Sommaire

Dédicaces....1
Remerciements....2
Sommaire....3
Liste des figures....5
Liste des tableaux....6
CHAPITRE 1 Présentation de la société....8

I. Introduction :....8
II. Présentation :....9

1. Historique :....9
2. Capital social et statut :....9
3. Siège de la société :....10

III. Les services de SOFAFER....11

1. Service commercial....11
2. Service logistique....11
3. Service Qualité....11

IV. L'unité de Production :....11

1. L'atelier de fabrication mécanique :....12
2. L'atelier de soudage :....12
3. Atelier de stockage :....13
4. Atelier de production :....15

CHAPITRE 2
du procédé de la fabrication des tubes....17

I. Introduction :....17
II. Domaines d'utilisation....20
III. Procédé de la fabrication des tubes....21

1. Déroulage....21
2. Réservoir....21
3. Formage....22
4. Soudage magnétique :....24
5. Poste de calibrage et dressage / refroidissement....26
6. Robot de tronçonnage :....27
7. Bottelage des tubes....28

Chapitre 3 État des lieux et étude historique....29

I. Introduction....30
II. Les types d'arrêts :....30

1. Les Pannes :....30
2. Changement de série :....31
3. Réglage :....31

4. Nettoyage : 32
III. Étude historique des causes d'arrêt 33
1. Diagramme d'Ishikawa 36
2. Analyse Pareto : 39
3. Le taux de rendement synthétique (TRS) : 41
Chapitre 4 Plan d'amélioration de la productivité de la ligne du profilage des tubes 43
I. Introduction 43
II. Méthodes d'amélioration 43
1. Méthode AMDEC : 43
2. Méthode du SMED 52
3. La méthode des 5S 60
4. Poka-Yoke 67
Conclusion générale 69

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la société

Figure 2 : atelier de la fabrication

Figure 3 : atelier de soudage manuel

Figure 4 : atelier de stockage

Figure 5 : types de matières premières

Figure 6 : Etapes de refendage

Figure 7 : Etape de déroulement

Figure 8 : Réservoir de la machine tube

Figure 9 : bloc de formage

Figure 10 : bloc de formage

Figure 11 : Soudage par induction

Figure 12 : Soudage par induction

Figure 13 : enlèvement de la partie non esthétique du cordon de la soudure

Figure 14 : Poste de dressage et de calibrage

Figure 15 : Poste de dressage et de calibrage

Figure 16 : robot de tronçonnage

Figure 17 : Regroupement des tubes

Figure 18 : déformation du tube

Figure 19 : Rupture du disque de la coupe

Figure 20 : procédure du changement des galets

Figure 21 : Réglage de la machine tube

Figure 22 : Nettoyage de la machine

Figure 23 : Forme du diagramme d'Ishikawa

Figure 24 : Diagramme d'Ishikawa de la machine

Figure 25 : Diagramme de Pareto pour les causes d'arrêt

Figure 26 : Formule de calcul du TRS

Figure 27 : Diagramme d'indice de Priorité des Risques

Figure 28 : Diagramme des 5s

Figure 29 : exemple des anomalies observées dans la zone de travail

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dimension du tube rond

Tableau 2 : Dimension du tube carré

Tableau 3 : Dimension du tube rectangulaire

Tableau 4 : Dimension du tube méplat

Tableau 5 : Dimension du tube galvanisé

Tableau 6 : Les causes d'arrêt de la machine 1

Tableau 7 : les causes d'arrêt de la machine 2

Tableau 8 : les causes d'arrêt de la machine 2

Tableau 9 : Mode de défaillance et le temps d'arrêt pour les 3 machines

Tableau 10 : Mode de défaillance et le temps d'arrêt globale

Tableau 11 : classement des causes d'arrêt par la méthode de Pareto

Tableau 12 : Calcul des 3 machines pour les 3 machines

Tableau 13 : exemple du tableau AMDEC

Tableau 14: Fréquence d'apparition de la défaillance

Tableau 15: Gravité des effets de la défaillance

Tableau 16: Fréquence de non-détection de la défaillance

Tableau 17: Le tableau AMDEC de la machine tube

Tableau 18: Plan d'action de la maintenance préventive et corrective

Tableau 19: Mode opératoire proposé sur la durée de changement de galets

CHAPITRE 1
Présentation de la société

I. Introduction :

Dans le cadre de la validation de notre licence en conception et analyse mécanique, on a été amené à finaliser notre spécialisation par un mémoire de fin d'études, où on a eu l'occasion de confronter l'enseignement théorique qu'on a reçu.

Notre stage avait comme but d'améliorer la productivité de la machine de fabrication des tubes en acier, pour cela on a détecté les différentes causes de pertes machines, et nous avons proposé des actions pour les éliminer à l'aide de la méthode de SMED. Puis une analyse a été menée sur les défaillances de ces équipements pilotes par le biais d'une étude AMDEC, conduisant ainsi à la proposition d'actions correctives et préventive.

Ce stage de fin d'études s'est déroulé au sein de SOFAFER, une société industrielle LEADER opérante dans le secteur métallurgique marocain spécialisé dans la fabrication des produits métallurgique, profiles et tôles NERVESCO, élément de fer forgé.

II. Présentation :

1. Historique :

La société a été créée en 1996 en tant qu'entreprise commerciale d'import et d'export. Les fournisseurs du Sofafer sont la Turquie, l'Egypte, l'Espagne et le marché national, mais en 1999 elle est entrée dans les activités industrielles par la fabrication des tôles, produits métallurgiques et dérivés, tôles nervurées, ondulées et ridelles et planes, galvanisées : (lame) rideaux simple et perforée, profilé, etc.

2. Capital social et statut :

C'est une société à responsabilité limité (SARL) avec un capital 14.000.000 dirham. Elle et un chiffre d'affaire (relevé en 2010) de 168 645 235 dirhams. Cette société dispose d'un effectif qui varie entre 100 et 200 Dont 10 cadres. Elle est composée des actionneurs principaux : Mme Sanae Zouhair Bernoussi, Mme Fatine Slaoui. Et des dirigeants M. Abderrazak Slaoui le Gérant de l'entreprise, puis M. Mohamed Baamer le Directeur Général et enfin M. Mohamed Bouguern le Directeur commercial.

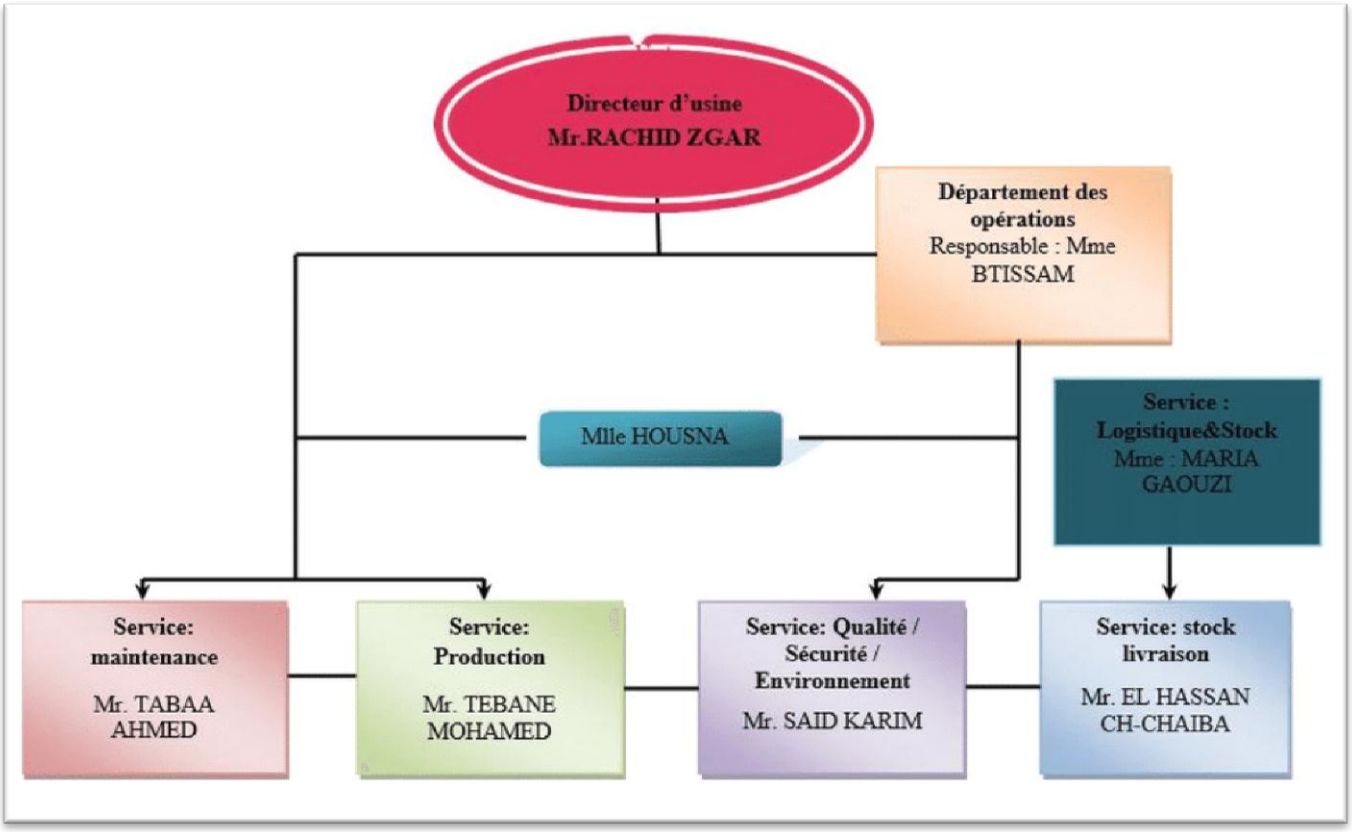


Figure 1 : Organigramme de la société

3. Siège de la société :

Localisation : Rue Ibn Baja N°801 Q.I SIDI BRAHIM Secteur 0014, B.P 5183, FES

Téléphone : +212 535 96 00 91

FAX : +212 535 96 00 71

Email : contact@sofafer.ma

Site web : www.sofafer.ma

Adresse (s) supplémentaire(s) : Succursale : lot 28, Km. 12,500 route 110 (Ain Sebaa) -Casablanca - Tél. : 0522358 141 - Fax : 0522 358 15

III. Les services de SOFAFER

1. Service commercial

Le service commercial est un service indispensable dans SOFAFER, elle dispose d'une équipe constituée des professionnels qualifiés présents sur toutes les régions du royaume pour but d'apporter conseil aux clients et accompagner leurs commandes en respectant l'engagement de la société.

2.

3. Service logistique

A travers le parc de camions destinés aux transports des produits. SOFAFER s'engage à répondre aux besoins de sa clientèle en matière de livraison et de distribution. Pour se faire, SOFAFER s'assure de fournir à ses clients une prestation de qualité, basée sur la confiance et le respect des délais de livraison. SOFAFER met à la disposition de ses clients, une logistique fiable et une flotte sûre et rapide en permanence en plus de moyens de transport adaptés à leurs besoins. Une équipe expérimentée, entièrement orientée vers la prise en charge et la satisfaction des besoins des clients et prête à sillonner pour ces clients les endroits les plus lointains de tout le territoire national.

4. Service Qualité

Le Service Qualité de SOFAFER développe continuellement des méthodes visant à assurer un niveau de qualité attendu par le client. Traçabilité et vérification des données d'origine des bobines contrôle avant et sur lignes de production envoi d'échantillons chez le client pour approbation Notre Service Qualité vous conseille et se déplace dans vos ateliers pour comprendre au mieux vos besoins. Grâce à ces outils, SOFAFER peut vous offrir : Des aciers de qualité et des produits répondant à vos critères.

IV. L'unité de Production :

L'unité de la production est l'ensemble des activités qui participent à la conception, la planification des ressources, leur ordonnancement, l'enregistrement et la traçabilité des activités de production, le contrôle des activités de production de l'entreprise, et elle est subdivisée en plusieurs sections :

- Un atelier de fabrication mécanique ;
- Un atelier de soudage.
- Un atelier de production.
- Un atelier de stockage.

