

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

## **Projet de Fin d'Etudes**

**Amélioration de la maintenance des  
équipements de production au sein  
de la société C.I.O.B**



**Lieu** : CIOB La société Commerce et Industrie Omari Bettahi Bensouda, Fès

**Référence** : 03/15GI

**Préparé par :**

- AMEJWAL MOHAMED
- ARTAOUI SALIM

**Soutenu le 15 Juin 2015 devant le jury composé de :**

- Mr. M.Rjeb (encadrant)
- Mr. D. Sqalli (examineur)
- Mr. M. Cherkani (examineur)

## Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos profonds respects et remerciements à nos parents qui n'ont pas cessé de nous encourager, de nous avoir accompagnés moralement et financièrement durant tout notre cursus scolaire. Que ses paroles soient un signe de reconnaissance de notre part à l'égard de leur engagement à nous soutenir pour toujours quelques soient les circonstances.

Nous adressons nos sincères remerciements à **Mr. Didi Nabil Ghazaoui**, notre encadrant de la société, et **Mr. Driss Amegouz** pour leurs précieux conseils et leurs soutiens dont nous avons bénéficié tout au long de notre travail.

Nous exprimons toute notre reconnaissance envers les directeurs pour la rigueur et le sens de responsabilité dont ils ont fait preuve.

Nous adressons nos gratitude à l'ensemble du personnel pour leur bienveillance ainsi que leur disposition à répondre à toutes nos questions.

Nous remercions notre encadrant **Mr. Mohammed Rjeb**, pour nous avoir incité à mener à bien ce travail, pour son aide, son temps passé pour nous guider, ses efforts pour nous diriger vers le bon chemin, son dévouement et ses précieux conseils.

Nos vifs remerciements vont également à Mr. Sqalli et Mr. Cherkani pour nous avoir fait l'honneur d'être membres de jury, ainsi que pour avoir consacré une partie de leur temps précieux pour lire et corriger ce rapport.

Enfin nous adressons un très grand merci à tous ceux qui ont, de près ou de loin, participé à la réalisation de ce travail.

## Liste des abréviations :

**CIOB** : commerce et Industrie Omari Bettahi

**TA** : Temps d'Arrêt

**TI** : Temps d'Intervention

**Fr** : Fréquence

**PDR** : Pièces De Rechanges

**CPDr** : Coûts des Pièces De rechanges

**Mc** : Maintenance Corrective

**Mp** : maintenance préventive

**CMc** : Coûts de Maintenance Corrective

**CMp** : Coûts de Maintenance Préventive

# Sommaire

Remerciements .....	2
Introduction.....	9
Chapitre 1 : .....	10
Présentation de l'entreprise et du service maintenance .....	10
I. Présentation de l'entreprise : .....	11
1. Historique de CIOB: .....	11
2. Organigramme de la Société C.I.O.B : .....	13
3. Produit et articles de la société : .....	14
4. Le processus de fabrication:.....	14
5. Matériels de production :.....	16
6. Système de production : .....	17
II. Présentation du service maintenance.....	18
III. Problématique et cahier de charge .....	18
IV. Démarche et méthodologie .....	19
Chapitre 2 : .....	20
Etude globale des machines critiques par rapport à la production .....	20
I. Introduction.....	21
II. Classification des équipements .....	21
1. Analyse selon la fréquence des pannes.....	21
2. Analyse selon le temps d'intervention (TI):.....	22
3. Analyse selon la durée moyenne des pannes : .....	24
4. Combinaison des critères : .....	25
III. Détermination des types de pannes significatifs des équipements.....	26
1. Classification des types de pannes selon la fréquence : .....	26
2. Utilisation du critère temps d'arrêt :.....	27
IV. Classification des machines par types de pannes .....	28
a. La classification selon le problème mécanique : .....	28
b. La classification selon le problème électrique : .....	29
V. Comparaison de la moyenne des temps de bon fonctionnement 2014 et 2013.....	30
Chapitre 3 : .....	32

Etude détaillée des équipements critiques.....	32
I. Analyse des équipements.....	33
Les riveteuses : .....	33
1. Fonctionnement des riveteuses semi-automatiques.....	33
2. Etude de la riveteuse RVA-02 : .....	35
2.1. Analyse des types de pannes de la riveteuse RVA-02 .....	35
2.2. Analyse selon le critère temps d'arrêt : .....	36
3. Description des pannes mécaniques de la riveteuse automatique RVA-02 : .....	36
4. Etude de riveteuse RVA-01 :.....	37
4.1 Analyse des types de pannes de RVA-01 pendant 2014 : .....	38
4.2 Comparaison entre 2013 et 2014 de la riveteuse RVA-01: .....	38
5. Comparaison de RVA-01 et RVA-02 de l'année 2014 :.....	38
Etude critique des presses hydrauliques.....	39
1. Principe de fonctionnement des presses hydrauliques .....	39
2. La presse hydraulique PRH-01 :.....	40
2.1. Classification des types de pannes de PRH-01 pour l'année 2014.....	40
2.2. Comparaison entre 2013 et 2014 pour la machine PRH-01.....	40
3. Presse hydraulique PRH-05 : .....	41
Chapitre 4 : .....	42
Evaluation des coûts des pannes des équipements critiques.....	42
a. Coût de défaillance : .....	43
b. Coût de non production .....	43
c. Coût de maintenance : .....	43
Analyse des coûts des riveteuses : .....	44
1. Evaluation des coûts des pannes de la riveteuse RVA-02. ....	44
a. Comparaison des coûts de RVA-02 entre 2013 et 2014 :.....	45
2. Evaluation des coûts des pannes de la riveteuse RVA-01. ....	45
a. Comparaison les coûts de pannes de RVA-01 entre 2013 et 2014 : .....	46
3. Comparaison des coûts de maintenance pour RVA-02 et RVA-01 en 2014 :.....	46
Analyse des coûts des presses hydrauliques :.....	47
1. Evaluation des coûts des pannes de presse hydraulique PRH-01.....	47
2. Evaluation des coûts des pannes de presse hydraulique PRH-05.....	48
Chapitre 5:.....	49
Recherche des causes et Proposition des solutions.....	49

I.	Recherche des causes possible .....	50
1.	Brainstorming : .....	50
2.	Analyse des sous ensembles : .....	50
3.	Diagramme causes/effet .....	51
	a. Définition de diagramme causes/effet ou Ishikawa.....	51
	b. L'application de l'Ishikawa .....	52
4.	Validation des causes principales : .....	54
	a. Causes liées à la cassure .....	54
	b. Causes liées à l'Usure : .....	56
	c. Causes liées au Réglage : .....	57
II.	Recherche des solutions : .....	58
1.	Brainstorming .....	58
2.	Evaluation des solutions : .....	60
	a. Cassure : .....	61
	b. Usure : .....	61
	c. Réglage : .....	62
III.	Application des solutions sur les résultats d'analyse .....	62
1.	Volet gestion de la maintenance .....	62
	a. Corps de métier .....	62
2.	Volet économique .....	63
	Conclusion .....	64
	Annexes : .....	65

## Liste des tableaux et Diagrammes

Tableau 1 : Classification des machines selon la fréquence des pannes.....	21
Tableau 2 : Classification des machines selon le temps d'intervention.....	23
Tableau 3 : Classification des machines selon la durée moyenne des pannes.....	24
Tableau 4 : Combinaison des critères.....	25
Tableau 5 : Classification des types de pannes des machines selon la fréquence.....	27
Tableau 6 : Classification des types de pannes selon le critère temps d'arrêt .....	27
Tableau 7 : Classification des machines par rapport aux pannes mécaniques.....	28
Tableau 8 : Classification des machines par rapport aux pannes électriques.....	29
Tableau 9 : Comparaison de MTBF des machines pour les années 2013 et 2014.....	31
Tableau 10 : Comparaison des types de pannes de RVA-02 pour 2013 et 2014.....	35
Tableau 11 : Analyse de type de pannes selon le critère temps d'arrêt .....	36
Tableau 12 : Fréquence des pannes pour les problèmes mécaniques.....	37
Tableau 13 : Fréquence de types des pannes de RVA-01.....	38
Tableau 14 : Comparaison de MTBF de RVA-01 pour 2013 et 2014.....	38
Tableau 15 : MTBF et MTTR de RVA-01 et RVA-02 pour l'année 2014.....	39
Tableau 16 : Analyse des types de pannes pour PRH-01.....	40
Tableau 17 : Comparaisons entre 2013 et 2014 pour PRM-01.....	40
Tableau 18 : Analyse des types de pannes de PRH-05.....	41
Tableau 19 : Coûts de la maintenance de RVA-02.....	44
Tableau 20 : Comparaison des coûts de maintenance entre 2013 et 2014 pour RVA-02.....	45
Tableau 21 : Coûts de la maintenance de RVA-01.....	45
Tableau 22 : Comparaison des coûts de maintenance entre 2013 et 2014 pour RVA-01.....	46
Tableau 23 : Comparaison des coûts de maintenance pour RVA-02 et RVA-01.....	46
Tableau 24 : Comparaison des différents CM de PRH-01 pour les années 2013 et 2014.....	47
Tableau 25 : Comparaison des différents CM de PRH-05 pour les années 2013 et 2014.....	48
Tableau 26 : Comparaison des CM de PRH-05 pour 2013 et 2014 après rectification.....	48
Tableau 27 : Coûts de la maintenance pour les riveteuses et les presse hydraulique.....	63

Diagramme 1: Classification des équipements selon la fréquence des pannes.....	22
Diagramme 2 : Classification des équipements selon le temps d'intervention.....	23
Diagramme 3 : Classification des types de pannes.....	27
Diagramme 4 : Classification des types de pannes selon le critère temps d'arrêt.....	28
Diagramme 5 : Classification des machines par rapport aux pannes mécanique.....	29
Diagramme 6: Classification de machines par rapport aux pannes électriques.....	30
Diagramme 7 : Fréquence des types de pannes pour RVA-02.....	35
Diagramme 8 : Fréquence des problèmes mécaniques.....	37
Diagramme 9 : Classification des causes de cassure des pièces des riveteuses.....	55
Diagramme 10 : Classification des causes d'usure.....	56
Diagramme 11: Classification des causes de réglage.....	58

## Introduction

Dans le monde actuel, les entreprises sont confrontées à un marché marqué par la concurrence, le libre échange entre autres. Les exigences du client ne cesse d'augmenter jour après jour en terme de qualité, délai, fiabilité et coût. Les entreprises sont donc amenées à gérer leurs activités de la manière la plus optimale qu'elle soit afin de relever ces défis.

Consciente de la faible marge bénéficiaire, la société CIOB a mis en place des stratégies visant à émerger les gisements à exploiter afin d'améliorer la rentabilité de l'entreprise.

S'agissant du service maintenance, l'enjeu est de taille tout simplement parce que l'arrêt d'une heure de la machine se traduit par un manque à gagner. C'est dans ce sens qu'on nous a demandé, dans le cadre de notre projet de fin d'études, de porter un coup d'œil critique sur la maintenance effectuée depuis l'année 2013 jusqu'à la fin de 2014.

Ainsi pour répondre efficacement à notre cahier de charges, plusieurs démarches ont été adoptées en commençant par des visites, entretiens sur le terrain mais également des diagnostics sur les données historiques des machines.

Enfin la structure de notre rapport se présente en cinq chapitres :

Le premier chapitre donne un aperçu sur l'entreprise CIOB ainsi que le service maintenance dans lequel se déroule notre stage. Le deuxième concerne l'analyse globale des équipements critique par rapport à la production. Le troisième décrit une analyse détaillée des machines les plus critiques. Le quatrième chapitre traite l'évaluation des coûts de la maintenance. Et le dernier chapitre concerne la recherche de causes et proposition des solutions.

Finalement la rédaction de notre rapport se termine par une conclusion générale.

**Chapitre 1 :**  
**Présentation de l'entreprise et du service  
maintenance**

## I. Présentation de l'entreprise :

Cette étape est consacrée à la présentation de la société C.I.O.B, son historique, son identité et son secteur d'activité.

### 1. Historique de CIOB:

Présente sur le marché depuis 1996, la société CIOB installée à Fès (MAROC), bénéficie d'une implantation stratégique en Afrique du nord. La société CIOB produit des articles ménagers en acier inoxydable, en Aluminium et en Aluminium antiadhésif sous la marque TITANIC, garant d'une qualité irréprochable.

Afin de satisfaire les exigences des clients, la société C.I.O.B a obtenu la norme ISO 9001 version 2008 en 2011.

