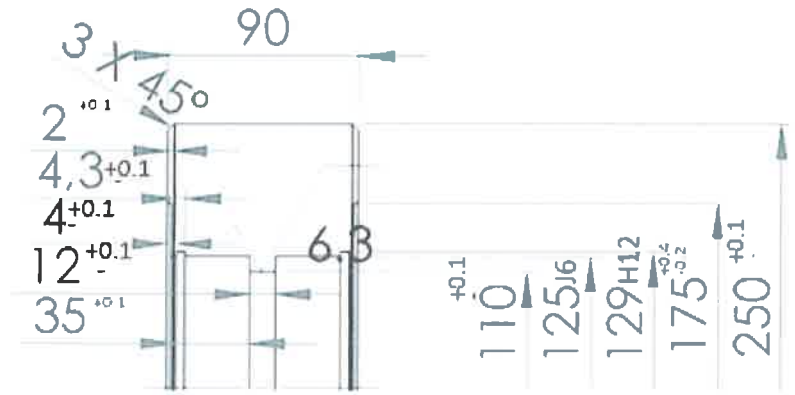
40	<p>TOURNAGE :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alésage Ø110, L=90 ➤ Alésage Ø125, L=35 ➤ Chanfrein R1 ➤ Rainure : Ø129, L=4.3 ➤ Alésage Ø175, L=2 	<p>Tour Parallèle</p>	<p>Outil à aléser Et outil a signe</p>	9	25	0,1	<p>Ébau :2, Demi finit : 1 Et Finit :0.5</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a shaft with a central bore. The bore is divided into two sections: an inner section with a diameter of 110 mm and a length of 90 mm, and an outer section with a diameter of 125 mm and a length of 35 mm. A groove with a diameter of 129 mm and a length of 4.3 mm is located on the outer section. The shaft has a chamfered end with a radius of R1. The drawing is outlined in blue, and the bore and groove are highlighted in red.</p>
----	--	---------------------------	--	---	----	-----	--	--

Phase	Les opérations	Mo	Outil	Vc m/min	n tr/min	a mm/tr	Pp mm	Croquis
10	Contrôle Pied à coulisse							
20	Tournage : ➤ Dresser La face L=250 ➤ Charioter Ø250, L=90	Tour Parallèle	➤ Outil à dresser ➤ Outil à charioter caudé droite	20	25	0,1	Ébau: 3, Et Finit :1.	
30	Perçage : Percer un trou de Ø10 dans le centre de la face dressée	Perceuse	Foret hélicoïdal Ø10	20	470	0,1	10	

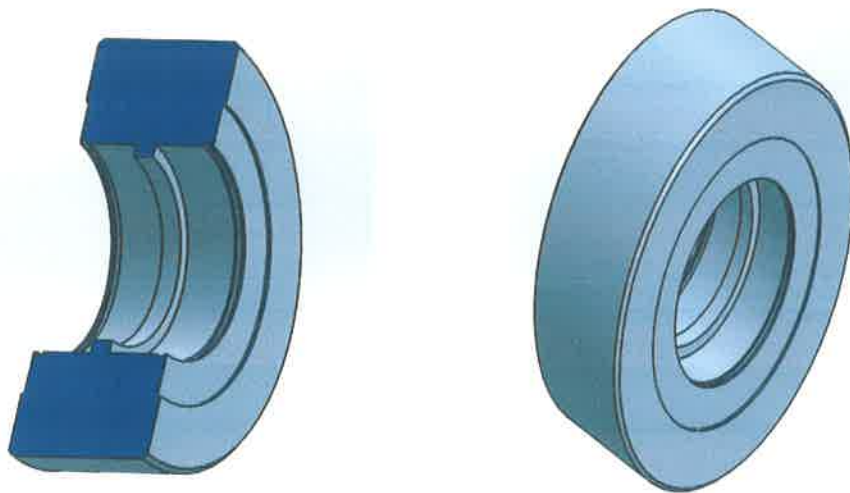
IV.2. Gamme d'usinage de galet :



FigIV.3. isostatisme de galet



FigIV.4. cotation de galet



FigIV.5. Perspective du galet

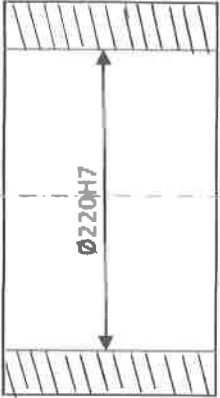
40	Tournage : ➤ Alésage Ø220, L=90	Tour Parallèle	Outil à aléser	12	17	0.1	Ébauche :2, Demi finition :1 Et Finition :0.5	
----	---------------------------------------	-------------------	----------------	----	----	-----	---	---

Tableau IV.4. Modification Gamme d'usinage de Couronne.