1. L’atelier de fabrication mécanique :

Cet atelier est destiné à la fabrication des outils et équipements industriels qui seront utilisés dans les procédures de production, et parmi les techniques utilisés dans cet atelier : tournage, fraisage et perçage pour fabriquer les galets et les engrenages, réparer les pièces détériorées, les pièces de rechanges …, on trouve aussi le polissage, cette technique est utilisée pour polir les disques de coupe.

Figure 2 : atelier de la fabrication

2. L’atelier de soudage :

Le soudage est un moyen d'assemblage destiné à créer une continuité de la nature des matériaux assemblés. Le soudage s'applique dès lors que deux pièces sont réunies de façon à ce que la continuité de la matière entre les deux éléments soit telle qu'au niveau atomique ces deux pièces n'en forment qu'une seule, on utilise le soudage pour plusieurs raisons : lier les extrémités des bobines de feuillard entre eux, réparation des pièces détériorés, souder les canaux de lubrifiant ….

Figure 3 : atelier de soudage manuel

3. Atelier de stockage :

Figure 4 : atelier de stockage

Il occupe 60% de l'espace de l'usine, il contient la matière première utilisée dans la production : les fils de zinc, les bobines (LAC, LAF, PPO, GAL) :

- Bobines laminées à chaud (LAC)
- Laminées à froid (LAF)
- Galvanisées (GAL)
- Pré- laqués(PPO)

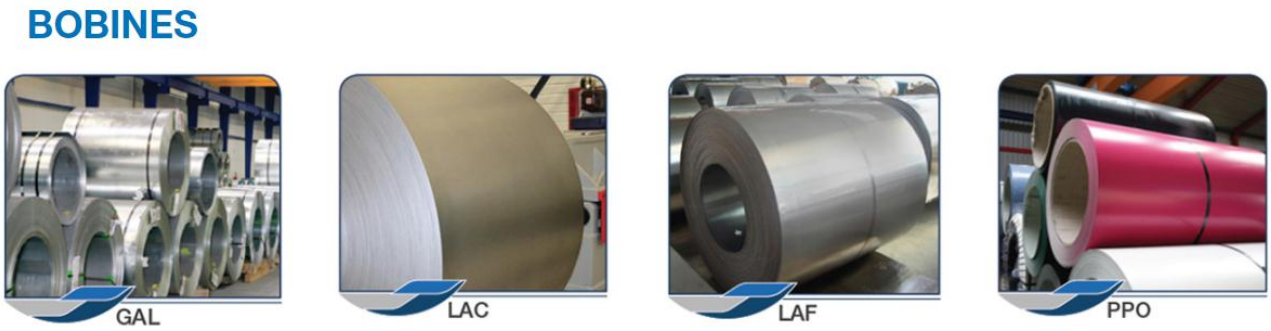


Figure 5 : types de matières premières

Il contient aussi les différents produits finis (tubes (rond, carré, rectangle), profilés à froid et tôles (nervurée, ondulées, ridelles, bardage, plane, etc…))

Un magasin : Contient des pièces de rechanges et les consommable nécessaires lors des différents travaux de maintenances et de production...

4. Atelier de production :

L'atelier contient cinq types de machines : refendeuse, presse, tôle, profileuse, et tube :

La refendage (2 Refendeuses) :

La refendage a pour objectif de transformer les bobines qui peuvent être de matières différentes (GAL, LAC, LAF, PRO) en feuillards pour avoir le format désiré, et ceci se fait suivant trois étapes et à l'aide de la refendeuse :

- ✓ Déroulement de la bobine à refendre.
- ✓ Refendage de la bobine par coupe dans le sens de la longueur.
- ✓ Des feuillards produits.

Figure 6 : Etapes de refendage

Afin de satisfaire ces clients, SOFAFER dispose d'un parc machine qui se présente comme suit : 2 Refendeuses ; 3 Machines tube ; 6 Machines profilées ; 4 Machines de tôle ; une Presse ; 2 Compresseurs.

TOLE (4 Machines de tôle) :

La tôle est une fine feuille de métal obtenue par laminage. On distingue les tôles fines (< 3 mm) ou fortes (> 3 mm) suivant leur épaisseur.

Elle a de très nombreuses applications, notamment :

• Les carrosseries (automobiles mais aussi de nombreuses machines et appareils : grille-pain, bétonnière, ordinateur, pompe à essence, lave-linge...) ;

• Le bardage pour la couverture des bâtiments ;

• Les emballages alimentaires (boîtes de conserve) ;

• Les surfaces antidérapantes (caillebotis en tôles, embouties, perforées) ;

• Les pièces techniques en tôle emboutie (jantes des roues pour l'automobile, équerres de fixation, grilles en tôle perforée, capsule de bouteille en verre, cuves en inox...) ;

• Les pièces arrondies en tôle cintrée puis soudée (tuyaux, bouteilles de gaz...)

Il existe différents types de tôle : gaufrée, perforée, plane, ondulée, gravée ou nervurée.

PROFILÉS (6 Machines profilées) :

La forme du profilé à réaliser est obtenue par le pliage d'une bande d'acier, par l'obtention de plis d'angles différents, par le passage de la tôle dans une ligne de profilage. Les plis sont obtenus par le passage du feuillard, dans les diverses opérations (passes - tête de profilage) de la ligne de profilage, d'une manière progressive et régulière, avec un angle de déformation de la tôle, à chaque opération de la ligne de profilage.

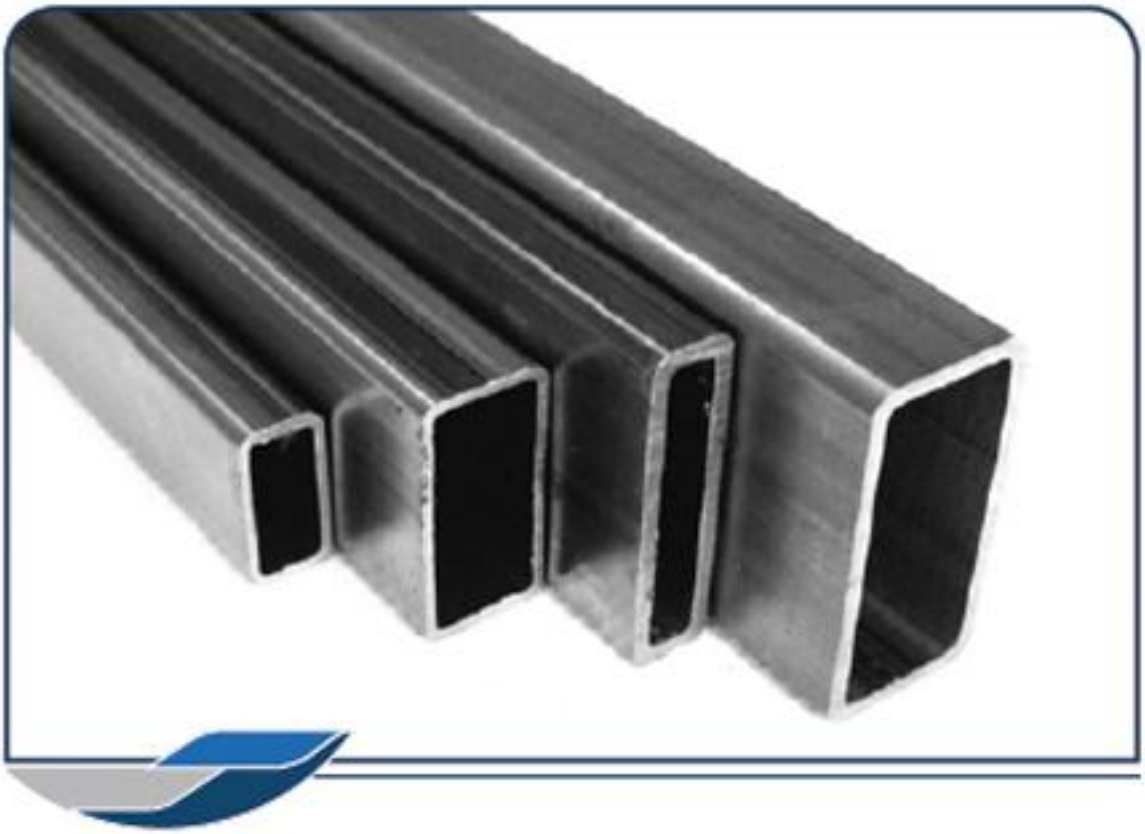
Presse :

L'atelier contient une seule presse, cette presse a pour objectif de percer le feuillard selon le type des trous, et selon une répartition bien définie. On utilise la presse pour fabriquer des produits comme les lames de rideaux et les chemins des câbles.

Tube :

Cet atelier dispose de 3 machines spécialisées dans la fabrication des tubes, chacune donne des tubes avec diamètre et une forme bien précis, et on va bien détailler cette machine dans le chapitre suivant.
Dans le chapitre suivant, on va vous présenter le procédé de la fabrication des tubes en expliquant les différentes étapes du procédé.

CHAPITRE 2
Présentation du procédé de la fabrication des tubes



I. Introduction :

Un tube en acier est le résultat d'un procédé industriel, permettant l'obtention d'un objet creux sous différentes formes, selon des caractéristiques définies à la base. Un tube est distingué par :

- Sa forme : il peut être rond, carré, rectangulaire, méplat, décoré ;
- Sa nuance : galvanisée ou noire ;
- Ses dimensions et son épaisseur.

Les tubes de la société SOFAFER sont fabriqués en continu, sur des lignes automatiques à cycle complet tout en passant par un processus de fabrication des profilés.

1. TUBE ROND

Épaisseur mm et masse linéique Kg/ml

Dim	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4
13			0,241	0,269	0,296	0,362						
16	0,228	0,264	0,300	0,335	0,370	0,455	0,536	0,691				
18	0,257	0,299	0,339	0,380	0,419	0,516	0,610	0,789				
20	0,287	0,333	0,379	0,424	0,469	0,578	0,684	0,888				
22	0,317	0,368	0,418	0,468	0,518	0,640	0,758	0,986				
25	0,361	0,419	0,477	0,535	0,592	0,532	0,869	1,134				
27						0,797	0,947	1,235	1,515			
28				0,601	0,666	0,825	0,980	1,282				
30				0,646	0,715	0,886	1,054	1,381	1,695	1,998		
32	0,465	0,540	0,616	0,690	0,464	0,948	1,128	1,480	1,819	2,146		
35	0,465	0,644	0,734	0,823	0,919	1,133	1,350	1,776	2,189	2,589		
38		0,644	0,734	0,823	0,919	1,133	1,350	1,776	2,189	2,589		
40		0,681	0,773	0,868	0,962	1,195	1,424	1,874	2,312	2,737		
42		0,709	0,810	0,912	1,011	1,256	1,498	1,973	2,435	2,855		
45		0,760	0,870	0,979	1,085	1,349	1,609	2,121	2,620	3,107		
48			0,932	1,045	1,159	1,441	1,720	2,269	2,805	3,330	3,841	
50			0,971	1,090	1,208	1,503	1,749	2,368	2,929	3,477	4,014	4,537
60					1,455	1,811	2,164	2,861	3,545	4,217	4,877	5,524
63,5					1,541	1,919	2,293	3,033	3,761	4,476	5,179	5,869
70					1,702	2,119	2,534	3,354	4,162	4,957	5,740	6,511
76						2,304	2,755	3,649	4,532	5,401	6,258	7,103
80						2,428	2,904	3,845	4,778	5,697	6,603	7,497
88,9						2,702	3,233	4,286	5,327	6,355	7,371	8,375
95						2,890	3,459	4,587	5,703	6,807	7,898	8,977
101,6						3,094	3,703	4,913	6,110	7,295	8,468	9,628
114,3								5,539	6,893	8,234	9,564	10,88
127								6,070	7,240	9,030	10,41	11,90