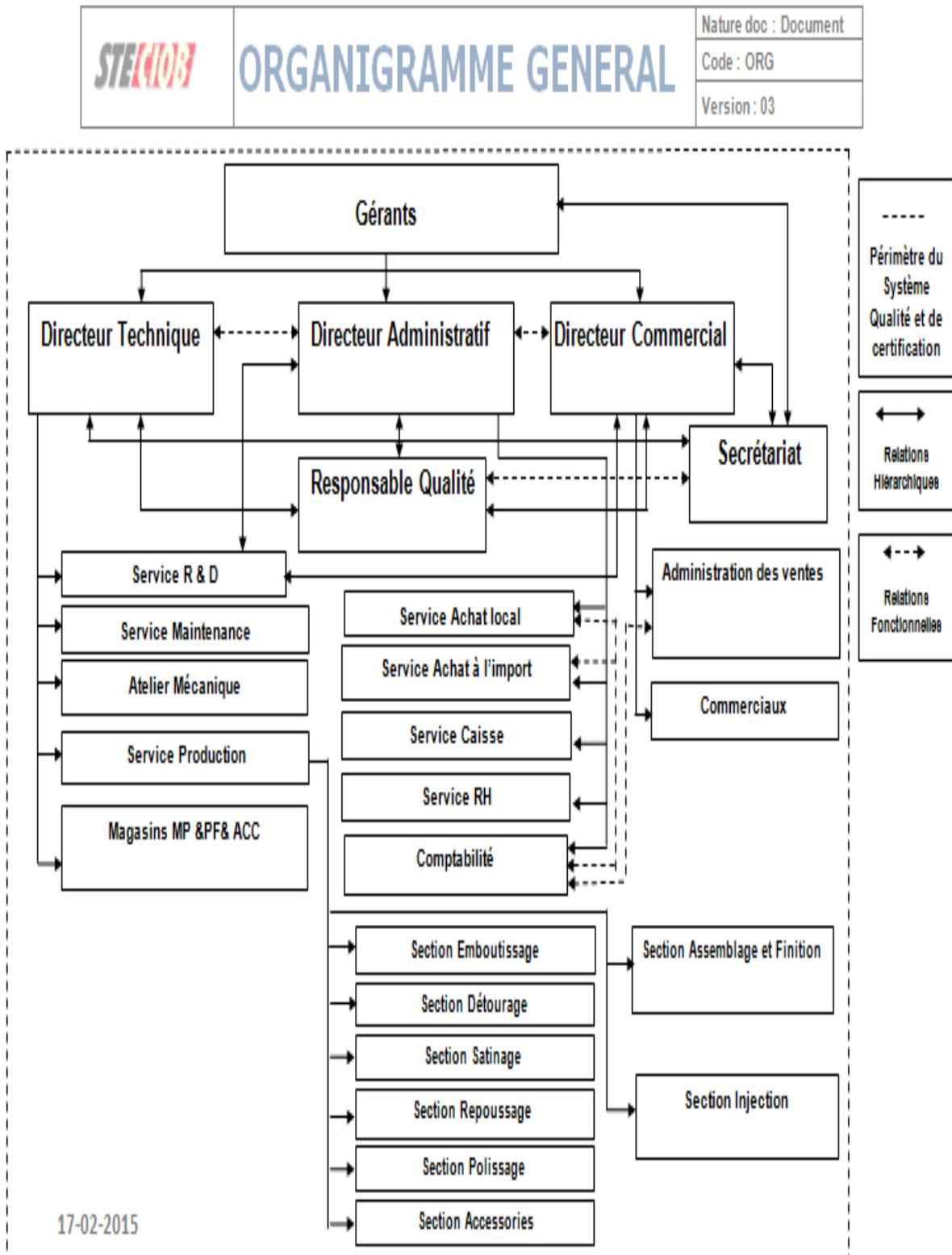
Soucieuse de satisfaire une demande de plus en plus exigeante, l'entreprise est équipée de moyens de production modernes alliant la précision et la productivité

## Identité :

- **Entreprise« CIOB »** : La société Commerce et Industrie Omari Bettahi.
- **Raison sociale** : CIOB S.N.C.
- **Activité principale** : Articles ménagers.
- **Date de création** : 1996.
- **Adresse** : B.P 5195 Lots 113-114 QI Ben souda Fès.
- **Téléphone** : 05 35 72 97 30.
- **Fax** : 05 35 72 90 60.
- **E-mail** : ciob@menara.ma/ciob99@yahoo.fr
- **Effectif total de l'entreprise** : 111 personnes.
- **Capital social** : 10.000.000 Dhs.

## 2. Organigramme de la Société C.I.O.B :

L'organigramme général de la société se présente comme suit :



### 3. Produit et articles de la société :

L'entreprise C.I.O.B spécialisée dans la production des articles ménagers, elle fabrique plusieurs familles de produits :

#### a) Article en Aluminium

- + Les couscoussières
- + Les faitouts et marmites
- + Les bouilloires
- + Les poêles circulaires
- + Les casseroles

#### b) Articles en Inox

- + Les plateaux avec pieds
- + Les plateaux simples

#### c) Articles en Aluminium à revêtement antiadhésif

- + Les poêles
- + Les casseroles
- + Les faitouts
- + Les moules à cake et à tarte

### 4. Le processus de fabrication:

Le processus de fabrication se décline en plusieurs gammes selon le modèle de produit fabriqué, ses dimensions et sa matière première utilisée.

#### a) L'emboutissage :

C'est une technique de fabrication permettant d'obtenir, à partir d'une feuille de tôle plane et mince, un objet dont la forme n'est pas développable. L'ébauche en tôle est appelée « flan », c'est la matière brute qui n'a pas encore été emboutie. La température de déformation se situe entre le tiers et la moitié de la température de fusion des matériaux.



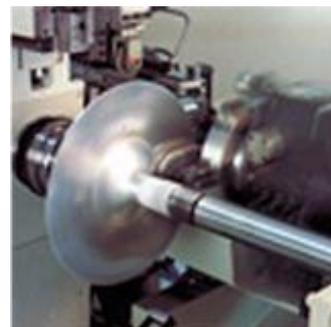
**b) Le détourage :**

C'est l'opération de chariotage ou de dressage extérieur d'un article pour éliminer les défauts d'emboutissage.



**c) Le repoussage :**

C'est l'opération qui consiste à déformer progressivement le métal sous l'action d'une molette pour lui faire épouser la forme d'un mandrin, A partir d'un flan ou d'une ébauche circulaire.



**d) Le satinage :**

C'est l'action de satiner pour rendre l'article en aluminium plus lisse et plus fin de l'intérieur par une action de frottement manuel avec un abrasif.

**e) Le polissage**

C'est l'action de satiner pour rendre l'article en aluminium plus lisse, uni et éventuellement brillant de l'extérieur par une action de frottement manuel avec un abrasif. Le polissage manuel ou en machines (création de mouvements relatifs entre pièces à polir et médias ou abrasifs en présence d'additifs) consiste à polir les pièces en aluminium précédemment embouties sur une brosse qui tourne à très grande vitesse.



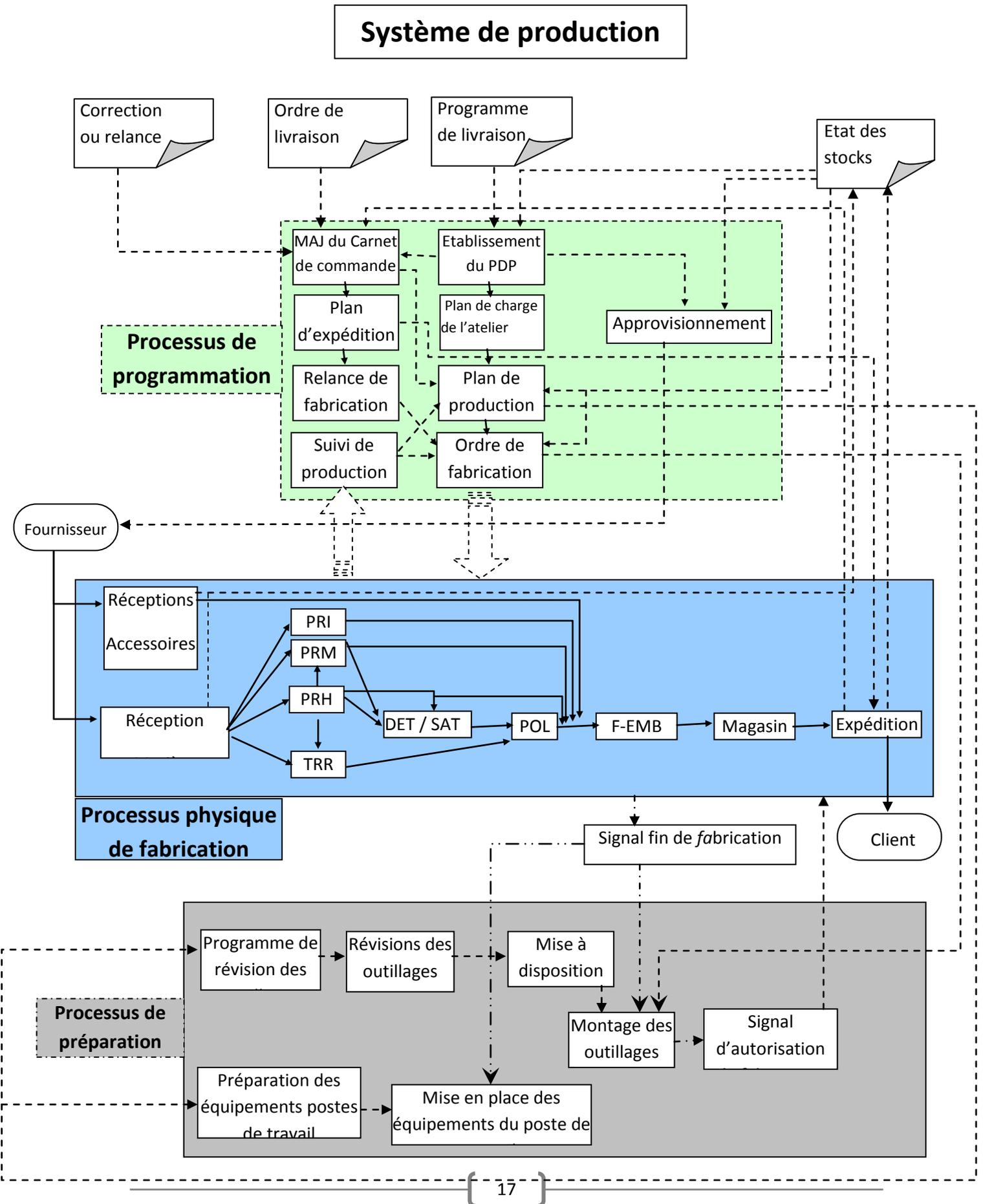
*L'ensemble de l'opération est manuel et nécessite une grande dextérité ou savoir-faire dans la pratique.*

**5. Matériels de production :**

L'usine CIOB se divise en plusieurs sections :

- ✓ emboutissage et découpe :
  - Presses mécaniques
  - Presses hydrauliques
- ✓ Section formage repoussage
  - Des tours de repoussage,
- ✓ Section finition ébavurage, polissage / satinage
  - Des tours de polissage / satinage
  - Un tour d'ébarbage automatique
  - Deux machines de polissage automatique
- ✓ Section de finition, montage et d'emballage
  - Une plieuse, une riveteuse, une sertisseuse

## 6. Système de production :



## II. Présentation du service maintenance

Le service maintenance est constitué d'un petit groupe. Ce groupe, formé par des techniciens spécialisés en général est responsable de la maintenance d'une centaine de machines, à l'exception de trois compresseurs dont la maintenance est sous-traitée, au sein de l'entreprise. Ce service appartient au processus de support.

Le service n'a pas vraiment besoin d'organigramme en raison de sa petite taille. Ils sont toujours en plein travail et ils font généralement de la maintenance corrective. Le service maintenance fait des actions telles que :

- Réparation
- Dépannage
- Mise en marche (réglage)

En ce qui concerne la maintenance préventive systématique appliquée consiste en général des contrôles, nettoyages, et le graissage des équipements. Il s'agit là d'une planification hebdomadaire et mensuelle.

Le déplacement des machines n'a pas besoin de véhicules puisque l'enceinte n'est pas aussi vaste. On peut utiliser des chariots s'il s'agit d'un élément lourd d'une machine nécessite d'être transporté à l'atelier de maintenance pour sa réparation.

## III. Problématique et cahier de charge

Le service maintenance nous a présenté une liste de seize machines critiques par rapport à la production. Ces dernières font l'objet d'un suivi rigoureux pour éviter tout arrêt non programmé ou au moins les réduire. Le service maintenance déjà en possession d'un historique des données qui n'est pas encore exploité souhaite en profiter de son analyse. Constatant une diminution de la disponibilité des machines, le service maintenance a décidé d'analyser l'historique de ses équipements pour faire apparaître un retour d'expérience et définir les stratégies et politiques à mettre en œuvre afin d'améliorer la maintenance de ces dernières dans les années à venir.

C'est dans cette optique où notre sujet de fin d'étude est traité sous le titre de « l'analyse de l'historique de la maintenance des équipements de production au sein de la société CIOB », un sujet qui concerne et scrute toutes les machines critiques à la production de la société.