IV. 4.2. Les traitements thermiques :

A.1. Introduction :

Les traitements thermiques ont pour but d'améliorer les performances des Caractéristiques mécaniques. Les principaux traitements thermiques sont :

La Trempe

Le Revenu

Le Recuit

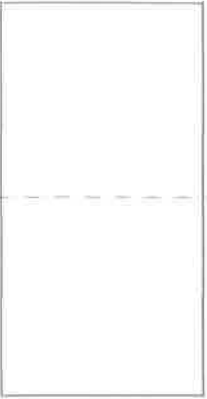
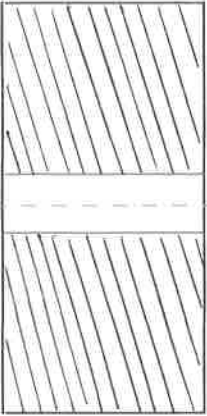
20	<p>Tournage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dresser La face L=250 ➤ Charioter Ø250, L=90 	Tour Parallèle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Outil à dresser ➤ Outil à charioter caudé droite 	40	57	0,1	Ébauche 2 Et Finition :1.	
30	<p>Perçage :</p> <p>Percer un trou de Ø10 dans le centre de la face dressée</p>	Perceuse	Foret hélicoïdal Ø10	30	900	0.1	10	

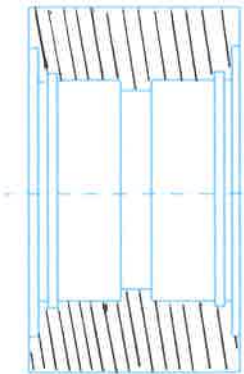
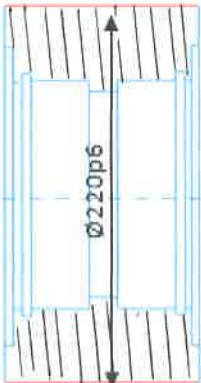
Tableau IV.2. Gamme d'usinage de l'axe .

IV.4. Solution et proposition :

Pour améliorer les propriétés de cette galet nous avons choisi le traitement thermique ou la modification la gamme d'usinage de galet et ajouter une couronne.

IV.4.1. Modification la gamme d'usinage de galet et ajouter une couronne (non allie) :

➤ **Le galet :**

Phase	Les opérations	Mo	Outil	Vc m/min	n tr/min	a mm/tr	Pp mm	Croquis
10	Contrôle	Pied à coul						
20	Tournage : ➤ Charioter Ø220, L=90	Tour Parallèle	➤ Outil à charioter caudé droite	20	25	0,1	Ébauche :3 Et demi finition :2 Finition :1.	

CONCLUSION GENERALE

Le stage que j'ai passé au sein de l'entreprise ALFAPIPE, m'a été très bénéfique, il m'a permis de m'enrichir mes connaissances de découvrir des procédés, des machines et surtout des Hommes, les principaux piliers de l'entreprise. Les connaissances acquises durant ce stage ainsi que les informations récoltées au sein des différents ateliers, m'ont permis de réaliser mon mémoire de MASTER.

La réalisation de ce mémoire est le fruit de connaissances théoriques et pratiques acquises à l'université et à l'entreprise. Ce n'est que maintenant que j'ai senti l'importance de ma formation au sein de l'université, et de ma compétence pour maîtriser les informations acquises au sein de l'entreprise et rédiger mon mémoire.

Le monde de l'industrie est un monde très vaste, où se brassent beaucoup de connaissances. Il est souhaitable de faire plus de visites et de stages pour faciliter notre futur intégration au sein de ce monde, nouveau pour nous.

Références bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

- ALFA-PIPE Annaba. Documentation technique de l'entreprise.
- HADDADI Manel « Université EL HADJ LAKHDAR Batna » 2010/2011
- SELLAMI - Yousri Contribution à l'étude d'impact des effets néfastes de la résine époxy et de son durcisseur sur la santé des travailleurs mécanique avancée Mémoire de Master 2 « Université BADJI MOKHTAR ANNABA » 2016/2017
- FERDI Oussama ETUDE FMD DES MACHINES A SOUDER EN SPIRALE DE LA TUBERIE ALFAPIPE SUR LA BASE DES HISTORIQUES MAINTENANCE 2015 Mémoire de Master 2 Maintenance Industrielle et Fiabilité Mécanique « Université BADJI MOKHTAR ANNABA » 2016/2017
- HAZARD C. Normes des composants méthodes d'analyse pour l'innovation technique et la conception de produits Dessin technique Memotech

WEBOGRAPHIE

<http://www.handpuzzles.com/>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A8rehttp://dSPACE.univbiskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/4326/3/chapitre%20%2001.pdf>

<https://prezi.com/-0mcrhfnarw8/>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/>

<http://mainoc.free.fr/pages/>

<http://fr.winesino.com/public-health-safety/public-health/1007077636.html>

<http://www.saraandjosh.com/>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Sant%C3%A9_et_s%C3%A9curit%C3%A9_au_travail

http://www.p-i.be/fileadmin/user_upload/DOCS/Publications/Brochures/livre_FR.pdf

<https://www.apsam.com/sites/default/files/docs/publications/ft37.pdf>

<http://cnlbricol.com.cnlanton.com/>

<http://www.materiatech>

Chapitre I :
Historique de l'entreprise SIDER El
Hadjar

Chapitre II:

Réalisation des pipes

Chapitre III :

Fréquence des pannes

Chapitre IV :
Amélioration de la durée vie
de galet