Tableau 1 : Dimension du tube rond

2. TUBE CARRÉ

Épaisseur mm et masse linéique Kg/ml

Dim	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4
16x16	0,278	0,333	0,379	0,424	0,469	0,578	0,684					
20x20	0,361	0,419	0,477	0,535	0,592	0,732	0,869	1,134				
25x25	0,465	0,419	0,616	0,690	0,764	0,948	1,128	1,480	1,819	2,146		
30x30		0,644	0,734	0,823	0,912	1,133	1,350	1,776	2,189	2,589		
35x35		0,760	0,870	0,979	1,085	1,349	1,609	2,121	2,620	3,107		
40x40			0,971	1,090	1,208	1,503	1,794	2,368	2,929	3,477	4,014	4,537
50x50					1,541	1,919	2,293	1,794	2,368	2,929	3,477	4,014
4,537						2,307	2,760	3,650	4,538	5,408	6,266	7,112
70x70						2,704	3,236	4,291	5,333	6,358	7,374	8,379
80x80						3,107	3,717	4,932	6,134	7,324	8,501	9,666
90x90								5,539	6,893	8,234	9,564	10,88
100x100								6,070	7,240	9,030	10,41	11,90

Tableau 2 : Dimension du tube carré

3. TUBE RECTANGULAIRE

Épaisseur mm et masse linéique Kg/ml

Dim	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4
30x20	0,465	0,540	0,616	0,690	0,764	0,948	1,128	1,480	1,819	2,146		
40x20		0,644	0,734	0,823	0,912	1,133	1,350	1,776	2,189	2,589		
40x27		0,709	0,810	0,912	1,011	1,256	1,498	1,973	2,435	2,885		
50x30			0,971	1,090	1,208	1,503	1,794	2,368	2,929	3,477	4,014	4,537
60x40					1,541	1,919	2,293	3,033	3,761	4,467	5,179	5,869
70x40					1,702	2,119	2,534	3,354	4,162	4,957	5,740	6,511
80x40						2,307	2,760	3,650	4,538	5,408	6,266	7,112
100x40						2,704	3,236	4,291	5,333	6,358	7,374	8,379
100x50						2,890	3,459	4,587	5,703	6,807	7,898	8,977
100x60						3,107	3,717	4,932	6,134	7,324	8,501	9,666
120x60								5,621	7,016	8,407	9,795	11,17

Tableau 3 : Dimension du tube rectangulaire

Rapport-Gratuit.com

4. TUBE MÉPLAT

Épaisseur mm et masse linéique Kg/ml							
Dim	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5
30x15	0,373	0,434	0,496	0,557	0,618	0,770	0,921
40x20	0,467	0,545	0,622	0,700	0,776	0,968	1,158
50x25	0,589	0,686	0,784	0,881	0,978	1,220	0,462

Tableau 4 : Dimension du tube méplat

5. TUBE GALVANISÉ GFM-GBL & NBL

NBL : Noir bout lisse

GBL : Galvanisé bout lisse

GFM : Galvanisé fileté manchonné

Dim de filetage	Diamètre Nominal	Diamètre en mm	Série légère II				Série légère I				Série Moyenne				Filetage
			Épaisseur	NBL	GBL	GFM	Épaisseur	NBL	GBL	GFM	Épaisseur	NBL	GBL	GFM	Pas
1/2"	15	21,3	2,0	0,96	1,02	1,03	2,3	0,96	1,01	1,02	2,6	1,20	1,25	1,26	1,814
3/4"	20	26,9	2,3	1,40	1,47	1,48	2,3	1,40	1,47	1,48	2,6	1,55	1,63	1,64	1,814
1"	25	33,7	2,6	2,04	2,10	2,12	2,9	2,20	2,28	2,30	3,2	2,41	2,49	2,51	2,309
1"1/4	32	42,4	2,6	2,57	2,68	2,71	2,9	2,82	2,93	2,96	3,2	3,09	3,20	3,23	2,309
1"1/2	40	48,3	2,9	3,25	3,38	3,42	2,9	3,25	3,38	3,42	3,2	3,56	3,68	3,72	2,309
2"	50	60,3	2,9	4,14	4,30	4,37	3,2	5,51	4,67	4,74	3,6	5,03	5,19	5,26	2,309
2"1/2	65	76,1	3,2	5,75	5,95	6,07	3,2	5,75	5,95	6,07	3,6	6,44	6,44	6,76	2,309
3"	80	88,9	3,2	6,76	7,00	7,17	3,6	7,85	8,09	8,26	4,0	8,38	8,61	8,78	2,309
3"1/2	90	101,6	3,6	8,70	8,97	9,15	3,6	8,70	8,97	8,15	4,0	9,63	9,90	10,08	2,309
4"	100	114,3	3,6	9,83	10,14	10,44	4,0	10,88	11,18	11,48					2,309
5"	125	139,7	3,6	10,90	11,24										

Tableau 5 : Dimension du tube galvanisé

II. Domaines d'utilisation

Passant parfois inaperçu, le tube en acier est présent partout dans notre vie quotidienne. Les profilés sont utilisés dans la plupart des équipements et constituent souvent la base essentielle de produits sophistiqués, parmi les secteurs on peut citer :

- **L'automobile** : joint de portière, longeron de portière travail public : palplanche, glissières d'autoroutes.
- **Bâtiment :** bardages, éléments de structures, couvertures, planchers, bardages plafond, portes, échafaudage
- **L'équipement intérieur** : mobilier de bureau, électroménager
- **Stockage** : rayonnages
- **Transport** : longerons, cades de portières
- **L'agriculture** : piquets de vigne, systèmes de clôture, silos.

III. Procédé de la fabrication des tubes

Le procédé de la fabrication passe par plusieurs étape :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1. Déroulage

La matière première est sous forme de bobines et passent par l'étape de refendage où la refendeuse découpe ces bobines en feuillards (comme on a déjà mentionné dans le chapitre précédent) selon les dimensions désirées, ces bobines de feuillards sont transportées à l'aide des ponts roulants vers les machines de production, Ces ponts de manutention roulants ont une capacité de levage jusqu'à 12.5 T et jusqu'à 30 mètres de portée.

Figure 7 : Etape de déroulement

2. Réservoir

Figure 8 : Réservoir de la machine tube

Les bobines de feuillards sont déposées sur l'axe de l'accumulateur qui alimente un réservoir horizontal qui emmagasine vers 3 bobines de feuillards et ce réservoir a comme but d'assurer la continuité du fonctionnement de la machine.

Le réservoir dispose d'un moteur qui fait tourner la table sur laquelle est déposé le feuillard (la table étant la plateforme du réservoir du feuillard d'acier), alors ce moteur tire le feuillard d'acier du dérouleur et le repousse vers le premier bloc des galets de formage. Ce réservoir est contrôlé par le responsable de la machine, d'où il contrôle la vitesse de la table du réservoir, et s'il y a une surcharge au niveau réservoir il arrête la machine.
Il faut noter que le spécialiste de soudage s'occupe à lier l'extrémité de la bobine manuellement avec l'autre extrémité du réservoir pour éviter l'arrêt de la machine lors de l'alimentation de l'accumulateur.

3. Formage

Ce bloc applique des forces répartis sur la plaque à l'aide des galets afin de la transformer à la forme désirée, dans notre cas une forme cylindrique avec ouverture longitudinal,
La mise en forme des tubes métalliques a pour objectif de donner à un matériau-ébauche une forme précise, des propriétés mécaniques adéquates et un état de surface idoine pour l'utilisation du produit. La particularité des tubes est de comporter une surface externe et une surface interne, avec entre les deux surfaces, une paroi souvent mince.

Figure 9 : bloc de formage

La mise en forme à partir de l'état solide sans enlèvement de matière. Le métal, l'alliage ou le matériau plastique subit une déformation permanente. Les procédés de formage sont basés sur des propriétés fondamentales des alliages métalliques solides : la plasticité.

La plasticité des alliages métalliques correspond à leur aptitude à présenter, après application d'une contrainte, une déformation permanente laissant invariant en première approximation leur volume.

Figure 10 : bloc de formage

4. Soudage magnétique :

Le tube à souder (a) est placé à l'intérieur d'une spire de cuivre (b) parcourue par le courant primaire. En fréquence radio, les courants induits suivant les chemins de moindre impédance : un impudeur (c) placé dans le tube permet d'orienter le passage du courant là ou son action sera utile. Le courant est en outre localisé sur une profondeur de quelques dixièmes de millimètres seulement ("effet de peau") : c'est un véritable film de métal liquéfié qui assure la soudure.

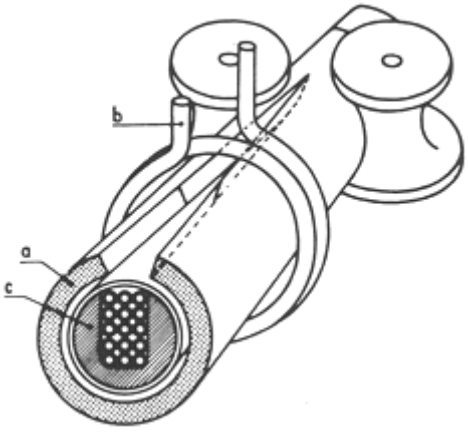


Figure 11 : Soudage par induction

Cette action est connue : soudage par induction haute fréquence est une application directe à la fois de la loi de l'induction (la loi de Lenz et de l'effet Joule) où un enroulement de cuivre induit un champ magnétique de haute fréquence qui cause l'échauffement du tube (l'effet Joule), un noyau de fer (c) à l'intérieur du tube concentre ce champ vers les bords afin d'atteindre la température de fusion et mène à la fermeture du tube de manière longitudinale.

- La création de la chaleur au sein même du matériau à chauffer
  - La faible inertie thermique (souplesse) par rapport au chauffage avec un four électrique classique par exemple ;
  - La densité de puissance élevée (rapidité de chauffe).

- Soudure "propre" et de très haute qualité (face d'aspect)
  - Pas de déformations des pièces soudées
  - Assure la continuité métallique et étanchéité
  - Rapide (5ms à 3 secondes), efficace, peu polluant

Figure 12 : Soudage par induction

Après l'étape de soudage, on passe au Traitement du cordon de soudure, et à l'aide d'un outil ARS (acier rapide supérieur) on enlève la partie non esthétique du cordon de la soudure sans endommagement de la surface.

Figure 13 : enlèvement de la partie non esthétique du cordon de la soudure

5. Poste de calibrage et dressage / refroidissement

Ce poste est constitué d'une série de galets qui a comme but de donner la forme finale aux tubes, la correction des contours géométriques après l'extrusion, or le tube passe de la forme standard à une nouvelle forme (TUBE CARRÉ, TUBE ROND, TUBE RECTANGULAIRE).

Ces dresseuses sont utilisées pour corriger les formes différentes des profilés. Elles sont construites spécialement pour chaque application, car chaque profilé a une ligne de galets correspondante spécialisé dans la fabrication de chaque produit.

Figure 14 : Poste de dressage et de calibrage

Le tube étant chaud après le soudage, donc on passe au refroidissement, on utilise un liquide composé de l'eau et l'huile, ce liquide a pour rôle la dissipation de la chaleur du tube et aussi la lubrification du tube lors du contact entre le feuillard et les galets de formage de la machine.

Figure 15 : Poste de dressage et de calibrage

6. Robot de tronçonnage :

Rapport-Gratuit.com

Finalement le tube passe au robot de tronçonnage programmable qui exécute des coupes transversales prédéfinis effectuées par une scie circulaire en automatique selon la longueur désirée à l'aide des mors qui se ferment autour du tube lors du tronçonnage , par la suite le robot effectue une translation sur une raie spécifié jusqu'à la que machine touche le fin de course et les mors du robot s'ouvrent , le rôle de cette translation est de faire déplacer les tubes fabriquées vers l'étape suivante .

Figure 16 : robot de tronçonnage

7. Bottelage des tubes

Dans cette étape une ligne d'empaquetage automatique regroupe les tubes parvenant du robot de tronçonnage sous forme de fardeaux pour quels soient transportés par la suite vers l'atelier de stockage à l'aide des ponts roulants.

Figure 17 : Regroupement des tubes

Chapitre 3
État des lieux et étude historique

Figure 18 : déformation du tube

I. Introduction

On s'intéresse dans ce chapitre à présenter les différents types d'arrêts pouvant survenir sur la machine tube et l'influence de ces derniers sur les performances les lignes de production. Par la suite on va classifier les causes qui ont causé l'arrêt de la production de la machine et agir sur eux.