Pour y parvenir, une étude qui s'étale sur plusieurs parties est adoptée afin d'augmenter la disponibilité et réduire au maximum possible la fréquence élevée des pannes. Ces différentes étapes se présentent comme suit :

- a) Analyse générale des machines
- b) Classification par type de pannes
- c) Analyse détaillée pour chaque machine

d) Standardisation des résultats et solutions

#### **IV. Démarche et méthodologie**

Dans une démarche de résolution des problèmes, il est toujours conseillé de commencer à remédier aux problèmes les plus graves et par la suite progresser le traitement avec les problèmes les moins significatifs. Pour cela une étude est effectuée afin de déterminer les équipements les plus assujettis aux arrêts enregistrés mais également de dégager les types de pannes significatifs, source des problèmes. Pour y parvenir, plusieurs méthodes d'analyse ont été mis en place à savoir :

- ✓ Diagramme Pareto
- ✓ Brainstorming
- ✓ Diagramme d'Ishikawa
- ✓ Vote pondéré etc.

Les outils cités ci-dessus vont servir à traiter la problématique posée en passant par le classement prioritaire des équipements, la recherche des causes responsables des arrêts des machines jusqu'à la proposition des solutions.

## **Chapitre 2 :**

### **Etude globale des machines critiques par rapport à la production**

## I. Introduction

La société CIOB possède un grand parc des machines mécaniques qui se distingue par des presses hydrauliques et mécaniques, des fraiseuses, des tours, des riveteuses etc.

Parmi une centaine de machines que possède l'entreprise, le service maintenance a donné seulement une liste de seize équipements dont qui seraient les plus critiques à la production. Ces derniers fonctionnent en série, lorsqu'un équipement tombe en panne, cela signifie un arrêt de la production. C'est pour cette raison qu'il faut veiller sur la maintenance de ces machines afin de leur garantir une meilleure disponibilité.

L'étude qui sera menée se portera seulement sur ces seize machines pour déterminer leur comportement au fil des années ainsi de proposer des solutions pour celles qui se sont avérées plus critiques faces aux pannes.

## II. Classification des équipements

L'étude commence ici par un classement des machines permettant ainsi de prioriser celles qui ont besoin des soins particuliers. Pour y arriver, divers critères ont été adoptés, tels que :

- La fréquence des pannes
- Le temps d'arrêt et des interventions sur les machines
- La durée moyenne des pannes etc.

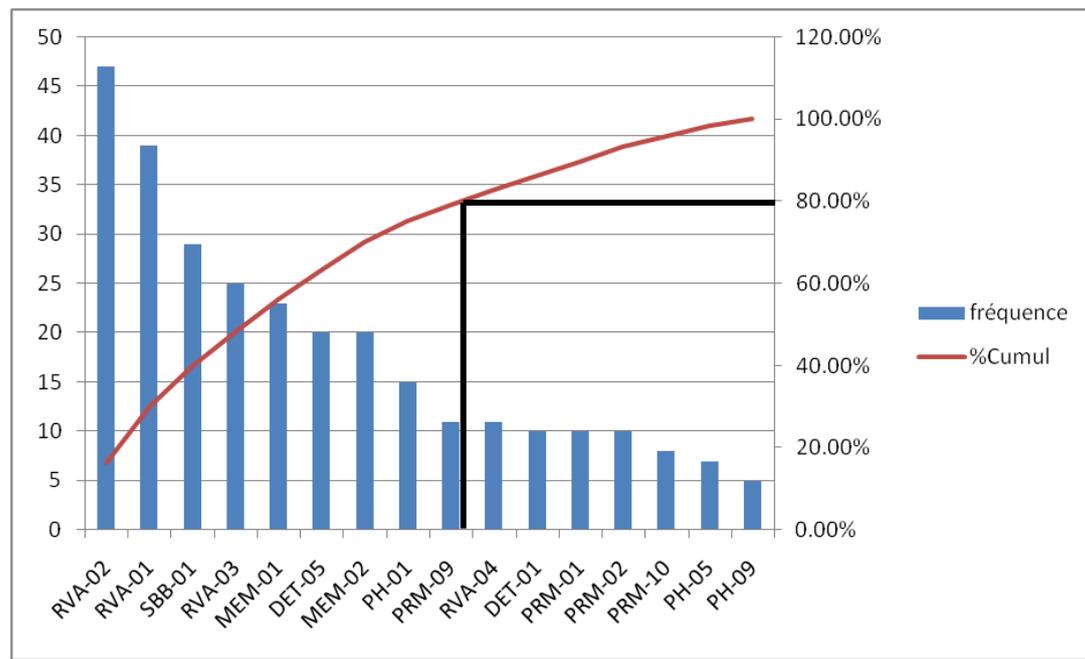
### 1. Analyse selon la fréquence des pannes.

Dans cette étape, un classement des machines selon la fréquence d'apparition des pannes a été effectué permettant ainsi d'obtenir une idée sur la fiabilité des équipements. Pour cela un tableau est construit dans lequel on peut voir la fréquence (annuelle), son pourcentage et le pourcentage cumulé de la fréquence des équipements.

**Tableau 1 : classification des machines selon la fréquence des pannes**

code de la machine	Fréquence/an	%fréquence	%Fr.Cumulée
RVA-02	47	16,21%	16,21%
RVA-01	39	13,45%	29,66%
SBB-01	29	10,00%	39,66%
RVA-03	25	8,62%	48,28%
MEM-01	23	7,93%	56,21%
DET-05	20	6,90%	63,10%
MEM-02	20	6,90%	70,00%
PH-01	15	5,17%	75,17%
PRM-09	11	3,79%	78,97%
RVA-04	11	3,79%	82,76%
DET-01	10	3,45%	86,21%
PRM-01	10	3,45%	89,66%
PRM-02	10	3,45%	93,10%
PRM-10	8	2,76%	95,86%
PH-05	7	2,41%	98,28%
PH-09	5	1,72%	100,00%

La classification des machines critique à la production selon la fréquence des pannes pendant l'année 2014 permet de donner une idée sur la fiabilité des machines.



**Diagramme 1: Classification des équipements selon la fréquence des pannes**

Après l'analyse Pareto des machines effectuée selon la fréquence d'apparition des arrêts de pannes, il s'est avéré que les équipements ci-après :

- Riveteuses Semi-automatiques référence RVA-02, RVA-01 et RVA-03
- Satinage Bec Bouilloire SBB-01
- Machine d'emballage MEM-01 et MEM-02
- Détourage DET-05
- Presse Hydraulique PRH-01 et Presse mécanique PRM-09

Représentent 80 % des arrêts enregistrés durant la période étudiée, alors il faut agir en priorité sur les causes qui ont des impacts directs sur ces machines afin d'assurer une meilleure fiabilité des machines.

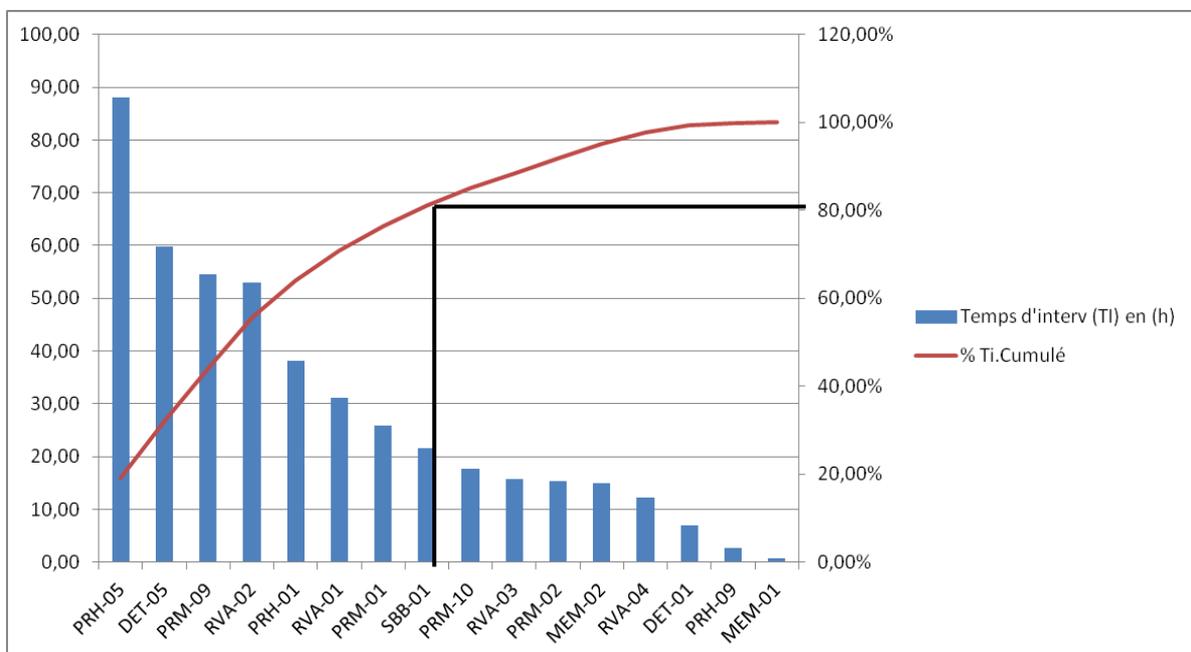
## **2. Analyse selon le temps d'intervention (TI):**

On construit un tableau dans lequel les machines sont classées par ordre décroissant selon le temps d'intervention à partir de l'historique des machines.

**Tableau 2 : classification des machines selon le temps d'intervention**

Code de la machine	Temps d'interv (Ti) en (h)	% Temps d'interv (Ti)	% Ti.Cumulé
PRH-05	88,01	19,20%	19,20%
DET-05	59,75	13,04%	32,24%
PRM-09	54,58	11,91%	44,14%
RVA-02	52,89	11,54%	55,68%
PRH-01	38,08	8,31%	63,99%
RVA-01	31,10	6,78%	70,77%
PRM-01	25,82	5,63%	76,41%
SBB-01	21,69	4,73%	81,14%
PRM-10	17,75	3,87%	85,01%
RVA-03	15,80	3,45%	88,46%
PRM-02	15,43	3,37%	91,83%
MEM-02	14,90	3,25%	95,08%
RVA-04	12,24	2,67%	97,75%
DET-01	7,00	1,53%	99,27%
PRH-09	2,66	0,58%	99,85%
MEM-01	0,67	0,15%	100,00%
Total	458,37	100,00%	

L'analyse Pareto qui vient d'être effectuée ci-dessus a montré que sept sur les seize machines étudiées présente 76,41% du temps engagé pour les réparations. On peut agir sur ces sept équipements pour améliorer la maintenabilité des machines.



**Diagramme 2 : Classification des équipements selon le temps d'intervention**

Ce diagramme Pareto ci-dessus établi selon le critère « temps d'intervention » met en évidence que les sept machines ci-après classées par ordre d'importance :

- Presse hydraulique PRH-05,
- Détourage DET-05,
- Presse mécanique PRM-09,
- Riveteuse RVA-02,
- presse hydraulique PRH-01,
- presse mécanique PRM-01,

occasionnent 80% des temps de réparation sur l'ensemble des machines critiques par rapport la production. Dans le cas où il y a besoin d'améliorer la maintenabilité des équipements, il convient donc d'agir sur ceux cités ci-dessus.

### 3. Analyse selon la durée moyenne des pannes :

La durée moyenne des pannes est calculée en divisant la durée totale d'arrêt de l'équipement pour cause de panne par le nombre de pannes.

Le calcul de la durée moyenne des pannes des machines pendant l'année 2014 a donné le tableau suivant.

**Tableau 3 : Classification des machines selon la durée moyenne des pannes**

<i>code de la machine</i>	<i>Dur.moy (h)</i>	<i>% Dur.moy</i>	<i>Dur.moy cumulée</i>
PH-05	13,16	21,96%	21,96%
PRM-10	11,47	19,14%	41,10%
PRM-09	9,42	15,72%	56,82%
PH-01	4,52	7,54%	64,36%
PRM-01	4,11	6,86%	71,22%
DET-05	3,25	5,42%	76,64%
MEM-02	2,70	4,51%	81,14%
RVA-01	1,80	3,00%	84,15%
RVA-04	1,79	2,99%	87,13%
PRM-02	1,78	2,97%	90,11%
RVA-02	1,72	2,87%	92,98%
SBB-01	1,23	2,05%	95,03%
DET-01	0,89	1,49%	96,51%
RVA-03	0,83	1,38%	97,90%
PH-09	0,80	1,33%	99,23%
MEM-01	0,46	0,77%	100,00%

La classification des machines critique par rapport à la production en utilisant le critère de la durée moyenne met en évidence que les machines ci-après :

- ✓ Les presses hydrauliques PH-05 et PH-01
- ✓ Les presses mécaniques PRM-10, PRM-09 et PRM-01
- ✓ La machine de détourage DET-05

Sont les plus critiques par rapport à ce critère.

#### 4. Combinaison des critères :

Le fait d'utiliser l'un ou l'autre des critères peut conduire à des résultats différents : un équipement A peut avoir subi de nombreuses pannes très courtes alors que l'équipement B est rarement en panne, mais avec des arrêts longs.

Le critère « nombre de pannes » privilège l'équipement A, alors que le critère de temps d'arrêt met en avant l'équipement B.

Il est alors possible de combiner les résultats en attribuant éventuellement aux critères des poids différents.

Les critères peuvent être combinés selon la méthode du vote pondéré multicritère.

On attribue à chaque machine une note par critère : par exemple en stipulant que la machine au 1<sup>er</sup> rang aura la note 16, celle au 2<sup>ème</sup> rang la note 15, ..., celle au dernier rang la note 1, selon leurs ordres par rapport à chaque critère.

On attribue ensuite à chaque critère un coefficient représentatif de l'importance que l'entreprise souhaite lui donner par exemple :

- ✓ Coefficient 3 pour la fréquence des pannes
- ✓ Coefficient 2 pour le temps d'intervention
- ✓ Coefficient 1 pour la durée moyenne de panne

On calcule la note totale en multipliant chaque note individuelle par son coefficient et en faisant la somme des 3 produits. Les machines ayant les notes les plus élevées sont les machines les plus critiques.

$$NT = \sum Ci * Ni \text{ (Ci : coefficient de pondération et Ni : note de classement)}$$

**Tableau 4 : Combinaison des critères**

Coefficient	3	2	1	Points			Note totale	Classement
	Note de classement de:			Fréquence	TI	Dur.moy		
critère	Fréquence	TI	Dur.moy					
RVA-02	16	13	6	48	26	6	80	1
RVA-01	15	11	9	45	22	9	76	2
DET-05	11	15	11	33	30	11	74	3
PRM-09	8	14	14	24	28	14	66	4
SBB-01	14	9	5	42	18	5	65	5
PRH-01	9	12	13	27	24	13	64	6
RVA-03	13	7	3	39	14	3	56	7
PRH-05	2	16	16	6	32	16	54	8
MEM-02	10	5	10	30	10	10	50	9
PRM-01	5	10	12	15	20	12	47	10
PRM-10	3	8	15	9	16	15	40	11
MEM-01	12	1	1	36	2	1	39	12
RVA-04	7	4	8	21	8	8	37	13
PRM-02	4	6	7	12	12	7	31	14
DET-01	6	3	4	18	6	4	28	15
PRH-09	1	2	2	3	4	2	9	16

Les résultats inciteront à porter les efforts de maintenance sur les machines suivantes :

- ✓ Les riveteuses RVA-02, RVA-01et RVA-03
- ✓ La machine de détourage DET-05
- ✓ La presse mécanique PRM-09
- ✓ La machine de sertissage bec bouilloire SBB-01
- ✓ La presse hydraulique PRH-01, PRH-05

### **III. Détermination des types de pannes significatifs des équipements**

L'analyse des fichiers d'historique a donné une idée sur les différents types de pannes existant dans les divers équipements de l'entreprise CIOB.

Les types de pannes fréquemment rencontrés dans les machines critiques à la production sont décrits comme étant des pannes de nature :

- ✓ Mécanique
- ✓ Electrique
- ✓ Hydraulique
- ✓ Pneumatique
- ✓ autres

Chacun des types de pannes est complété par une description qui offre plus de détails sur la panne en question. Le dernier type de panne décrit ci-dessus par « autres », il s'agit en général d'une révision de la machine ou bien une opération nécessitant un démontage complet de cette dernière.

En se servant de l'outil Pareto, un classement des pannes va être effectué afin de dégager les problèmes majeurs que connaissent souvent les machines critiques de la production. L'objectif est de réaliser une étude plus poussée de ces derniers sur les équipements concernés.

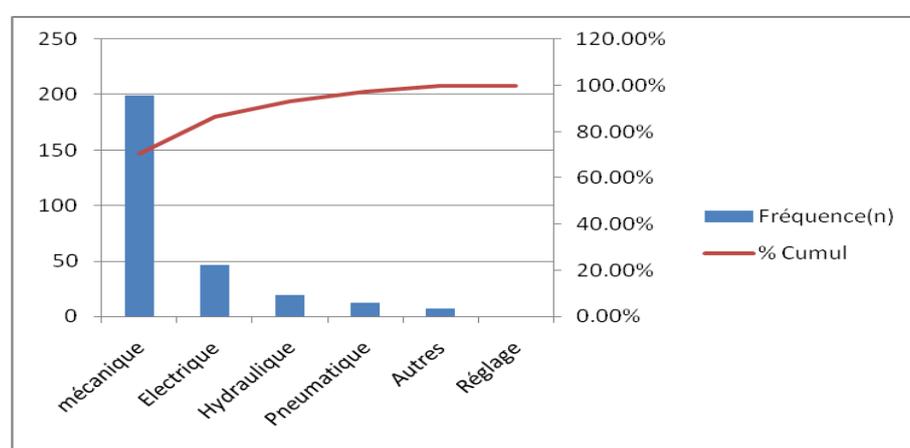
#### **1. Classification des types de pannes selon la fréquence :**

La classification commence ici par l'importance de la fréquence de l'apparition des types de pannes dans une vue de l'ensemble des machines. Pour cela un classement dans l'ordre décroissant est effectué suivi par le pourcentage et le pourcentage cumulé.

**Tableau 5 : Classification des types de pannes des machines selon la fréquence**

Type de panne	Fréquence	% Fré.	Fré. Cumulée
mécanique	199	70,32%	70,32%
Electrique	46	16,25%	86,57%
Hydraulique	19	6,71%	93,29%
Pneumatique	12	4,24%	97,53%
Autres	7	2,47%	100,00%

Le tableau ci-dessus permet de signaler les pannes mécaniques comme étant les plus fréquentes avec un pourcentage de 70,32%, tandis que les pannes décrites par autres sont les plus faibles avec un pourcentage de 2,47%. Le cumul des pannes de type mécaniques et électriques représente 86,57%.



**Diagramme 3: classification des types de pannes**

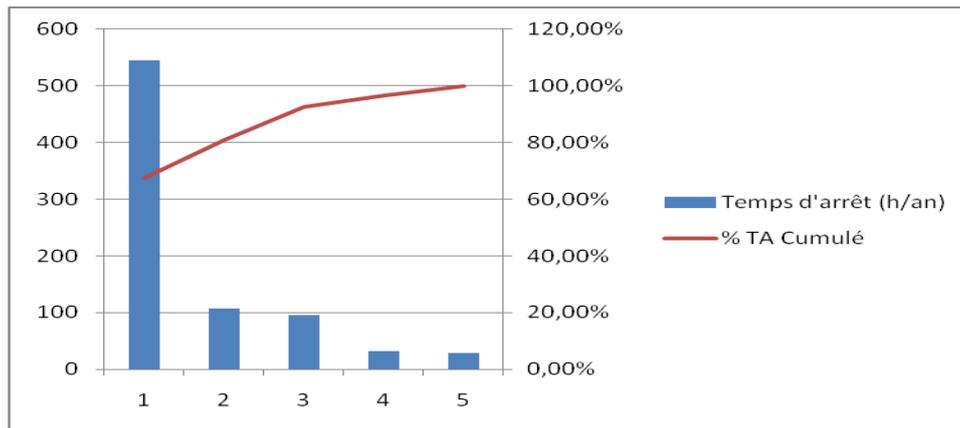
L'analyse par Pareto selon la fréquence montre que les problèmes mécaniques et électriques dépassent largement 80 % des arrêts enregistrés durant la période étudiée. Cela montre l'importance de considérer les pannes mécaniques et électriques en terme de fréquence des pannes.

## 2. Utilisation du critère temps d'arrêt :

**Tableau 6 : Classification des types de pannes selon le critère Temps d'arrêt**

Type de pannes	Temps d'arrêt (h/an)	%TA	% TA Cumulé
Mécanique	544,11	67,52%	67,52%
autres	106,89	13,26%	80,78%
Electrique	94,46	11,72%	92,51%
pneumatique	32,23	4,00%	96,51%
Hydraulique	28,16	3,49%	100,00%

La classification des types de pannes selon le critère de temps d'arrêt montre que les pannes sont les plus significatives.



**Diagramme 4 : classification des types de pannes selon le critère temps d'arrêt**

L'analyse Pareto ci-dessus d'après l'utilisation du critère fréquence fois le temps d'arrêt des types de pannes renforce encore une fois l'utilité de considérer le problème mécanique car ce dernier représente 95% des problèmes.

Donc la suite de notre travail va se focaliser sur les pannes de type mécaniques.

#### IV. Classification des machines par types de pannes

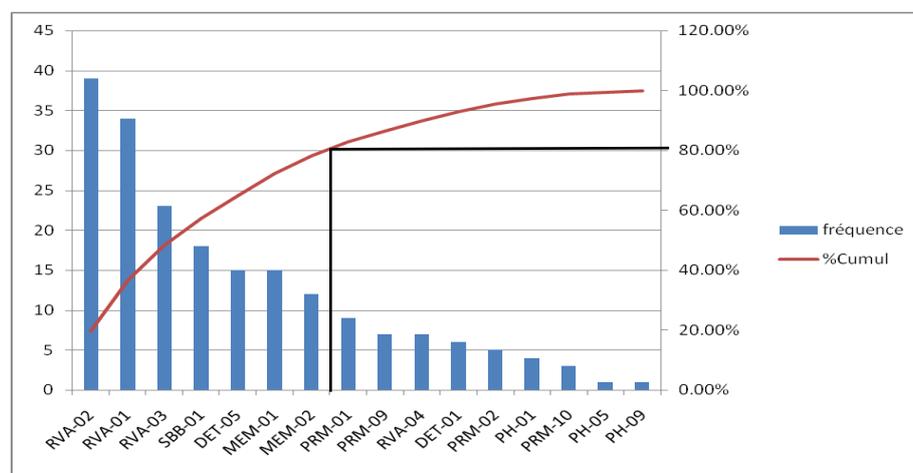
Une démonstration vient d'être faite précédemment pointant le doigt sur les pannes mécaniques et électriques qui représente 98% des arrêts enregistrés. Donc dans cette phase d'étude, on veut établir des priorités sur les équipements selon les types de pannes mécaniques et électriques. Le but derrière cela est d'aider les techniciens de la maintenance à mieux s'organiser pour répondre rapidement et efficacement face aux arrêts causés par ces deux types de pannes.

##### a. La classification selon le problème mécanique :

**Tableau 7 : Classification des machines par rapport aux pannes mécaniques**

code de la machine	fréquence/an	% fréquence	% Fr.Cumulée
RVA-02	39	19,60%	19,60%
RVA-01	34	17,09%	36,68%
RVA-03	23	11,56%	48,24%
SBB-01	18	9,05%	57,29%
DET-05	15	7,54%	64,82%
MEM-01	15	7,54%	72,36%
MEM-02	12	6,03%	78,39%
PRM-01	9	4,52%	82,91%
PRM-09	7	3,52%	86,43%
RVA-04	7	3,52%	89,95%
DET-01	6	3,02%	92,96%
PRM-02	5	2,51%	95,48%
PRH-01	4	2,01%	97,49%
PRM-10	3	1,51%	98,99%
PRH-05	1	0,50%	99,50%
PRH-09	1	0,50%	100,00%

L'analyse effectuée dans le tableau ci-dessus a permis de classer les équipements qui sont souvent touchés par des problèmes mécaniques.



**Diagramme 5 : Classification des machines par rapport aux pannes mécaniques**

Cette analyse à permis d'identifier les machines ci-après :

- Riveteuse Semi-automatique RVA-02, RVA-01 et RVA-03
- Satinage Bec Bouilloire SBB-01
- Détourage DET-05
- Machine d'emballage MEM-01 et MEM-02

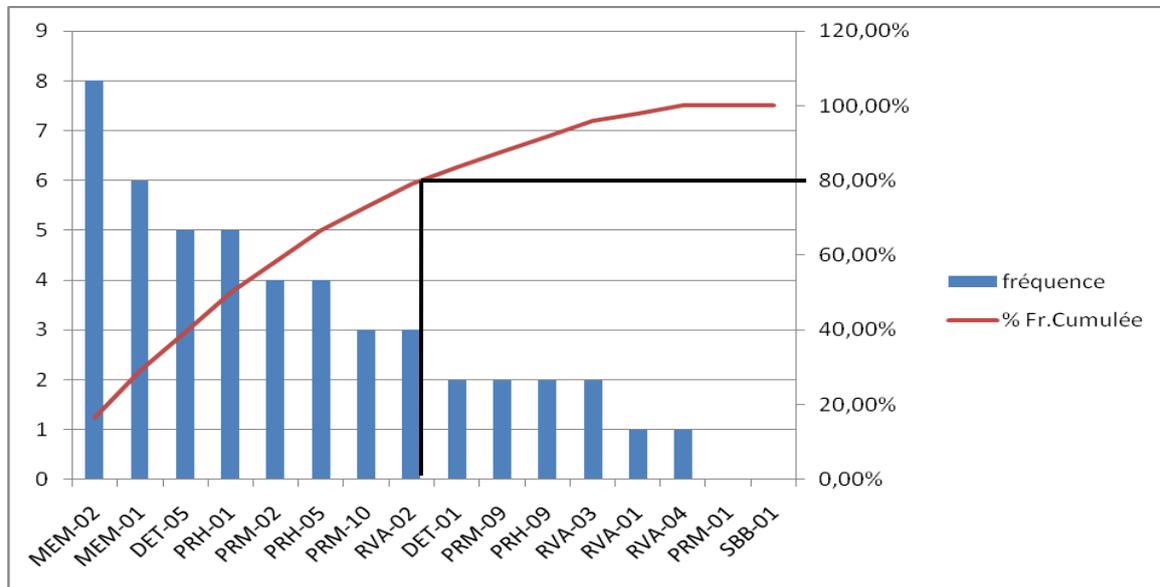
Comme étant les machines les plus critiques aux problèmes mécaniques. Elles enregistrent 80% des pannes mécaniques constatées sur l'ensemble des équipements.