II. Les types d'arrêts :

Plusieurs éléments interviennent dans l'arrêt de la machine et on peut citer :

1. Les Pannes :

On peut distinguer 2 types de pannes :

- **Panne mécanique :** Plusieurs pannes mécaniques ont été constatées aux différentes étapes de la production :
  - Robot de tronçonnage : Les mors du robot qui fixent le tube jusqu'à son arrivé à la ligne d'empaquetage ne s'ouvrent pas ; Casse du disque de coupe.
  - Rupture du disque de la coupe.
  - Formage : Détérioration des galets, casse des roulements

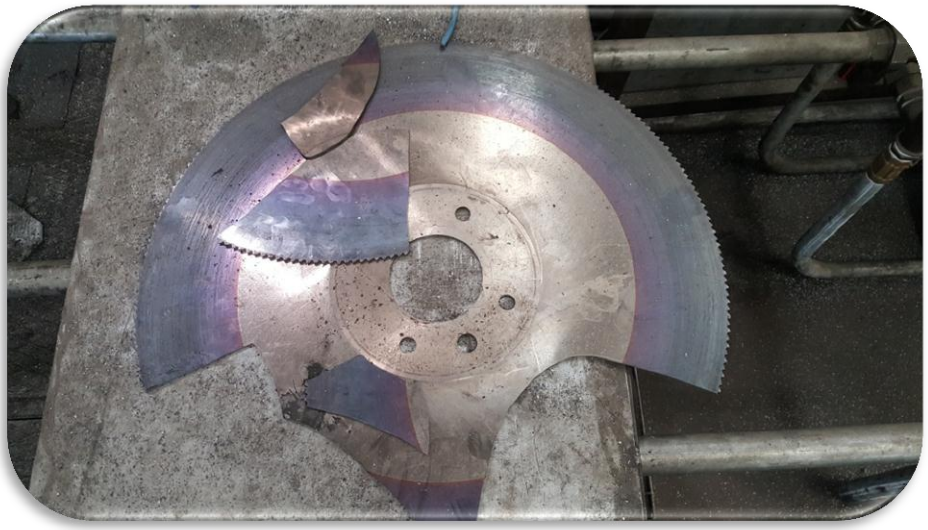


Figure 19 : Rupture du disque de la coupe

- **Panne électrique :**

  - Pannes provoquées par des défauts d'alimentation tels que surtension ou sous-tension.
  - Panne électrique de la pompe des lubrifiants

2. Changement de série :

Cette partie porte sur les opérations de changement des galets, changement d'épaisseur entre les galets supérieurs et celles inférieurs, changement de cuivre et de carbone, Changement de disque de coupe.

Figure 20 : procédure du changement des galets

3. Réglage :

Réglage du positionnement de la série des galets pour avoir la précision demandée par le client, Réglage de la tôle, aussi réglages des paramètres de la machine : Ajuster les vitesses des galets et la vitesse du réservoir ; Régler l'intensité du courant utilisé dans le soudage par induction.

Figure 21 : Réglage de la machine tube

4. Nettoyage :

Nettoyage du milieu de travail, nettoyage de cordon de la soudure qui s'accumule après le passage de la soudure, Nettoyage complet de la machine Tube 3 avec cachet et l'eau comprimée, Nettoyage des filtres du poste de refroidissement du poste de soudeur de la machine Tube. Et d'autres causes que nous allons bien détailler dans le tableau suivant avec leurs types pour les 3 machines tubes.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure 22 : Nettoyage de la machine

III. Étude historique des causes d'arrêt

Dans cette partie, on s'intéresse à présenter les différentes causes d'arrêt des trois machines en l'étude et l'analyse d'historique des équipements, et pour réaliser ce travail, on s'est basé sur les fiches de la production hebdomadaires, aussi on s'est appuyé sur des résumés réalisées durant les mois 4 et 5,on a formulé aussi des questionnaires d'enquête à poser sur l'équipe de travail responsable sur les 3 machines. Après le traitement des données, on a pu classifier les causes sous forme des tableaux suivants :

Cause d'arrêt	Temps d'arrêt	Type d'arrêt
Changement des galets et entretien	110	Changement des galets
Entrée de la tôle et réglage	30	Réglage
Changement des galets pour rond 13	120	Changement des galets
Surcharge électrique	15	Panne électrique
Nettoyage de la machine	90	Nettoyage
Changement des galets	140	Changement des galets
Changement des galets pour Carré 16x16 + Problème au niveau du feuillard 2,20 LAC	60	Changement des galets
Changement des galets	120	Changement des galets
Changement d'épaisseur et réglage	42	réglage
Panne mécanique	60	Panne mécanique
Nettoyage de la machine	90	Nettoyage

Cassée de la soudure au milieu de la machine	36	Défaut de soudage
Casse du disque de tronçonnage	50	Panne mécanique

Tableau 6 : Les causes d'arrêt de la machine 1

Cause d'arrêt	Temps d'arrêt	Type d'arrêt
Changement des galets	282	Changement des galets
Changement des galets pour rond 60	191	Changement des galets
Changement, entrée de la tôle et réglage	125	Changement des galets
Changement des galets	300	Changement des galets
Changement des galets pour Rond 88,90	172	Changement des galets
Changement des galets	120	Changement des galets
Changement des galets	239	Changement des galets
Changement des galets	120	Changement des galets
Changement du réserve + Changement des galets pour Rect 60x40	32	Changement des galets
Changement des galets pour Rect 60x40	240	Changement des galets
Changement des galets pour Rond 114	160	Changement des galets
Changement des galets	140	Changement des galets
Changement des galets pour Rond 60	49	changement des galets
Cassée de la soudure au milieu de la machine	35	Défaut de soudage
Nettoyage de la machine	90	Nettoyage
Nettoyage de la machine	80	Nettoyage
Panne électrique de la pompe des lubrifiants	50	Panne électrique
Panne mécanique du chariot de la coupe	270	Panne mécanique
Panne mécanique des morts	105	Panne mécanique

Réparation de la pompe du chariot de la machine Tube 2	60	Panne mécanique
Réglage du poste du fil de Zinc	40	Réglage
Casse du disque de coupe	55	Panne mécanique
Entrée de la tôle	45	Réglage
Entrée de la tôle	39	réglage
Entrée de la tôle	58	Réglage
Entrée de la tôle	40	réglage
Changement d'épaisseur pour 0,90 LAC	35	Réglage
Entrée de la tôle et réglage	80	Réglage
Blocage des mors du robot de tronçonnage	189	Panne mécanique
Entrée de la tôle	30	Réglage

Tableau 7 : les causes d'arrêt de la machine 2

Cause d'arrêt	Temps d'arrêt	Type d'arrêt
Changement des galets et entretien	110	Changement des galets
Entrée de la tôle et réglage	30	Réglage
Changement des galets pour rond 13	120	Changement des galets
Surcharge électrique	15	Panne électrique
Nettoyage de la machine	90	Nettoyage
Changement des galets	140	Changement des galets
Changement des galets pour Carré 16x16 + Problème au niveau du feuillard 2,20 LAC	60	Changement des galets
Changement des galets	120	Changement des galets
Changement d'épaisseur et réglage	42	réglage
Panne mécanique	60	Panne mécanique
Nettoyage de la machine	90	Nettoyage
Cassée de la soudure au milieu de la machine	36	Défaut de soudage
Casse du disque di tronçonnage	50	Panne mécanique

Tableau 8 : les causes d'arrêt de la machine 2

À cet égard, on cherche à représenter et rechercher d'une manière synthétique les différentes causes possibles des problèmes. C'est pour cela on fait introduction de la méthode d'ISHIKAWA.

1. Diagramme d'Ishikawa

Diagramme d'Ishikawa ou Le diagramme de causes à effet, Cet outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5M :

- **Matière** : les différents consommables utilisés, matières premières…
- **Milieu** : le lieu de travail, son aspect, son organisation physique…
- **Méthodes** : les procédures, le flux d'information…
- **Matériel** : les équipements, machines, outillages, pièces de rechange…
- **Main d'œuvre** : les ressources humaines, les qualifications du personnel

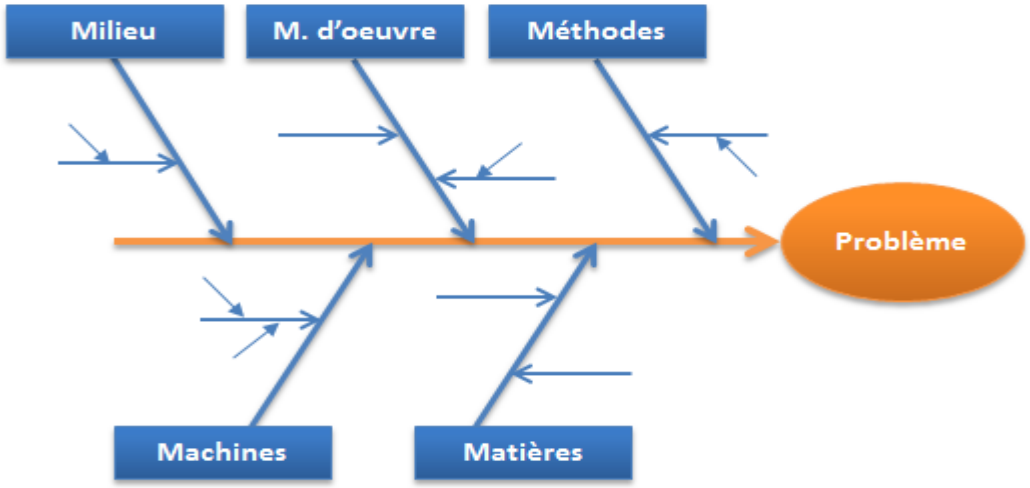


Figure 23 : Forme du diagramme d'Ishikawa

D'après les données des trois tableaux , on a pu répartir ces causes d'arret suivant le diagramme de causes à effet, et on a trouvé comme résultat :

Main d'œuvre :

- Diversité des taches
- Absence de surveillance de L'opérateur

- Mauvais nettoyage de la machine
- Manque de formation
- Non-respect des consignes d'utilisation de la machine
- Déplacement de l'opérateur
- Défaut de soudage

Matière :

- Problème du feuillard lubrifiant excessivement pollué
- fracture au niveau du disque de tronçonnage
- problème au niveau des paliers.

Méthode :

- Attente du refendage du feuillard
- retard d'une bobine
- Défaut de soudage

Milieu :

- Retard du pont.
- Nettoyage du milieu de travail.
- Accumulation du cordon de la soudure.
- Nettoyage des filtres du poste de refroidissement du poste de soudeur de la machine Tube.

Matériel :

- Changement des galets.
- Contrôle des réducteurs des machines Tubes.
- Réparation de la table roulante de la machine Tube 2.
- Graissage de la machine Tube 2.
- changement d'épaisseur pour léger et réglage.
- Réglage du poste du fil de Zinc.
- Entrée de la tôle.
- Panne mécanique du chariot de la coupe.
- Panne mécanique des morts.