*b. La classification selon le problème électrique :*

**Tableau 8 : Classification des machines par rapport aux pannes électriques**

Code de la machine	fréquence/an	% fréquence	% Fr.Cumulée
MEM-02	8	16,67%	16,67%
MEM-01	6	12,50%	29,17%
DET-05	5	10,42%	39,58%
PRH-01	5	10,42%	50,00%
PRM-02	4	8,33%	58,33%
PRH-05	4	8,33%	66,67%
PRM-10	3	6,25%	72,92%
RVA-02	3	6,25%	79,17%
DET-01	2	4,17%	83,33%
PRM-09	2	4,17%	87,50%
PRH-09	2	4,17%	91,67%
RVA-03	2	4,17%	95,83%
RVA-01	1	2,08%	97,92%
RVA-04	1	2,08%	100,00%
PRM-01	0	0,00%	100,00%
SBB-01	0	0,00%	100,00%

Le tableau ci-dessus montre que les machines d’emballages sont les premières à être touchées par des problèmes électriques avec un pourcentage cumulé de presque 30% alors que la presse mécanique PRM-01 ainsi que la machine de Satinage Bec Bouilloire SBB-01 n’ont pas du tout connu des problèmes électriques.



**Diagramme 6: Classification de machines par rapport aux pannes électriques**

L’analyse faite ci-dessus montre les équipements très souvent touchés par des problèmes électriques. A partir du graphe ci-dessus on dégage les équipements suivants :

- Machine d’emballage de référence MEM-02 et MEM-01
- Détourage DET-05
- Presse hydraulique PRH-01 et PRH-5
- Presse mécanique PRM-02 et PRM-10

Ces machines à eux seules enregistrent 80% des pannes électriques constatés sur l’ensemble des machines critiques. Des priorités peuvent être prises sur ces machines en ce qui concerne les pannes électriques.

## V. Comparaison de la moyenne des temps de bon fonctionnement 2014 et 2013

A partir des données qui sont à notre disposition, une mesure des performances des machines est faite afin de permettre au service de maintenance de prendre les décisions adéquates pour assurer un taux de disponibilité le plus élevé possible.

La moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) se calcule de la manière suivante :

$$\text{MTBF} = \frac{\text{temps de fonctionnement en (h) par an} - \text{TA en(h)}}{\text{nombre des pannes}}$$

Le temps de fonctionnement des machines pendant une année est estimé à **2228,5** heures par l'entreprise.

**Tableau 9 : Comparaison de MTBF des machines pour les années 2013 et 2014**

Code de la Machine	2014			2013		
	Temps d'arrêt en (h/an)	Nombre des pannes par an	MTBF(2014) en heure	Temps d'arrêt en (h/an)	Nombre des pannes par an	MTBF(2013)
RVA-02	79,7	47	45,72	22,68	31	71,15
RVA-01	71,18	40	53,93	62,8	20	108,28
SBB-01	35,81	29	75,61	17,9	9	245,62
RVA-03	20,63	25	88,31	1,5	1	2227
MEM-01	47,78	23	94,81	17,16	27	81,9
MEM-02	54,69	21	103,51	53,54	13	167,3
DET-05	64,93	20	108,18	26,15	11	200,21
PRH-01	74,62	19	113,36	3,92	5	444,92
RVA-04	18,513	12	184,17	3,38	5	445,02
PRM-09	103,66	11	193,17	39,25	5	557,12
PRM-01	41,09	10	218,74	49,25	5	435,9
PRM-02	11,463	10	221,70	0,67	2	1113,91
DET-01	8,92	10	221,96	73,48	14	153,93
PRM-10	91,733	8	267,10	0	0	0
PRH-05	92,1	7	305,20	1,91	4	556,65
PRH-09	5,06	6	370,57	2,25	3	742,08

### Conclusion :

L'analyse effectuée entre 2014 et 2013 montre que le comportement des machines durant la période de 2014 s'est dégradé de façon exagérée, les moyennes de temps de bon fonctionnement de la plus part des machines critique à la production ont significativement diminué.

Ainsi la suite de notre travail va analyser les machines critiques afin d'apporter des solutions convenables pour chaque machine permettant d'améliorer leur disponibilité.

**Chapitre 3 :**  
**Etude détaillée des équipements critiques**

## I. Analyse des équipements

### *Les riveteuses :*

L'atelier de rivetage est équipé d'une quinzaine de riveteuse qui se distingue par des riveteuses de type :

- Mécaniques et électriques
- Pneumatique manuels
- Semi automatiques
- automatiques

L'étude concerne plus particulièrement les riveteuses semi-automatiques qui se dénombrent par quatre machines de référence RVA-01, RVA-02, RVA-03 et RVA-04.

Une analyse faite précédemment a montré que la riveteuse de référence RVA-02 est marquée par une fréquence élevée des pannes engendrant des arrêts significatifs.

On se propose dans ce chapitre de réaliser une analyse plus approfondie afin d'émerger les problèmes liés à cette machine mais également voir s'il est économique de la déclasser.

#### **1. Fonctionnement des riveteuses semi-automatiques**

La pédale contient un capteur de fin de course pneumatique qui laisse passer l'air quand on pousse la pédale et le bloque quand on lâche la pédale.

L'utilisateur pousse la pédale avec sa jambe, l'air comprimé sort du raccord pneumatique gauche vers le vérin qui actionne le levier commande clavette d'embrayage vers le haut, il permet ainsi la liaison encastrement entre le moyeu d'embrayage et la roue par l'intermédiaire de la clavette.

La roue est liée avec un pignon dans un système d'engrenage, le pignon est entraîné par un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un système polie-courroie.

La polie motrice est entraînée par un moteur électrique triphasé (380 V, étoile, 1500 tr/min).

D'où la rotation du moyeu d'embrayage qui permet la rotation de trois cames :

Les cames transforment le mouvement de rotation en un mouvement de translation.

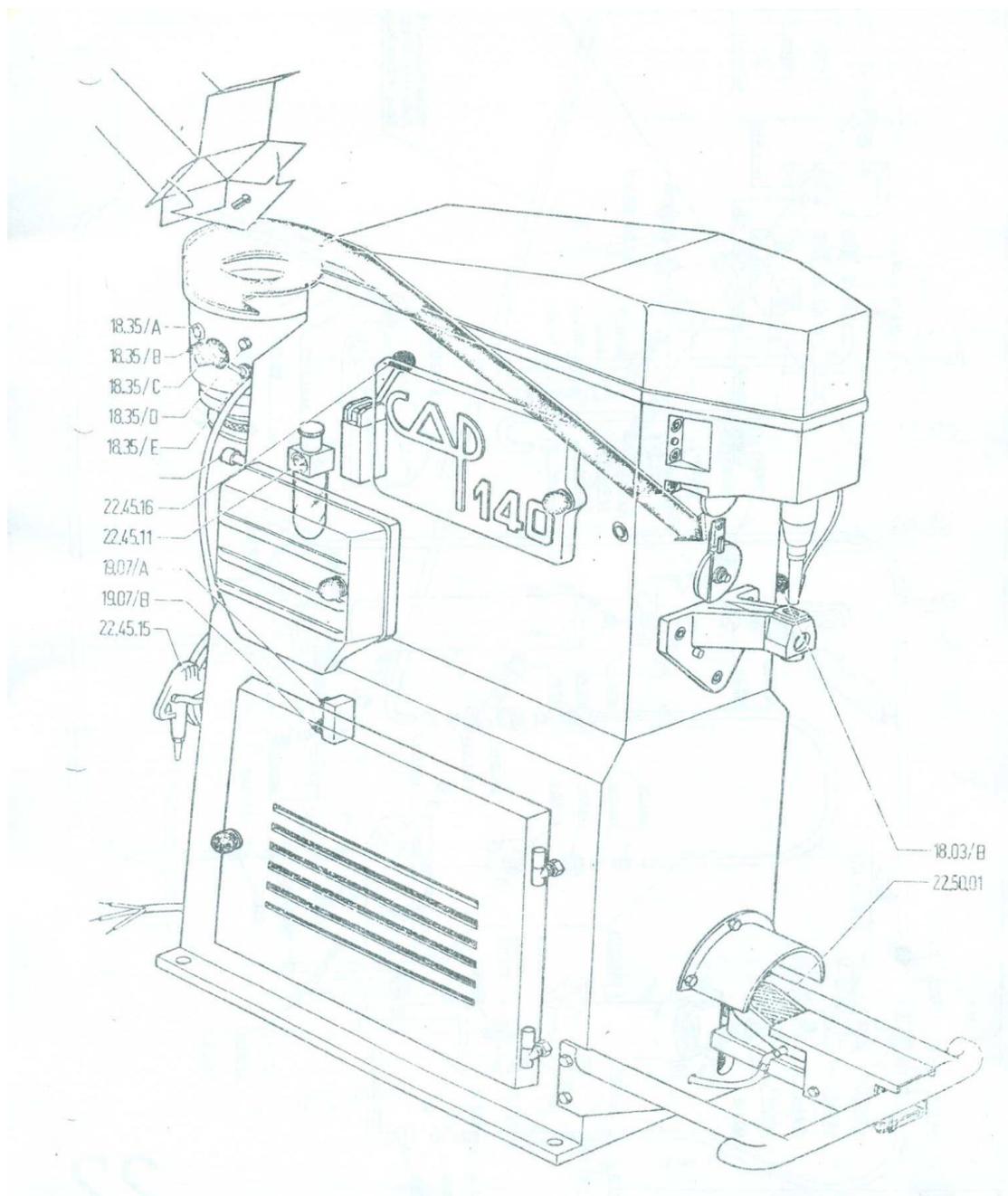
- La première came est liée au bras du poinçon riveteur.
- La deuxième came actionne la barre pousse-rivet vers le presse-flan.
- La troisième came est liée au bras du marteau supérieur.

Le presse-flan se constitue de deux parties qui sont :

- Le poinçon riveteur poussé par le bras lié à la première came.
- Le marteau supérieur poussé par le bras lié à la troisième came.

Le poinçon translate vers le bas pour que le rivet puisse percer la pièce. Puis, le marteau inférieur de la bigorne pousse le rivet vers le haut. Ainsi, le marteau supérieur descend pour presser le rivet, l'éjection du déchet de perçage se fait par l'admission d'air au presse-flan par la soupape pneumatique.

La pousse rivet passe par un système de centrage des rivets qui est lié à l'alimentateur vibratoire du rivet par une glissière.



**Figure 1: Riveteuse Cap 140**

## 2. Etude de la riveteuse RVA-02 :

### 2.1. Analyse des types de pannes de la riveteuse RVA-02

Le tableau ci-dessous met en évidence l'importance des pannes mécaniques durant la période de 2013 à 2014.

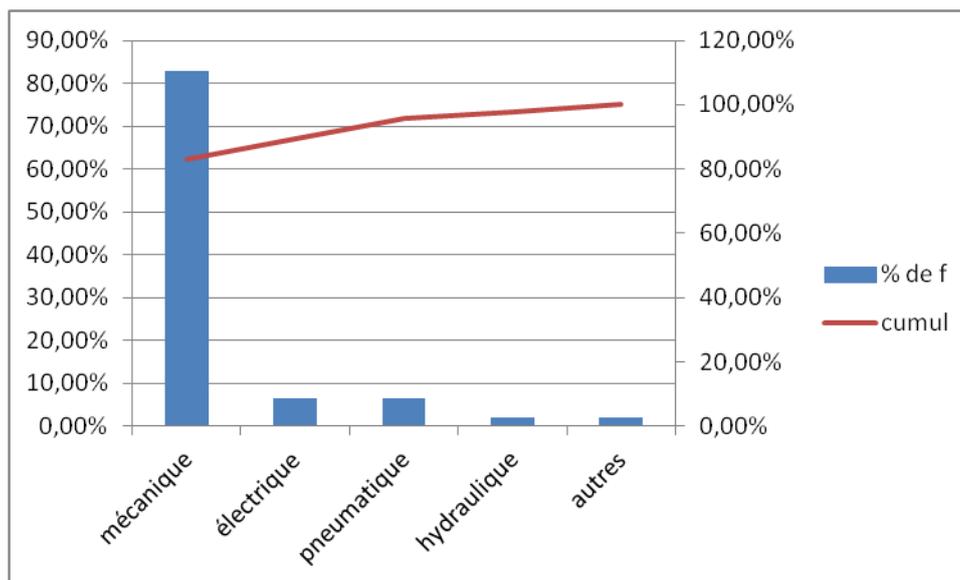
**Tableau 10 : Comparaison des types de pannes de RVA-02 entre 2013 et 2014**

Equipement	Type de panne	Fréquence/an		% Fréquence		Temps d'arrêt(h/an)		% Temps d'arrêt	
		2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013
riveteuse automatique RVA-02	mécanique	39	26	82,98%	83,87%	75,65	21,17	93,44%	93,34%
	Electrique	3	2	6,38%	6,45%	1,25	0,59	1,54%	2,60%
	Pneumatique	3	3	6,38%	9,68%	2,67	0,92	3,30%	4,06%
	Autres	1	0	2,13%	0,00%	0,97	0	1,20%	0,00%
	Hydraulique	1	0	2,13%	0,00%	0,42	0	0,52%	0,00%
	$\Sigma =$		47	31	100,00%	100,00%	80,96	22,68	

La fréquence de panne mécanique représente 83% des pannes pour l'année 2014, puis son temps d'arrêt représente 93% du total des temps d'arrêts.

Cela montre dans un premier temps une distribution proportionnée de la fréquence et du temps d'arrêt de la machine entre ces deux années, dans le second temps il concerne le pourcentage élevé de ces deux critères choisis. Ainsi ce dernier explique clairement l'utilité de considérer les pannes mécaniques.

Par ailleurs, en termes de nombre on note des différences très larges en ce qui concerne la fréquence mais surtout le temps d'arrêt de l'équipement. Ainsi la fréquence a augmenté et le temps d'arrêt a presque triplé de 2013 à 2014. Cette situation pourrait être fatale à l'équipement si elle continue de cette allure, d'où l'importance de mettre à disposition les moyens nécessaires pour déterminer le problème de cette machine.



**Diagramme 7 : Fréquence des types de pannes pour RVA-02**

La riveteuse RVA-02 est confrontée significativement à des problèmes mécaniques. Plus de 80% des pannes qu'a connues cette machines, durant la période de 2014, sont dues à des pannes de type mécanique.

Une analyse approfondie est nécessaire sur cet équipement pour remonter à l'origine de ces pannes et y apporter les solutions requises. Par conséquent, les pannes seront éradiquées ou au moins réduites, donc une amélioration de sa disponibilité.

### **2.2. Analyse selon le critère temps d'arrêt :**

Dans le but de confirmer la nécessité de prendre en considération les pannes de type mécanique de la riveteuse RVA-02, on prend le critère temps d'arrêt.

**Tableau 11 : Analyse de Type de pannes selon le critère temps d'arrêt**

RVA-02			
Type de pannes	Temps d'arrêt(TA)	% TA	%TA Cumulé
mécanique	75,65	93,44%	93,44%
pneumatique	2,67	3,30%	96,74%
électrique	1,25	1,54%	98,28%
hydraulique	0,97	1,20%	99,48%
autres	0,42	0,52%	100,00%

Cette analyse ne fait que renforcer l'utilité de tenir compte l'importance des pannes mécaniques.

### **3. Description des pannes mécaniques de la riveteuse automatique RVA-02 :**

Afin de déterminer les causes responsables des pannes, une classification par type de problème semble importante. L'idée est d'appliquer les outils de résolution de problèmes sur ceux qui sont le plus souvent rencontrés sur l'équipement.

Après avoir fait une lecture de la description des pannes mécaniques, on peut classifier ces dernières par type de problème de :

- ✓ Réglage
- ✓ Usure
- ✓ Cassure
- ✓ Coincement
- ✓ Nettoyage

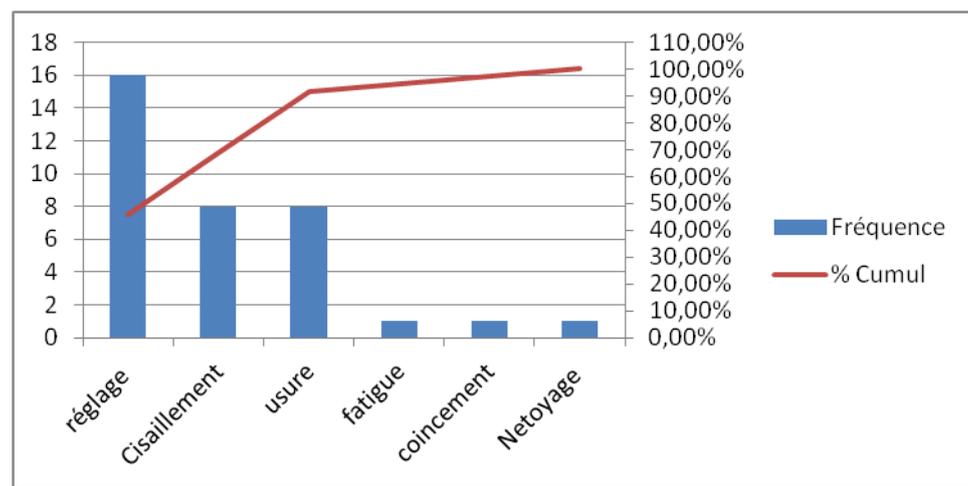
Un choix sera fait sur ces problèmes mécaniques cités ci-dessus pour travailler seulement avec ceux qui sont représentatifs.

Le tableau ci-dessous représente la nature des pannes mécaniques avec leur fréquence et temps d'arrêt pendant l'année 2014.

**Tableau 12 : Fréquence des pannes pour les problèmes mécaniques**

type de problème	Fréquence /an	% Fré.	Fré.Cumulée	Temps d'arrêt (h)
réglage	16	45,71%	45,71%	45,25
Cisaillement	8	22,86%	68,57%	19,38
usure	8	22,86%	91,43%	9,97
fatigue	1	2,86%	94,29%	0,5
coincement	1	2,86%	97,14%	0,33
Netoyage	1	2,86%	100,00%	0,25
Total	35	100,00%		75,68

La dépouille des données historiques 2014 a signalé le réglage comme problème majeur causant l'arrêt de la machine avec un pourcentage de 45.71%. Ce dernier est suivi par d'usure et de cisaillement de pourcentage égal de 22.86%.



**Diagramme 8 : Fréquence des problèmes mécaniques**

Dans cette analyse on a pu dégager les problèmes de réglage, de cassage et d'usure comme étant les plus significatifs avec une fréquence d'apparition de plus de 98%.

#### 4. Etude de riveteuse RVA-01 :

Dans le but d'élargir l'analyse sur les machines critiques mais également permettre d'établir des comparaisons entre ces dernières, notre encadrant à l'entreprise a proposé d'élargir cette analyse sur des équipements de même type, c'est-à-dire (prendre deux machines de même type, effectuer une analyse sur celles-ci une fois terminée continuer avec deux autres et ainsi de suite).

Ainsi en se basant sur le classement fait précédemment, il s'est avéré que la riveteuse RVA-01 se trouve en deuxième position parmi les seize machines critiques à la production après la riveteuse RVA-02.

Notre étude par la suite va concerner la machine RVA-01 pour confirmer l'étude qu'on a effectuée sur RVA-02 afin d'obtenir une idée générale sur le type de problème qu'il faut traiter en appliquant les démarches de résolution de problème.

#### 4.1 Analyse des types de pannes de RVA-01 pendant 2014 :

**Tableau 13 : Fréquence de types des pannes de RVA-01**

Année	2014			
	fréquence/an	% de f	Temps d'arrêt (h)/an	% TA
mécanique	34	87,18%	65,26	92,70%
pneumatique	4	10,26%	3,97	5,64%
électrique	1	2,56%	1,17	1,66%
hydraulique	0	0,00%	0	0,00%
Total	39		70,4	

La fréquence des pannes mécaniques de la machine RVA-01 présente 87% et avec un temps d'arrêt qui présente 92,7% des pannes enregistrées.

#### 4.2 Comparaison entre 2013 et 2014 de la riveteuse RVA-01:

**Tableau 14 : Comparaison de MTBF de RVA-01 pour 2013 et 2014**

Année	2013		2014	
	Fréquence/an	Temps d'arrêt/an	Fréquence/an	Temps d'arrêt /an
mécanique	18	61,5	34	65,26
électrique	1	0,75	1	1,17
hydraulique	0	0	0	0
pneumatique	1	0,55	4	3,97
Total	20	62,8	39	70,4
<b>MTBF</b>	<b>108,29</b>		<b>55,34</b>	

Le calcul de la moyenne des temps de bon fonctionnement annuelle (MTBF) a montré que la MTBF de 2014 a diminué de la moitié par rapport à l'année 2013.

La MTBF(2013) est de 108,29 et la MTBF(2014) est de 55,34.

#### 5. Comparaison de RVA-01 et RVA-02 de l'année 2014 :

La moyenne des temps de réparation MTTR ( Mean Time To Repair) se calcule de la manière suivante :

MTTR = Temps des réparations/ nombre des arrêts

Tableau 15 : MTBF et MTTR de RVA-01 et RVA-02 pour l'année 2014

Type de panne	RVA-01			RVA-02		
	Fréquence/an	Temps d'arrêt (h/an)	Temps d'interv (h/an)	Fréquence/an	Temps d'arrêt (h/an)	Temps d'interv (h/an)
mécanique	34	65,26	28,68	39	75,65	42,55
électrique	1	1,17	1,08	3	1,25	1,09
hydraulique	0	0	0	1	0,97	2,42
pneumatique	4	3,97	1,33	3	2,67	0,33
Total	39	70,4	31,09	46	80,54	46,39
MTTR (h)	0,80			1,01		
MTBF (h)	55,34			46,69		

D'après l'analyse ci-dessus, on constate que la riveteuse RVA-01 fonctionne en moyenne 55.34 heures et s'arrête 0.80 heure pendant l'année 2014.

### **Conclusion :**

L'étude effectuée sur les riveteuses RVA-02 et RVA-01 a montré que les moyennes de temps de bon fonctionnement est réduit au moitié en passant de 2013 au 2014 dans les deux machines.

La comparaison entre les machines RVA-02 et RVA-01 montre bien que le panne mécanique est le plus significatives dans les deux machines.

Donc par la suite de notre étude on va analyser le problème mécanique dans la riveteuse RVA-02, et on va généraliser les solutions sur les deux machines RVA-02 et RVA-01 puisque elles sont de même genre et elles ont même problèmes.

## ***Etude critique des presses hydrauliques***

### **1. Principe de fonctionnement des presses hydrauliques**

La presse hydraulique repose sur le principe de Pascal.

À une extrémité du système se trouve un piston avec une petite surface A1, de l'autre côté un piston avec une grande surface A2, qui permet d'accroître la force.

Comme pour un bras de levier avec un rapport de 1/2, d'un côté une force est doublée, mais la course est divisée par deux ; il en est de même pour le vérin avec une section double du premier (ne pas confondre section et diamètre).

Autre exemple, si le rapport des sections est de 10, une force de 100 N sur le petit piston va produire une force de 1 000 N sur le grand piston, mais le petit piston doit se déplacer de 100 mm pour que le grand piston se déplace de seulement 10 mm.

C'est ainsi que l'énergie, sous forme de travail dans le cas présent, est conservée et que la loi de conservation de l'énergie est satisfaite.

L'étude des machines critique à la production qui était déjà fait a donnée un classement des machines d'après leurs notes obtenu on utilisant la matrice de la combinaison des critères.

Les presses hydrauliques PRH-01 et PRH-05 sont les plus critiques après les riveteuses.

Donc on va analyser les presses hydrauliques PRH-01 et PRH-05 en termes de fréquence, temps d'arrêt et les couts.

## 2. La presse hydraulique PRH-01 :

### 2.1. Classification des types de pannes de PRH-01 pour l'année 2014.

Le calcul de nombre et le temps d'intervention de chaque type de panne pendant l'année 2014 est résumée dans le tableau suivant :

**Tableau 16 : Analyse des types de pannes pour PRH-01**

année	2014			
Type de panne	Fréquence/an	Temps d'intervention en heure/an	Fr*TI	% de Fr*TI
hydraulique	4	9,96	39,84	54,49%
autres	2	7,75	15,5	21,20%
mécanque	4	3,92	15,68	21,44%
électrique	5	0,42	2,1	2,87%

On remarque d'après l'utilisation de critère de fréquence multiplié par le temps d'intervention des types de pannes que les pannes hydrauliques représentent plus de 54% des pannes.