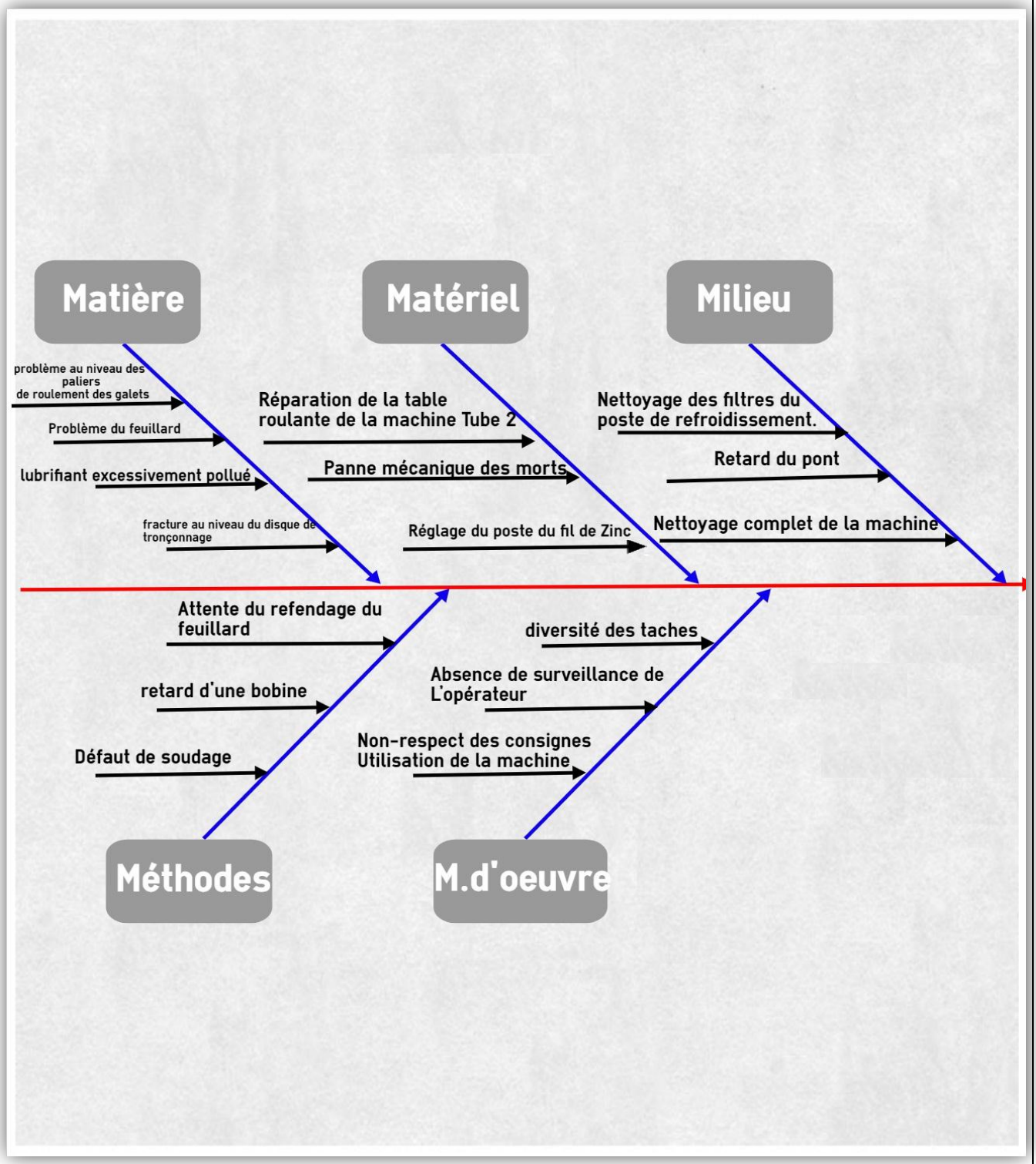


Figure 24 : Diagramme d'Ishikawa de la machine

Après avoir identifié les différentes facteurs qui ont occasionné l'arrêt des machines tubes 1, 2 et 3, on passe au traitement des causes afin de savoir la disponibilité, la maintenabilité et la fiabilité de chaque machine, c'est pour cela on utilise la méthode de Pareto.

2. Analyse Pareto :

L'Analyse de **Pareto** permet d'avoir une vision de la contribution d'une catégorie d'éléments par rapport à d'autres en général, et dans notre cas la méthode est utilisée pour constater l'importance de différentes causes de l'arrêt à travers un diagramme, Ce dernier permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer notre situation. Du coup, on va présenter dans cette partie les modes de défaillances de chaque machine tube et comparer les causes racines de ce problème.
Et nous avons réparti les arrêts calculés précédemment selon leurs types.
Le tableau suivant illustre cette répartition:

Mode de défaillance	Temps d'arrêts (min)		
	Machine 1	Machine 2	Machine 3
Changement des galets	961	2170	550
Panne mécanique	540	495	110
Réglage	205	484	72
Nettoyage	60	170	180
Panne électrique	100	50	15
Défaut de soudage	36	35	35

Tableau 9 : Mode de défaillance et le temps d'arrêt pour les 3 machines

En rassemblant les données des trois machines tubes dans un seul tableau :

L'arrêt	Temps d'arrêt
Changement des galets	3681
Panne mécanique	1145
Réglage	761
Nettoyage	410
Panne électrique	165
Défaut de soudage	106

Tableau 10 : Mode de défaillance et le temps d'arrêt globale

D'après le diagramme de PARETO, et en se basant sur la méthode ABC qui repose sur une constatation qui montre qu'en général 80% des effets sont dus à 20% des causes.

Tableau : classement des causes d'arrêt par la méthode de Pareto

Les arrêts	Occurrences	Pourcentage	Pourcentage Cumulé
Changement des galets	3681	58,73%	58,73%
Panne mécanique	1145	18,27%	76,99%
Réglage	761	12,14%	89,14%
Nettoyage	410	6,54%	95,68%
Panne électrique	165	2,63%	98,31%
Défaut de soudage	106	1,69%	100,00%

Tableau 11 : classement des causes d'arrêt par la méthode de Pareto

En analysant les données, Pour la machine tube on constate que le changement des galets et les pannes mécaniques influence dans un premier lieu sur le bon fonctionnement de cette machine.

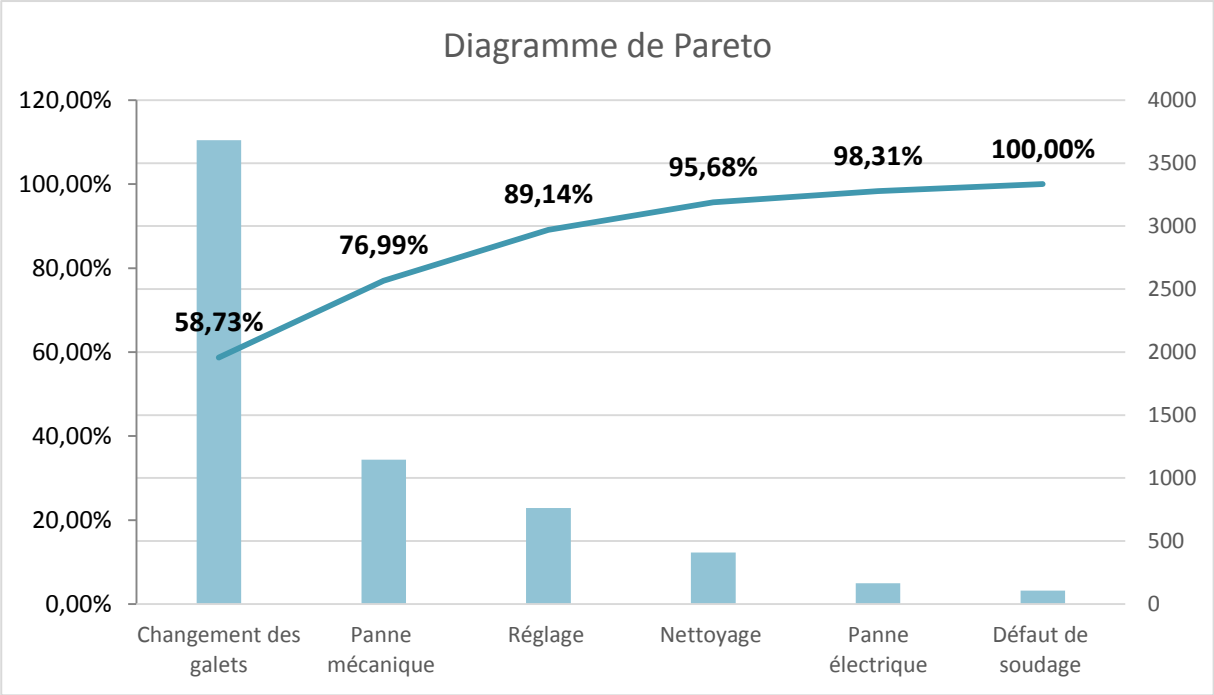


Figure 25 : Diagramme de Pareto pour les causes d'arrêt

3. Le taux de rendement synthétique (TRS) :

Le taux de rendement synthétique (TRS) ou OEE (overall equipement efficiency) mesure le **rendement** d'un moyen de production dans notre cas les machines tube

Cet indicateur de productivité, au cœur des attentions de la démarche TPM (Total Productive Maintenance) permet non seulement de tracer et quantifier l'efficience d'une machine mais également d'identifier les axes d'amélioration pour faire progresser la productivité du moyen. Il est défini par la norme AFNOR NF E60-182.

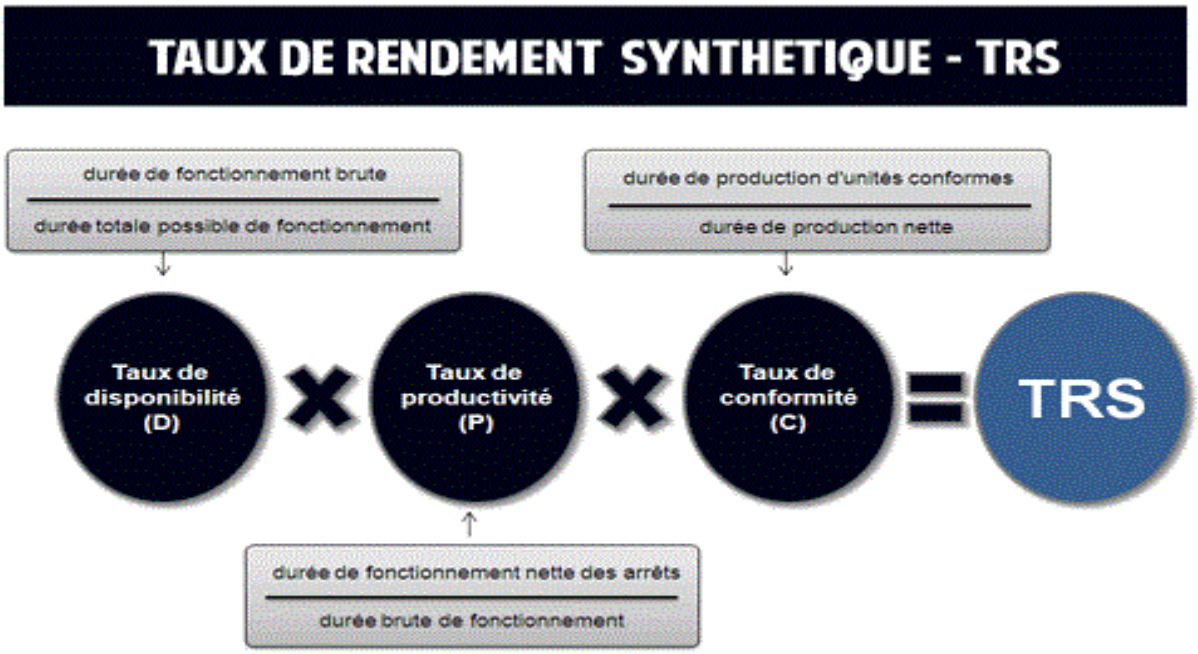


Figure 26 : Formule de calcul du TRS

Le TRS est donc la combinaison de 3 taux inférieurs à 1 : il est donc toujours inférieur au taux le plus faible qui le compose.

Application de l'indicateur TRS :

Application de l'indicateur TRS : Les indicateurs de suivi montrent la performance des machines dans l'ensemble, mais ne permettent pas d'analyser le fond de la performance, ainsi nous avons ajouté l'indicateur TRS que nous avons suivi et calculer à l'aide d'une fiche de de suivi méthodique Le taux de rendement synthétique (TRS) est un indicateur du taux d'utilisation des machines. Il compare la production réelle à la capacité de production théorique des machines ou d'un équipement.

Le TRS permet de rendre visibles les écueils de production, l'améliorer signifie éliminer ces écueils :

- Micro arrêts
- Changement de produits
- Pannes
- Pertes de vitesse
- Taux de rebus

A l'aide des fiche d'arrêts des machines du moi avril et la moitié du mois mai , on a pu calculé le taux de disponibilité , et aussi on a exploiter les fiches d'état de production des machines de la même période pour calculer le taux de performance et de qualité . Le tableau suivant montre le taux de rendement synthétique pour chaque machine.

Machine	TRS
Machine tube 1	72.5%
Machine tube 2	71.8%
Machine tube 3	72.3%

Tableau 12 : Calcul des 3 machines pour les 3 machines

D'après le calcul du taux du rendement, on constate que la machine tube 2 est la plus critiques , et on doit apporter des méthodes pour améliorer la productivité de cette machine.

Conclusion :

Après avoir classifié les causes d'arrêt selon leur criticité, on va se concentrer dans le chapitre suivant sur l'augmentation de la performance des équipements, l'amélioration et la réduction du temps perdu lors des pannes.