### 2.2. Comparaison entre 2013 et 2014 pour la machine PRH-01.

**Tableau 17 : Comparaison entre 2013 et 2014**

année	2014			2013		
Type de panne	Fréquence/an	Temps d'arrêt/an en h	Temps d'intervention en h par an	Fréquence/an	Temps d'arrêt/an en h	Temps d'intervention en h par an
mécanque	4	14,41	3,92	3	2,25	2,25
électrique	5	3,08	0,42	1	0,67	0,67
hydraulique	4	12,95	9,96	1	1	0,92
autres	2	12,83	7,75	0	0	0
TOTAL	15	43,27	22,05	5	3,92	3,84
MTBF	145,682			444,916		
MTTR	1,47			0,768		

La moyenne de temps de bon fonctionnement de la machine PRH-01 est divisée par trois en passant de 2013 au 2014. Donc les caractéristiques de presse hydraulique PRH-01 sont détériorés.

### 3. Presse hydraulique PRH-05 :

**Tableau 18 : Analyse des types de pannes de PRH-05**

Année	2014			2013		
	fréquence/an	Temps d'arrêt Ta (h/an)	Temps d'interv Ti (h/an)	fréquence/an	Temps d'arrêt Ta (h/an)	Temps d'interv Ti (h/an)
Mécanique	1	1,50	1,00	1	0,33	0,33
Electrique	4	6,85	3,35	2	1,00	0,92
Hydraulique	1	1,42	1,33	0	0,00	0,00
Pneumatique	0	0,00	0,00	1	0,58	0,58
<b>Autres</b>	<b>1</b>	<b>83,33</b>	<b>83,33</b>	0	0,00	0,00
Total	7	93,10	89,01	4	1,91	1,83
MTBF (h)	<b>305,06</b>			<b>556,65</b>		
MTTR (h)	<b>12,72</b>			<b>0,46</b>		

#### Remarque:

La MTTR est de 12,72 heures en 2014 est considérablement très élevée par rapport à celle de 2013 qui est de 0,46 heures, cela s'explique par le fait qu'il y a eu une intervention qui a nécessité un démontage complet de l'équipement. Cette opération a duré plusieurs jours, cette valeur est considérée comme aberrante donc elle est enlevée dans les calculs de la MTTR et de la MTBF. On obtient ainsi les nouvelles valeurs de MTTR = 1,63 heures et de MTBF = 369,78 heures

La presse hydraulique fonctionnait 305,06 heures et s'arrêtait 1,63 heure en moyenne pendant la période de 2014. Cette même machine avait une moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) de 556,65 heures et une moyenne des temps de réparation de 0,46 heures. En l'espace d'une année cet équipement a perdu ses performance estimée en pourcentage par 29,20% c'est à dire  $MTBF(2013) = 60,09\%$   $MTBF(2014) = 39,91\%$ , perte = 20,17%

**Chapitre 4 :**  
**Evaluation des coûts des pannes des**  
**équipements critiques.**

La détermination des coûts de maintenance est très utile dans la mesure où la marge bénéficiaire des entreprises est généralement faible. L'estimation de ces coûts permet l'établissement d'un budget annuel de maintenance.

**a. Coût de défaillance :**

Les coûts de défaillances se décomposent généralement en coûts de maintenance (CM) et coûts de non production (CNP) :

$$CD = CM + CNP$$

**b. Coût de non production**

Les coûts de non production sont calculés à partir du temps d'arrêt et la marge bénéficiaire (Mb) :  $CNP = Mb * Ta$

Dans notre cas, on s'intéressera seulement au coût de maintenance, faute de n'avoir pas accès à la marge bénéficiaire des articles produits.

**c. Coût de maintenance :**

On distingue la maintenance préventive et la maintenance corrective dont chacune engendre ses propres coûts, ainsi les coûts de maintenance (CM) se calcule par la somme du coût de la maintenance préventive (CMp) et corrective (CMc).

$$CM = CMp + CMc$$

Les coûts de maintenance corrective (CMc) sont la somme des coûts de main d'œuvre (technicien) et les coûts des pièces de rechange (CPDr).

$$CMc = CMo + CPDr$$

**Remarque :** la maintenance préventive appliquée consiste seulement à des actions de nettoyage, de contrôle, vidange, débouchage et de graissage. Pour cela on retiendra seulement les coûts de main d'œuvre. En ce qui concerne la maintenance corrective on trouve, en plus des coûts de main d'œuvre, des pièces remplacées, des opérations dans l'atelier de fabrication mécanique telle que rectification de la pièce ou soudage à l'arc.

**Hypothèse :**

Les coûts de main d'œuvre ainsi que les coûts des opérations dans l'atelier de fabrication mécanique sont estimés à 30 Dhs/heure

## **Analyse des coûts des riveteuses :**

### **1. Evaluation des coûts des pannes de la riveteuse RVA-02.**

#### **Hypothèses :**

Le nombre d'heures de la maintenance préventive pour les riveteuses est estimé à 1,5h/mois

Le coût de technicien pendant la maintenance préventive est estimé par 30 DH/heure

En générale un seul technicien fait la maintenance préventive.

Un tableau relatant le détail les différents coûts de la maintenance de riveteuse RVA-02 se trouve en annexes.

Un deuxième tableau des coûts est établi, il donne les coûts de maintenance, de chaque mois ainsi que les coûts annuels de ces derniers.

**Tableau 19 : Coûts de maintenance de RVA-02**

<b>MOIS</b>	<b>Coûts de Maintenance</b>			<b>Temps d'arrêt pour maintenance</b>
	CMp	CMc	CM	M
Janvier	45	32,10	77,10	1,26
Février	45	147,60	192,60	3,11
Mars	45	656,50	701,50	19,83
Avril	45	239,20	284,20	8,41
Mai	45	164,90	209,90	5,76
Juin	45	147,20	192,20	5,92
Juillet	45	19,00	64,00	0,58
Août	45	336,60	381,60	4,84
Septembre	45	7,50	52,50	0,30
Octobre	45	0,00	45,00	0,00
Novembre	45	0,00	45,00	0,00
Décembre	45	120,00	165,00	31,00
Cout total annuel	540	1870,6	2410,6	81,01

Le calcul des différents coûts de maintenance montre que la majorité des coûts de maintenance sont des coûts de maintenance corrective.

a. *Comparaison des coûts de RVA-02 entre 2013 et 2014 :*

**Tableau 20 : Comparaison des coûts de maintenance entre 2013 et 2014 pour RVA-02**

MOIS	2014				2013			
	Temps d'intervention	Coûts de Maintenance (DH)			Coûts de Maintenance (DH)			Temps d'intervention
	TI (heure)	CMp	CMc	CM	CM	CMp	CMc	TI (heure)
Janvier	1,08	45	32,10	77,10	97,50	45	52,50	1,25
Février	2,92	45	147,60	192,60	45,00	45	0,00	0,00
Mars	17,25	45	656,50	701,50	75,00	45	30,00	1,00
Avril	7,92	45	239,20	284,20	45,00	45	0,00	0,00
Mai	5,23	45	164,90	209,90	72,60	45	27,60	0,92
Juin	3,68	45	147,20	192,20	161,10	45	116,10	3,87
Juillet	0,50	45	19,00	64,00	120,40	45	75,40	1,98
Août	4,42	45	336,60	381,60	61,50	45	16,50	0,55
Septembre	0,25	45	7,50	52,50	45,00	45	0,00	0,00
Octobre	0,00	45	0,00	45,00	114,10	45	69,10	2,17
Novembre	0,00	45	0,00	45,00	45,00	45	0,00	0,00
Décembre	3,94	45	120,00	165,00	239,20	45	194,20	5,00
<b>Coût total annuel de maintenance (DH)</b>		<b>2410,60</b>			<b>1121,40</b>			

Le coût total annuel de la maintenance est doublé en passant de 2013 au 2014.

Donc les coûts de maintenance deviennent importants par le temps pour la riveteuse RVA-02, donc il est nécessaire d'intégrer une maintenance efficace.

**2. Evaluation des coûts des pannes de la riveteuse RVA-01.**

Le calcul des différents coûts pendant les mois de l'année 2014 a conduit à faire le tableau suivant.

**Tableau 21 : Coûts de maintenance de RVA-01**

MOIS	Coûts de Maintenance en DH			Temps d'arrêt pour maintenance (h)
	CMp	CMc	CM	TA
Janvier	45	17,70	62,70	0,67
Février	45	254,40	299,40	16,50
Mars	45	93,80	138,80	3,17
Avril	45	47,40	92,40	1,91
Mai	45	24,90	69,90	1,25
Juin	45	139,00	184,00	4,50
Juillet	45	116,50	161,50	4,33
Août	45	2,49	47,49	0,25
Septembre	45	27,60	72,60	1,42
Octobre	45	205,20	250,20	4,09
Novembre	45	150,00	195,00	6,17
Décembre	45	145,20	190,20	26,92
<b>les Coûts total annuel en DH</b>	<b>540</b>	<b>1224,19</b>	<b>1764,19</b>	

Le coût total annuel de la maintenance lié au temps d'arrêt des pannes pendant 2014 pour la machine RVA-01 est très faible.

**a. Comparaison les coûts de pannes de RVA-01 entre 2013 et 2014 :**

**Tableau 22 : comparaison des coûts de maintenance entre 2013 et 2014 pour RVA-01**

année	2014			2013		
	Temps d'intervention en h/an	Les couts de Mc en Dh	Le cout de Mp en DH par an	Temps d'intervention en h/an	Les cout de Mc en Dh/an	Le cout de Mp en DH par an
Type de panne						
mécanque	3,92	2422,6	1190,4	2,25	67,5	1205,1
électrique	0,42	42,6		0,67	58,1	
hydraulique	9,96	3449,8		0,92	27,6	
autres	7,75	352,5		0	0	
TOTAL	22,05	6267,5		3,84	153,2	
cout total de maintenance	7457,9			1358,3		

Les coûts annuels de la maintenance de l'année 2014 sont très grand par rapport aux coût de l'année 2013 pour la riveteuse RVA-01

**3. Comparaison des coûts de maintenance pour RVA-02 et RVA-01 en 2014 :**

**Tableau 23 : Comparaison des coûts de maintenance pour RVA-02 et RVA-01**

MOIS	Coût de maintenance de 2014 en DH	
	RVA-02	RVA-01
Janvier	77,1	62,70
Février	192,6	299,40
Mars	701,5	138,80
Avril	284,2	92,40
Mai	209,9	69,90
Juin	192,2	184,00
Juillet	64	161,50
Août	381,6	47,49
Septembre	52,5	72,60
Octobre	45	250,20
Novembre	45	195,00
Décembre	165	190,20
<b>Coût total annuel en DH</b>	<b>2410,60</b>	<b>1764,19</b>

Les coûts de maintenance de la riveteuse RVA-02 sont plus grand que ceux de la riveteuse RVA-01 pendant l'année 2014 ;

## Conclusion :

La majorité des coûts de maintenance sont due par les coûts de la maintenance corrective. Donc il faut chercher les solutions de causes détectées pour diminuer les temps d'arrêt afin de diminuer les coûts de défaillance qu'ils sont proportionnelles au temps d'arrêt.

### **Analyse des coûts des presses hydrauliques :**

Les coûts de la maintenance corrective (CMc) de chaque type de panne contiennent les couts de main d'œuvre (CMo) et le cout des pièces de rechange (CPDr).

$$CMc = CMo + CPDr$$

La maintenance préventive contient la maintenance systématique et conditionnelle.

La maintenance préventive systématique est programmée et d'après les fichiers de la maintenance préventive nous avons calculés les couts de la maintenance préventive comme étant la somme des couts de nettoyage, graissage, contrôle et les pièces de rechanges.

Le nombre d'heures de la maintenance préventive est 36 heures pendant l'année 2014, le prix de chaque heure est de 30 Dh.

#### **1. Evaluation des coûts des pannes de presse hydraulique PRH-01.**

**Tableau 24 : Comparaison des différents CM de PRH-01 pour les années 2013 et 2014**

année	2014			2013		
Type de panne	Temps d'intervention en h/an	Les couts de Mc en Dh	Le cout de Mp en DH par an	Temps d'intervention en h/an	Les cout de Mc en Dh/an	Le cout de Mp en DH par an
mécanque	3,92	2422,6	1190,4	2,25	67,5	1205,1
électrique	0,42	42,6		0,67	58,1	
hydraulique	9,96	3449,8		0,92	27,6	
autres	7,75	352,5		0	0	
TOTAL	22,05	6267,5		3,84	153,2	
cout total de maintenance	7457,9			1358,3		

Le tableau ci-dessus montre que les coûts de maintenance pour l'année 2014 sont élevés par rapport à l'année 2013 et ceci due à l'augmentation de fréquence des pannes et ainsi le temps d'arrêt pendant l'année 2014 pour la presse hydraulique PRH-01.