Chapitre 4
Plan d'amélioration de la productivité de la ligne du profilage des tubes

I. Introduction

L'étude des données à l'aide du diagramme Pareto et Ishikawa nous a permis de se focaliser sur le traitement des deux problèmes majeurs qui constituent plus de 80% des effets, c'est pour cela on procède par des techniques de management de la qualité « Lean Management » ayant comme objectif l'amélioration au mieux de la performance des processus de la fabrication des tubes en exploitant les méthodes techniques et pratiques déjà à disposition.

Vue sous un angle plus pratique, les démarches qu'on va utiliser repose sur la résolution active des problèmes en identifiant les gaspillages du temps et de les éliminer ou de les réduire, afin d'optimiser la production.

En premier lieu, on va commencer par traiter le problème majeur : changement de galets, pour faire ceci, on va procéder avec la méthode de SMED.

II. Méthodes d'amélioration

1. Méthode AMDEC :

Définition :

Analyse des modes de défaillances et de leur criticité. Il s'agit d'une méthode inductive permettant, pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système. C'est un outil d'analyse qui permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global.

Historiquement, AMDEC est développée aux Etats-Unis, dans l'industrie aéronautique, au début des années soixante, elle a pris son essor en Europe au cours des années soixante-dix dans l'industrie automobile, chimique, nucléaire. La méthode AMDEC a ajouté l'estimation de la dimension critique des risques. Le principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un système.

Il existe (en 2010) cinq principaux types d'AMDEC :

- l'**AMDEC fonctionnelle**, permet, à partir de l'analyse fonctionnelle, de déterminer les modes de défaillances ou causes amenant à un événement redouté ;
- L'AMDEC **produit**, permet de vérifier la viabilité d'un produit développé par rapport aux exigences du client ou de l'application ;
- L'AMDEC **processus**, permet d'identifier les risques potentiels liés à un procédé de fabrication conduisant à des produits non conformes ou des pertes de cadence ;
- L'AMDEC **moyen de production**, permet d'anticiper les risques liés au non-fonctionnement ou au fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine ;
- L'AMDEC **flux**, permet d'anticiper les risques liés aux ruptures de flux matière ou d'informations, les délais de réaction ou de correction, les coûts inhérents au retour à la normale.

On s'intéresse dans notre cas sur l'**AMDEC moyen de production.**

OBJECTIFS DE L'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires.
L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.
Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances,
- Identifier les modes de défaillances,
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection,
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance,
- Classer les modes de défaillance,
- Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

METHODOLOGIE D'ANALYSE

En général, dans un Tableau AMDEC, on regroupe les informations suivantes :

- Le nom du système analysé
- La fonction remplie par l'élément
- Son repère fonctionnel ou sa nomenclature
- Les modes de défaillance
- Les causes de défaillance
- Les effets des défaillances
- Les méthodes de détection des défaillances
- Les actions correctives
- La fréquence
- La gravité
- La criticité

Le tableau AMDEC :

Le tableau AMDEC est constitué des éléments suivant :

Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes possibles	Conséquences	Indice de criticité

Tableau 13 : exemple du tableau AMDEC

Indice de criticité

Défaillance de type 4 : prohibitives (ou interdites) ; implique la mise en cause de la conception de l'ensemble.
Défaillance de type 3 : non admissibles ; conception de sous-ensembles et choix de composants à repenser
Défaillance de type 2 : admissibles ; performances de composants à améliorer, dans l'optique de la fiabilité de l'ensemble.
Défaillance de type 1 : négligeables ; effet négligeable sur la fiabilité globale.

LES MODES DE DEFAILLANCE

Il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est sensée faire. L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, l'AMDEC envisage pour chacune d'entre-elles sa façon (ou ses

façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement. On distingue 5 modes génériques de défaillance :

- Perte de la fonction.
- Fonctionnement intempestif.
- Démarrage impossible.
- Arrêt impossible.
- Fonctionnement dégradé.

LES CAUSES DE DEFAILLANCE

Il existe 4 types de causes amenant le mode de défaillance

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

CRITICITE DES CONSEQUENCES

La criticité est en fait la **gravité des conséquences** de la défaillance, déterminée par calcul

$$C = F \times D \times G$$

F : Fréquence d'apparition de la défaillance : elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.

D : Fréquence de non-détection de la défaillance : elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.

G : Gravité des effets de la défaillance : la gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

Chaque critère comporte 4 niveaux de gravité notés de 1 à 4.

Evaluation de la criticité C ou I.P.R (l'Indice de Priorité des Risques).

Si I.P.R. < 12 : Rien à signaler

Si 12 < I.P.R. < 18 : Surveillance accrue à envisager, à la limite de l'acceptable

Si I.P.R. > 18 : Mise en place d'actions permettant de corriger donc d'améliorer le moyen ou l'installation utilisé.

La valeur relative des criticités des différentes défaillances permet de planifier les recherches en commençant par celles qui ont la criticité la plus élevée.

- **La fréquence**

Fréquence d'occurrence		Définition
Très faible	1	Défaillance rare
Faible	2	Défaillance possible
Moyenne	3	Défaillance fréquente
Forte	4	Défaillance très fréquente

Tableau 14: Fréquence d'apparition de la défaillance

- **Gravité :**

Niveau de gravité		Définition
Mineure	1	Défaillance mineure : arrêt de production : moins de 15 minutes Aucune dégradation notable
Significative	2	Défaillance significative : arrêt de production de 15 minutes à une heure. Remis en état de courte durée ou petite réparation ; déclenchent du produit
Moyenne	3	Défaillance moyenne : arrêt de production 1 heure à 2 heures changement matériel défectueux nectaire
Majeure	4	Défaillance majeure : arrêt de production 2 heures et plus intervention importante sur le sous-ensemble production des pièces non conformes non détectées

Catastrophique	5	Défaillance catastrophique : arrêt de production>à2h, intervention lourde nécessite des moyens coûteux problèmes de sécurité du personnel

Tableau 15: Gravité des effets de la défaillance

- **Détection :**

Niveau de non détection		Définition
Détection évidente Détection visuelle	1	Défaillance détectable à 100% Détection certaine de la défaillance Signe évident d'une dégradation Dispositif de détection automatique (alarme)
détection après action de technicien	2	Défaillance détectable Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite…).
détection difficile	3	Signe de la défaillance Difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant Une action ou des moyens complexes (démontage…)
Détection impossible	4	Défaillance indétectable Aucun signe de la défaillance

Tableau 16: Fréquence de non-détection de la défaillance

Le tableau AMDEC de la machine tube :

Organe	Mode de défaillance	Causes possibles	Conséquences	Indice de criticité			
				F	G	D	C

Les mors de la machine coupeuse	Blocage	Niveau d'huile insuffisant dans la pompe	Déformation des tubes	3	4	2	24
Disque de la coupe	rupture	Les mesures fournis par l'encodeur ne sont pas exactes	Arrêt de la machine	4	3	1	12
Les roulements	Grippage	-Mauvaise qualité -Fuite d'eau -Manque de graisse	Détachement des galets	1	3	2	6
Les galets	Fissure Déformation	Certains galets ne peuvent pas supporter la grande épaisseur du feuillard	Non-conformité des tubes	1	2	2	4
Les joints d'étanchéité	Distorsion	La grande chaleur	Les fuites du fluide	3	1	3	9
Cardan de la machine tube	Fissure	La grande vitesse	Arrêt du robot	1	4	1	4
la table roulante	Mouvement non transmet	Disfonctionnement fin de course	Accumulation des tubes	1	2	1	2
Paliers	Mal fixation	Problème de graissage	Production des tubes non conformés	2	1	2	4
Les Axes	Déformation	-Casse du filetage -Le jeu avec les roulements des paliers	Détachement des portes galets	2	3	2	12
Les tiges	fissure	Fissure à cause du l'utilisation d'une grande épaisseur -contact des tiges avec la partie ouvert du tube	Détachement des galets	2	2	2	8
Courroie	désolidarisation	La grande chaleur	Arrêt du robot de tronçonnage	2	1	1	2
Distributeur	disfonctionnement	Fuite d'eau/d'air/ Huile : problèmes des joints	Arrêt de la pompe	1	3	4	12

Encodeur	disfonctionnement	L'accouplement Galets défectueuse	Rupture du disque de la coupe. Production des tubes de longueur non conformes	3	4	2	12

Tableau 17: Le tableau AMDEC de la machine tube

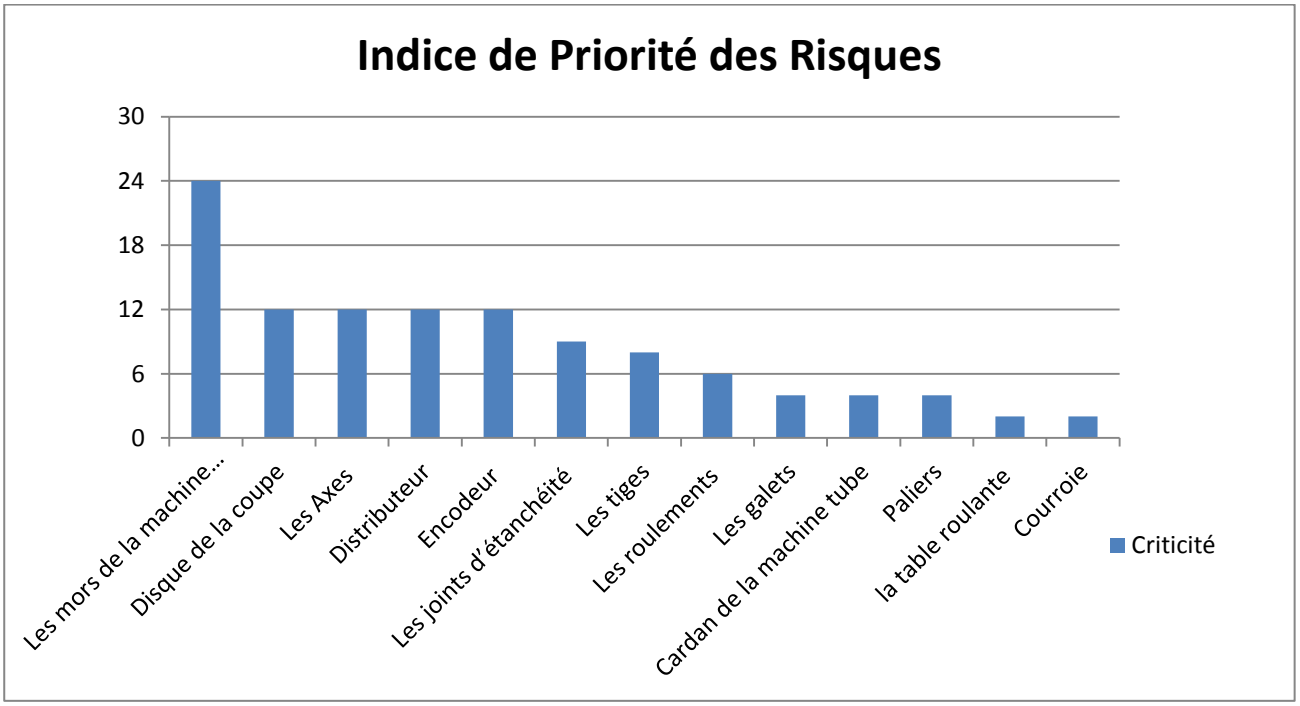


Figure 27 : Diagramme d'indice de Priorité des Risques

Plan d'action de la maintenance préventive et corrective:

Les Organes	Les actions préventives/correctives	Périodicité			Durée en minutes
		J	S	M	
Paliers	Lubrifier les paliers		x		30
	Vérifier les échauffements des paliers	x			5

	Vérifier les excès de graissage	x			2
	Contrôler les charges accidentelles sur paliers	x			
Distributeur	Nettoyer les filtres à huile			x	60
	Effectuer les vidanges nécessaires			x	60
	Contrôler les pressions d'huile		x		20
	Vérifier les pompes de circulation			x	10
Les Axes	Contrôler l'usure des arbres.			x	40
	Nettoyer les arbres		x		30
	Resserrer les écrous et les vis.	x			20
	Remettre en place coins et clavettes.	x			10
Les mors de la machine coupeuse	Nettoyage des glissières	x			5
	Contrôler les fuites de l'huile			x	2
	Vérifier la pompe			x	2
Disque de la coupe	nettoyez les lames du disque en ôtant toutes traces de résidus de l'acier		x		15
	CONTROLEZ LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT		x		5
	Contrôler le serrage des écrous	x			1
	Ausculter le bruit et les vibrations	x			1
Les roulements	Vérifier l'usure des rails ou chemins de roulement		x		50
	Vérifier le jeu entre les axes des galets et les roulements des paliers.		x		10
Les galets	Contrôler les galets			x	30
	Vérifier l'usure des galets			x	20
Les joints	Examiner les pièces fragiles.		x		5

d'étanchéité	Vérifier les pièces flexibles.		x		5
Cardan de la machine tube	Contrôler les cardans				15
	Contrôler le serrage des bornes	x			30
	Ausculter le bruit et les vibrations	x			2
	Vérifier le jeu.	x			5
	Nettoyer les cardans.		x		5
la table roulante	Vérifier le jeu des roues			x	5
Les tiges	Ausculter le bruit et les vibrations	x			5
	Graissage des filetages.		x		15
	Resserrer les écrous et les vis	x			20
	Remettre en place coins et clavette		x		10
Courroie	Vérifier s'il y a des signes d'usure ou de frottement aves les composants de transmission.			x	5
	Vérifier la température de la courroie.	x			1
	Retendre à sa place.	x			2
Encodeur	Controller l'état des galets de l'encodeur			x	15

Tableau 18: Plan d'action de la maintenance préventive et corrective

2. Méthode du SMED

Etapes de changement de galets

Les différentes étapes du changement de galets sont :

- **Phase de préparation :**

- Préparation d'outillages :

Préparer la boite à outils or les opérateurs doivent préparer les outils nécessaires pour démonter la machine (tournevis, clé à molette, marteaux, etc…)

Préparer les pièces de rechanges : Ce sont les pièces qu'on doit changer dans chaque changement de série en fonction du type des tubes à fabriquer.

- Chemise
- Carbone
- Roulements
- Tube de cuivre ;

❖ Préparation des galets/roulement à l'avance :

Dans cette étape, le responsable prépare les galets de la nouvelle série, et fait un polissage si nécessaire puis prépare le roulement qui correspond à chaque galet et procède au montage des galets et des roulements associés.

❖ Préparation des bagues d'ajustements à l'avance :

On s'intéresse ici à ajuster chaque bague selon un dimensionnement bien spécifié ;

➢ Changement :

❖ Démontage :

- Des vices ;
- Des galets de formage –roulements-bagues ;
- Des galets de soudages-roulements ;
- Des galets de finitions-roulements-bagues ;

❖ Nettoyage :

- Nettoyage interne et externe de la machine ;

❖ Entretien : Vérifier les différents composants de la machine tube comme :

- Fin de course.
- Lame de coupe.
- Lubrifiant.

❖ Montage :

- Les galets.

- Les roulements.
- Les bagues d'ajustements (Déjà préparer dans la première phase).

❖ Programmer la machine :

- Vitesse/ dimensions (longueur, diamètre, épaisseur …) ;

➢ **Organisation/Contrôle :**

❖ Contrôle :

- Des galets.
- Des roulements.
- Bagues d'ajustement.
- Lames de coupes (démontés) ;

❖ Organisation :

- Nettoyage des galets démontés.
- Classification des galets dans leur place appropriée.
- Classification des outillages en respectant les 5S ;

On traite le problème du changement de galets par la méthode du SMED.

Définition du SMED (Single Minute Exchange of Die) :

Le SMED est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié. (Norme AFNOR NF X 50-310).
Le SMED est né en 1970 dans l'univers industriel compétitif de TOYOTA, sous l'impulsion de S. SHINGO.
S. SHINGO découvre le rôle pivot des temps de changement de série dans l'obtention de la flexibilité industrielle globale et entame un combat systématique contre les idées reçues en la matière.
La dynamique SMED : SMED a comme but de flexibiliser et améliorer l'aptitude d'une machine ou d'un poste à changer rapidement de fabrication.
Il faut autant que possible réduire l'arrêt pour le changement de fabrication et peut-être le supprimer.

Au sens du SMED, Le changement de fabrication = La durée qui s'écoule entre

- La dernière pièce bonne de la fabrication (série) précédente ;
- La première pièce bonne de la fabrication (série) suivante.

Pendant laquelle, un ou plusieurs compagnons, reconfigurent la machine ou le poste et son environnement immédiat en exécutant un ensemble de tâches ou opérations

Une action SMED, consiste donc à :

- Identifier les opérations de manière ordonnée, puis proposer des solutions pour :
- Les déplacer dans le temps (convertir), réduire la durée d'exécution (réduire), ou les supprimer !
- Penser global (amont & aval), dans le cadre de la stratégie d'entreprise.
- Déterrer les véritables problèmes de fond.
- Améliorer chaque jour un peu plus.
- Accélérer les flux d'intention de progrès.
- Respecter & valoriser les idées de chacun.

Les phases ou étapes de la méthode :

➢ Phase 1

Identifier les opérations :

- Opération interne (devant être faite obligatoirement, machine arrêtée)
- Opération externe (pouvant être faite machine en marche)

➢ Phase 2

- Extraire les opérations externes qui sont traités à tort, comme des opérations internes
- Repérer les opérations internes à externaliser

➢ Phase 3

Convertir les opérations : internes en opération externes

➢ Phase 4

Réduire la durée d'exécution des opérations : internes et des opérations externes

➢ Phase 1 : Observations et mesure

La première phase concerne le bilan de l'état initial. Il s'agit d'observer le déroulement d'un changement de production et de relever toutes les informations qui lui sont relatives :

- Chronologie,
- Durée,
- Contraintes,
- Moyens matériels,
- Ressource ...

➢ Phase 2 : Amélioration de la présentation

Les opérations préalablement identifiées se répartissent en deux catégories :

- Opérations internes qui dans l'état actuel arrêtent la production
- Opérations externes qui peuvent être réalisées sans arrêt de production, hors machine

Cette phase va consister à repérer les opérations internes à externaliser (extraire) et les opérations externes qui sont traitées à ce stade comme des opérations internes. Le but est de réaliser en temps masqué les opérations externes. Il s'agit principalement d'opérations de préparation. (Outils, accessoires, moyens de manutention). A ce stade les investissements sont généralement très faibles, par contre les gains obtenus sont spectaculaires. Ils peuvent atteindre des taux de 25 à 50% simplement avec une optimisation de l'organisation du changement de fabrication. Les solutions misent en place ne requièrent que du bon sens et de la logique.

➢ Phase 3 : Modification des moyens à faibles coût

Lorsque toutes les opérations externes sont réalisées en temps masqué. Il devient indispensable pour continuer à progresser, de convertir certaines opérations internes en opérations externes.

C'est une phase qui nécessite généralement de l'apport de technologie. L'objectif est de réduire au maximum le nombre d'opérations internes, qui pour mémoire, entraînent l'arrêt de la production.

Des investissements sont à prévoir, que l'on peut qualifier de faibles par rapport à ceux nécessaire en phase 4. Car ils ne concernent que le poste de travail au sens large du terme, sans remettre en cause le processus complet de fabrication.

➢ Phase 4 : Modification lourde des moyens

On recherche des gains de temps aussi bien :

- Au niveau des opérations internes, pour des raisons d'arrêts machine.
- Qu’au niveau des opérations externes pour des raisons de coûts.

Cette phase porte à réduire les opérations internes et externes. Cette phase si elle est, du point de vue de la méthode, distincte de la précédente, relève en pratique de la même démarche. Elle pourra occasionner des remises en cause du processus de fabrication, et de ce fait impliquer en plan d'action à long terme et des investissements lourds.

Application de la méthode sur la machine Tube :

➢ Phase 1 :

La première phase qui consiste à identifier et distinguer entre les opérations internes et externes.
Les opérations externes :

- Le nettoyage externe de la machine
- Préparer le matériel nécessaire pour effectuer le changement
- La préparation des nouveaux galets à monter et leurs pièces correspondantes
- Sélectionner les nouveaux tubes cuivre et carbone à mettre (selon le nouvel article à fabriquer)
- Organiser et sélectionner les mesures des nouvelles pièces à monter
- Le nettoyage des pièces et des galets enlevés
- Le nettoyage des pièces et des galets à monter
- Préparation et mise en place de la nouvelle matière première (bobine et feuillard) à travailler après le changement des galets
- Mise en place des feuillards qui correspond au nouveau type de tube dans le réservoir

Les opérations internes :

- Nettoyage interne qui force l'arrêt de la machine
- Desserrer les boulons et les pièces
- Démonter les galets de la machine
- Démontage des roulements
- Montage des roulements et des nouveaux galets
- Changement des pièces (les tubes de cuivre et carbone)
- Vérification et réglages sur d'autres parties et pièces de la machine
- Phase d'essai

➢ **Phase 2 :**

Tout le monde admettra que la préparation de pièces, l'entretien, le remplissage des fiches..., Ne devraient pas avoir lieu arrêté. Néanmoins, on constate que c'est le cas, la majorité des taches externes sont faites avec la machine arrêtée.
Donc pour diminuer le temps de changement de galets on est obligé de faire le plus possible de tâches de façon EXTERNE, il en résultera que le temps nécessaire aux taches INTERNE pourra être réduit.
L'opération du changement de galets prend en moyenne 5 heures dont les opérations externes prennent presque 1h30min donc une simple distinction entre les opérations externes et les opérations internes permet une réduction de l'ordre de 30% sans rapport au procédé des modifications importantes.
On remarque déjà que le temps de changement est réduit remarquablement, alors que cette nouvelle durée même peut connaitre une réduction importante si on met en place aussi les autres points restants.

➢ **Phase 3 :**

Dans cette étape on doit convertir certaines opérations internes en opérations externes.
Dans le cas de la machine tube, les interventions qu'on peut faire pour convertir les opérations sont :
• Chercher à supprimer les phases d'essai par une meilleure maitrise du procédé ;
• Les roulements doivent être montés dans les nouveaux galets à l'avance

➢ **Phase 4 :**

Dans cette phase on cherche à réduire et optimiser les opérations internes et externes.
Selon **Taïchi Ohno**, les différentes sources de gaspillage sont :

- **Défauts, retouches et rebuts** or on est obligé de faire bien du premier coup, soigner les procédures pour éliminer tout Défauts qui nécessitent une retouche, un contrôle supplémentaire, une mise au rebut afin de diminuer le temps du contrôle et de l'entretien après le changement des galets.

- **Temps d'attente** où des opérateurs sont inactifs et attendent la fin d'une autre tâche pour procéder cela est dû à la mal synchronisation et le manque de communication entre operateurs.

- **Transports inutiles** se sont le déplacement de matériaux, de pièces, de produits, de documents ou d'informations qui n'apporte pas de valeur pour le client et cela Consomme de ressources et prend du temps qu'on peut éliminer.

- **Déplacements inutiles** des personnes physiques, inutiles et qui n'apporte pas de valeur à l'opération exécuté cela est Causé par une mauvaise ergonomie du poste de travail, Mauvais rangement, désordre, désorganisation du Matériel ou informations.

- **Traitements inutiles** qui sont des Tâches, étapes réalisées pour rien, Processus trop complexe par rapport au revenu et aussi le Manque d'instructions ou de spécifications claires et standardisées.

Mode opératoire proposé et l'impact de SMED sur la durée de changement de galets pour la machine tube

Les phases	Les étapes	La durée avant	La durée prévue	Observation
Préparation	Préparation des outils	80 min	-	Il est recommandé à l'équipe d'établir cette phase avant la phase de changement, c'est pour cela on ne va pas considérer ce temps comme un temps de changement.
	Préparation des galets et des roulements			
	Préparation des bagues d'ajustement			
Changement	Démontage des galets	60min	30min	Cette réduction prévue de temps est due à : - L'augmentation de l'effectif des opérateurs.
	Nettoyage de la machine	50min	30min	
	Entretien	30min	20min	
	Montage des galets	70min	40min	
	Programmation de la machine	10min	10min	
Organisation/Contrôle	Contrôle des composants	80 min	30min	Respecter les 5S et Poka yoke l'augmentation de l'effectif des opérateurs peuvent réduire le temps consacré pour cette phase jusqu'à 50min. Remarque : ce temps sera exclu du temps de
	Organisation des galets démontés			

				changement
Totale		6h20min	2h40min	

Tableau 19: Mode opératoire proposé sur la durée de changement des galets

Remarque

On remarque que si on applique la méthode SMED on aura une réduction de **58%** du temps de changement des galets.

Après avoir établir les deux méthodes sur les deux principaux causes d'arrêt de la machine, on cherche par la suite à s'approcher du zéro accident de tel façon d'obtenir l'efficacité maximale des équipements de production, c'est pour on fait appel aux :

- **Les 5s**
- **Démarche Poka Yoke**

3. La méthode des 5S

Figure 28 : Diagramme des 5s

Définition :

La méthode 5S permet d'optimiser en permanence les conditions de travail et le temps de travail en assurant l'organisation, la propreté et la sécurité d'un plan de travail.
La méthode 5S est d'origine japonaise. Elle a été créée pour la production des usines Toyota. La méthode 5S est une technique de management qui fait partie de la démarche qualité.
Elle tire son appellation de la première lettre de chacune de cinq opérations constituant autant de mots d'ordre ou principes simples :

- *Seiri* : supprimer l'inutile ;
- *Seiton* : situer les choses ;
- *Seiso* : (faire) scintiller ;
- *Seiketsu* : standardiser les règles ;
- *Shitsuke* : suivre et progresser.

Cette démarche a été traduite en français par le mot **ORDRE** qui signifie :

- **O**rdonner (ou plus littéralement ôter l'inutile)
- **R**anger
- **D**époussiérer, **D**écouvrir des anomalies
- **R**endre évident
- **E**tre rigoureux

Utilisation des 5s :

La méthode 5S permet de réduire voire d'éviter :

- Le désordre,
- La perte de documents,
- La détérioration du matériel,
- Les accidents du travail.
- La méthode 5S permet d'optimiser :
- Le temps de travail,
- Les conditions de travail,
- Les déplacements,
- Indirectement le chiffre d'affaire.

Objectif des 5S :

- Eliminer le temps perdu
- Améliorer la productivité
- Limiter les risques d'incidents.
- Eliminer espace inutile
- Prévenir les pannes

Seiri (Eliminer / Débarrasser) **:**

Lors de cette étape, il s'agit d'éliminer de l'espace de travail tout ce qui n'y a pas sa place. Quelques règles permettent de prendre les bonnes décisions :

- Tout ce qui ne sert pas (ou plus) depuis un an est jeté (ou recyclé si possible).

- De ce qui reste, tout ce qui sert moins d'une fois par mois est remisé à l'écart (par exemple, au département des archives, ou au magasin à l'usine).
- De ce qui reste, tout ce qui sert moins d'une fois par semaine est remisé à proximité (typiquement dans une armoire au bureau, dans le rangement au poste à l'usine).

- **Seiton (Ranger / Mettre en ordre) :**

"Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place"

- Cette étape consiste à ranger les différents outils et matériels pour le travail. On peut utiliser des méthodes de management visuel pour l'assister, mais souvent, la plus simple citation de *Seiton* est : « Une place pour chaque chose, et chaque chose à sa place ».
- Lors de cette étape, on cherche à aménager l'espace de travail de façon à éviter les pertes de temps et d'énergie.

- ***Seiso* (Dépoussiérer / Nettoyer) :**

Seiso signifie « nettoyer ». C'est la troisième étape des 5s. Une fois que l'on s'est débarrassé de tout objet inutile, et que les objets utiles ont été tous bien rangés, il faut éliminer sur ces derniers les déchets, les saletés, les corps étrangers afin que le lieu de l'intervention ainsi que son environnement restent propre et sans danger. Il faut rendre net et propre tout ce qui est terni par la saleté, les intempéries ou autre agent extérieur. On profite donc de la même occasion pour inspecter chaque objet nettoyer. En effet, le nettoyage permet de mettre en évidence les conditions anormales et au même moment de réaliser du préventif. Le nettoyage enfin garantit au matériel et à l'environnement de travail une durée de vie plus longue.

- ***Seiketsu* (Rendre évident / standardiser) :**

- Le système des 5S est souvent appliqué en opération ponctuelle. Or seiketsu rappelle que l'ordre et la propreté sont à
- Maintenir tous les jours. Pour cela, les règles suivantes permettent d'y arriver :
- Rendre évident les consignes, les attendus par du visuel
- Normaliser les modes opératoires, les processus, les règles à respecter
- Former tout le monde aux normes (si elles ne sont pas évidentes ou immédiatement compréhensibles)

- ***Shitsuke* (Être rigoureux) :**

Cette étape est celle du contrôle rigoureux de l'application du système 5S. Si celui-ci est appliqué sans la rigueur nécessaire, il perd en effet toute son efficacité. Une vérification fiable des 4 premiers 'S'et le soutien du personnel impliqué sont les moteurs de cette étape.

Inspection des zones de travail :

En effets, avant qu'on ait commencé à appliquer la méthode des 5S on a fait l'inspection de la zone du travail, on a pu relever les observations suivantes :

Figure 29 : exemple des anomalies observées dans la zone de travail

- ✓ Eliminer :
- ❖ Présence des déplacements inutiles dans l'environnement de travail.
- ❖ Manque des matériels de retouche.
- ❖ Manque de marquage des postes de travail.
- ❖ Présence des outils inutiles dans la zone de travail.
- ❖ Présence des rebuts et des déchets métalliques.
- ✓ Ranger :
- ❖ Les documents de la machine ne sont dans rangés dans leurs emplacements.
- ❖ Absence des emplacements des Matériels utilisés.
- ❖ Manque d'identifications des emplacements des pièces NON-conformés.
- ❖ Manque d'identification des emplacements des déchets.
- ✓ **Nettoyer :**
- ❖ Manque de matériel de nettoyage.
- ❖ Emplacement poubelle non respecté, absence des affiches d'environnement.
- ❖ Pas de nettoyage quotidien.
- ❖ Présence de la poussière et de la saleté sur le sol.
- ✓ **Standardiser :**
- ❖ Absence d'un panneau 5S.

- Absence des affiches de sécurité
- Absence du planning de nettoyage.
- Manque d'une maintenance des 3 premiers S.

✓ Pratiquer :

- Manque de respect des procédures de travail.
- Les emplacements des pièces ne sont pas respectés.
- Les outils et pièces ne sont pas mises à jour de manière régulière.

La mise en place des 5s

Après avoir faire les inspections sur la zone du travail, on a pu sortir avec des actions correctives en suivant la démarche 5s et on a trouvé comme solutions :

1. **Eliminer :**

✓ formuler les critères de discrimination et classer les objets en : "utiles" et "inutiles"

✓ éliminer les inutiles du lieu de travail

✓ faire une enquête sur la fréquence d'utilisation des éléments "utiles" pour déterminer la quantité nécessaire et leur emplacement.

✓ développer des méthodes de traitement des déchets.

✓ Réaliser un auto-examen quotidien.

2. **Ranger :**

✓ S'assurer que l'étape « éliminer » à bien été mené.

✓ Marquer Les emplacements de tous les outils.

✓ Spécifier des emplacements pour les tubes NON-conformés.

✓ Spécifier des emplacements pour les déchets métalliques.

✓ Les éléments utilisés fréquemment sont mis de côté.

✓ Ranger proprement les outils aux places attribués.

✓ Maintenir un rangement quotidien.

3. **Nettoyer :**

✓ Identifier ce qui doit être nettoyé.

✓ Fournier le matériel de nettoyage nécessaire.

✓ Faire le nettoyage

✓ Jeter les déchets dans les poubelles appropriées

✓ Mettre des affiches d'environnement.

✓ Etablir un plan de nettoyage quotidien et définir un responsable sur la procédure.

4. **Standardiser :**

- ✓ Etablir un panneau 5S.
- ✓ Etablir des affiches de sécurité.
- ✓ Etablir un plan de nettoyage quotidien et définir un responsable sur la procédure.
- ✓ Etablir un plan de nettoyage quotidien et définir un responsable sur la procédure.
- ✓ Elaboration d'une check-list de vérification de respect des 5S.

5. **Pratiquer :**

- ✓ former tout le personnel et pas uniquement les nouveaux arrivant
- ✓ Responsabiliser tous les opérateurs.
- ✓ mettre en place et afficher les règles
- ✓ former tout le personnel et pas uniquement les nouveaux arrivant
- ✓ vérifier le bon fonctionnement et le respect des bonnes pratiques en faisant des audits
- ✓ mettre à jour les procédures et les communiquer.

4. Poka-Yoke

Définition :

Le Poka-Yoke est un concept qui permet de mettre en place un système qui empêche l'erreur de se réaliser. L'implantation de ce genre de dispositif permet d'éviter les erreurs involontaires ou d'inattention de la part de l'opérateur (distraction, fatigue, lassitude, perte des automatismes, trou de mémoire).La tâche du poka-yoke est donc d'éliminer toutes les erreurs possibles et inimaginables quelles soient d'origines humaines ou mécaniques.

Utilisation de Poka-Yoke

Le déploiement de système anti-erreur par d'une logique relativement simple :

- ❖ Les défauts proviennent toujours d'une erreur. Mieux vaut les prévenir.
- ❖ Les inspections de qualité dont le seul but est de déceler les défauts de fabrication ne peuvent s'étendre au-delà du lieu de fabrication (le produit lui-même pouvant être le vecteur d'un danger) ;
- ❖ Il faut éliminer ces opérations répétitives de contrôles, pas forcément efficaces. Le zéro défaut et zéro contrôle doit désormais rester un objectif.

Objectif :

Le Poka-Yoke remplit les différentes fonctions suivantes :

- ✓ Empêcher absolument que toute erreur envisageable ne puisse survenir, qu'elle soit d'origine humaine ou machine.
- ✓ Permettre à l'opérateur et à l'utilisateur d'éviter toute erreur involontaire, de se concentrer sur son activité sans avoir à se préoccuper des actions de prévention.
- ✓ Contrôler les opérations répétitives souvent sources de fatigue. Déceler, signaler, empêcher, prévenir les erreurs. Identifier immédiatement que l'on fait de la non-qualité ou que l'on ne suit pas les standards de travail.
- ✓ Bloquer les opérations suivantes et si possible activer un indicateur du problème.

Conclusion :

Apres avoir identifié les sources majeurs d'arrêt, on a mis en place des méthodes d'amélioration qui va nous permettre de diminuer le temps gaspillé ; or on a utilisé la méthode de SMED afin de réduire le temps de changement de série, et on a aussi utilisé la méthode d'AMDEC pour pouvoir trouver et agir sur les sources des problèmes mécaniques.

Et pour optimiser le procédé du profilage des tubes, on a suggéré la mise en place de quelques méthodes et techniques de management comme les 5s et poka-yoke, qui servent à améliorer les conditions du travail et s'approcher du zéro défaut.

Conclusion générale

Durant le présent Projet de Fin d'Etudes, il nous a été confié la mission de diagnostiquer et améliorer la productivité de la machine de profilage des tubes.

A cet effet, notre travail a été décomposé en quatre étapes majeures. La première avait pour but de présenter la société SOFAFER. Le second travail consistait à décrire le fonctionnement de la machine et les différentes étapes du procédé.

Passant à la troisième étape, on a diagnostiqué les causes qui ont occasionné l'arrêt de la machine, puis on les a classifiées suivant le diagramme d'Ishikawa pour pouvoir savoir les sources d'arrêt, puis on a réparti les causes selon Pareto à fin déterminer les causes majeurs et on a trouvé que le changement des galets et les pannes mécaniques constituaient plus de 80% des effets, et finalement on a calculé le taux de rendement des trois machines et on a trouvé que la machine tube 2 est la plus critique.

Enfin, nous avons clôturé notre travail par la proposition des méthodes du management de qualité comme SMED, AMDEC, 5S pour pourvoir minimiser le temps d'arrêt et augmenter le rendement total de de cette machine.

L'élaboration de ce projet a été avant tout un défi à relever. Il a été pour nous l'occasion d'acquérir des nouvelles connaissances et de nous inculquer un esprit de management et de leadership.