## 2. Evaluation des coûts des pannes de presse hydraulique PRH-05.

**Tableau 25 : Comparaison des différents CM de PRH-05 pour les années 2013 et 2014**

Année	2014			2013		
Type de panne	Temps d'interv Ti (h/an)	CMc/an ( Dh)	CMp/an (Dh)	Temps d'interv Ti (h/an)	CMc/an (Dh)	CMp/an (Dh)
Mécanique	1,00	30,00	1080,00	0,33	9,90	1080,00
Electrique	3,35	100,50		0,92	147,00	
Hydraulique	1,33	39,90		0,00	0,00	
Pneumatique	0,00	0,00		0,58	17,40	
Autres	83,33	3299,90		0,00	0,00	
Total	89,01	3470,30		1,83	174,30	
CM Total/an (Dh)	<b>4550,30</b>			<b>1254,30</b>		

Les coûts sont scindés en coût de maintenance préventive et corrective des équipements.

Les coûts de maintenance préventive sont égaux pour les deux années 2013 et 2014 dans la presse hydraulique PRH-05 car le service maintenance suit le même plan pour la maintenance préventive.

Les coûts de la maintenance pour l'année 2014 sont quadruplés par rapport à l'année 2013, mais après avoir examiné la ligne qui est en couleur, on s'est rendu compte que la machine avait subit une révision qui a durée deux semaines. Ainsi cette ligne exceptionnelle doit être supprimée pour que les calculs soient cohérents. Donc après cette rectification, le tableau suivant est proposé :

**Tableau 26 : Comparaison des CM de PRH-05 pour 2013 et 2014 après rectification**

Année	2014			2013		
Type de panne	Temps d'interv Ti (h/an)	CMc/an ( Dh)	CMp/an (Dh)	Temps d'interv Ti (h/an)	CMc/an (Dh)	CMp/an (Dh)
Mécanique	1,00	30,00	1080,00	0,33	9,90	1080,00
Electrique	3,35	100,50		0,92	147,00	
Hydraulique	1,33	39,90		0,00	0,00	
Pneumatique	0,00	0,00		0,58	17,40	
Total	5,68	170,40		1,83	174,30	
CM Total/an (Dh)	<b>1250,40</b>			<b>1254,30</b>		

Après la rectification, on remarque que les coûts de la maintenance de 2013 et 2014 sont presque les mêmes et faibles, cela signifie que le comportement de la presse hydraulique PRH-05 est justement bon en terme de coût.

**Chapitre 5:**  
**Recherche des causes et Proposition des solutions**

## I. Recherche des causes possible

### 1. Brainstorming :

Dans un problème donné, le brainstorming permet d'élargir les champs de réflexion pour capter toutes les idées des causes possibles.

L'outil est utilisé dans le cas présent pour la collecte de toutes les causes possibles pouvant entraîner des problèmes qu'ils soient de nature cisaillement, réglage ou usure. Ainsi on est parvenu à dégager une trentaine des causes potentielles qui peuvent entraîner une indisponibilité de la machine.

Reglage	cisaillement	Usure
vibration	surcharge	présence de poussière
pièce mal monté	mauvaise qualité de la matière de la pièce	mauvaise qualité de matière des pièces
usure des filtage	manque de formation de l'opérateur sur la machine	surcharge
fatigue des composants	graissage insuffisant	pièces mal montées
surcharge de l'équipement	manque de nettoyage	huile de lubrification non homogène
variation de température	présence de poussière	oxydation
manque d'expérience de l'opérateur	vibration	vieillessement des pièces
pièce moins serrée	pièce mal montée	lubrification insuffisante
changement de rivet	mauvaise qualité huile de graissage	blocage du pousse rivet
mauvaise manipulation de la pédale	Le dimensionnement des pièces de rechange n'est pas bien approprié	jeu entre arbre et son alésage
manque d'alimentation	fatigue des composants	présence des impuretés dans l'huile de graissage
jeu inconvenable entre composants	mauvaise methode	mauvaise état de surface
oxydation des pièces	oxydation des pièces	corrosion
manque de motivation	perte des caractéristiques lubrifiants de l'huile	vibration
manque de planification	élévation température	humidité
manque d'organisation	défaut de fabrication	manque de motivation
manque de support élastique	manque de motivation	manque de planification
	manque de planification	manque d'organisation
	manque d'organisation	manque de support élastique
	manque de support élastique	équipement mal isolé face à la poussière
	équipement mal isolé face à la poussière	

### 2. Analyse des sous ensembles :

Le tableau ci-dessous regroupe les éléments et sous ensembles de la riveteuse RVA-02 ayant connu des problèmes de cassure, réglage ou usure ainsi que le nombre de fois qu'ils ont eu une défaillance.

Problème mécanique	Sous ensemble	Fréquence (2014)
Réglage	glissière	5
	Système de centrage rivet	3
	barre pousse rivet	1
	alimentateur vibratoire pour rivet	1
	clavette	1
	verin	1
	poinceau	1
	distributeur	1
	soupape pneumatique	1
	écrous supportant les cames	1
Cassure	Glissière	2
	barre pousse rivet	2
	alimentateur vibratoire pour rivet	1
	clavette	1
	pédale	1
Usure	clavette	5
	glissière	2
	écrou	1

Remarque :

En se basant sur le tableau ci-dessus, on aperçoit que la clavette, la glissière, la barre pousse rivet rencontrent le plus des problèmes par rapport aux autres.

### 3. Diagramme causes/effet

#### a. Définition de diagramme causes/effet ou Ishikawa

C'est un outil permettant de visualiser de façon ordonnée les causes conduisant à un effet constatant que l'on cherche à analyser.

Le diagramme « causes / effet » est aussi appelé diagramme en arête de poisson, arbre des causes ou diagramme d'Ishikawa, du nom de son inventeur : le japonais Kaoru Ishikawa.

C'est la représentation graphique d'une méthode d'analyse dite méthode des « **5M** » (abréviation de **Main d'œuvre, Matériel, Matière, Méthodes, Milieu**) destinée à mettre en évidence les liens de causalité entre les éléments conduisant à un même effet.

Il est utilisé pour la maîtrise de la qualité et est souvent employé par les cercles de qualité pour ordonner des idées émises lors d'une séance de remue-méninges (brainstorming).

Il est utilisé également pour les études concernant la maintenance, la fiabilité...

Pour favoriser la recherche, la méthode des 5M est couramment utilisée. Elle permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes. Toute autre organisation mieux adaptée au problème peut, bien entendu, être utilisée.

✚ **Machines** : c'est tout ce qui nécessite un investissement, du matériel, des locaux, du gros outillage.

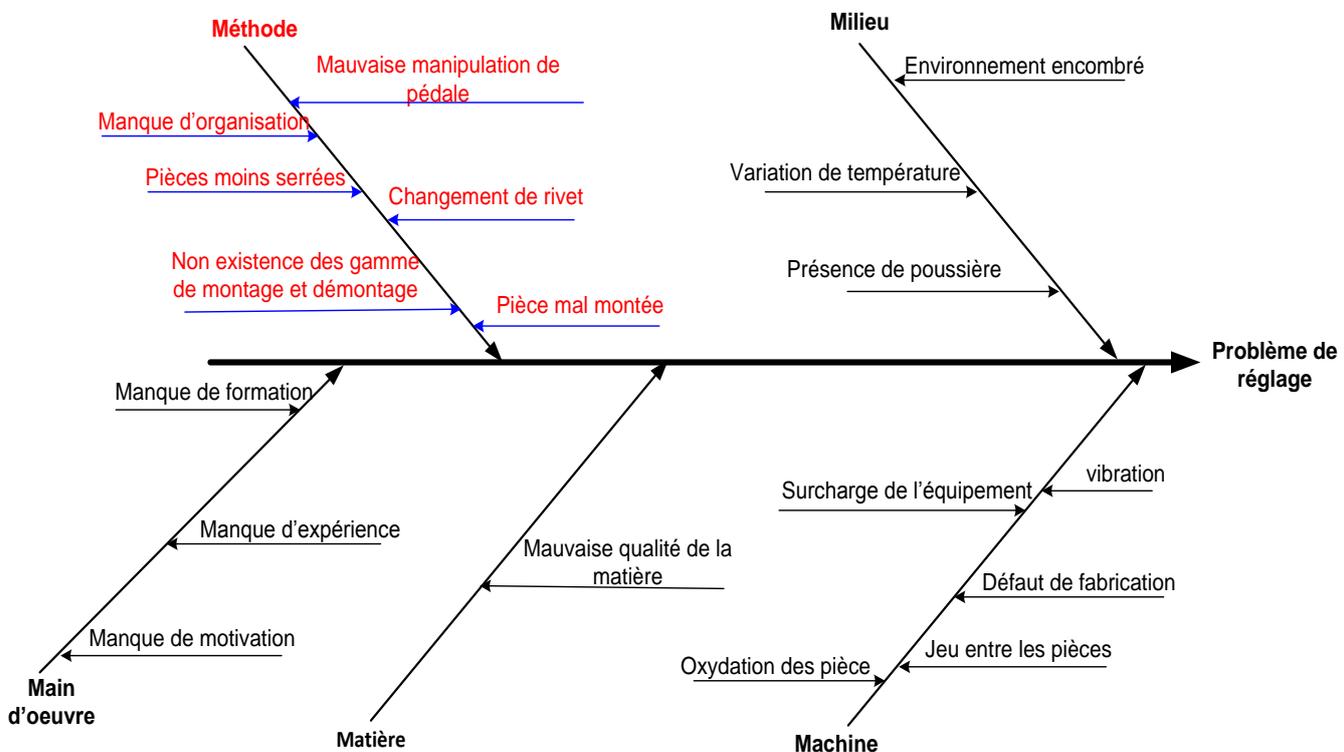
✚ **Main d'œuvre** : c'est l'ensemble du personnel

- ✚ **Méthodes** : ce sont les gammes, les modes d'emploi, les notices, les instructions écrites ou non.
- ✚ **Matières** : c'est tout ce qui est consommable (les matières premières, les fluides, les énergies).
- ✚ **Milieu** : c'est l'environnement physique et humain. Les conditions de travail, l'ergonomie, les relations, les clients, problèmes de fournisseurs.

### b. L'application de l'Ichikawa

Dans le but de visualiser les causes, un tableau d'Ishikawa est établi sur lequel on peut voir la provenance des causes dans les 5M pour les trois types de problème mécanique réglage, usure et cassure.

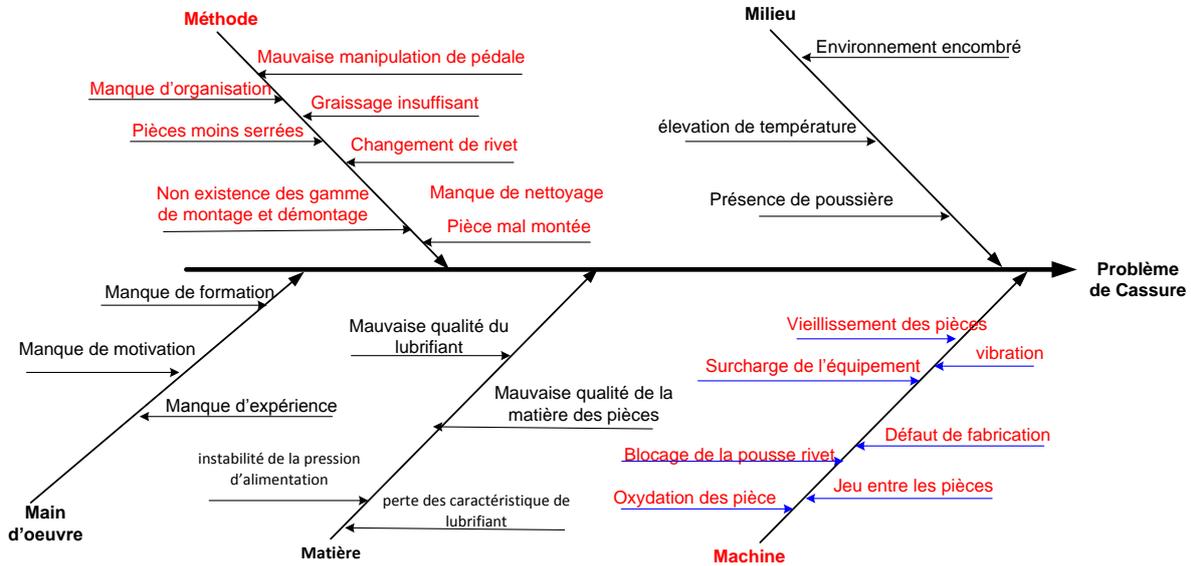
#### i. Problème de réglage :



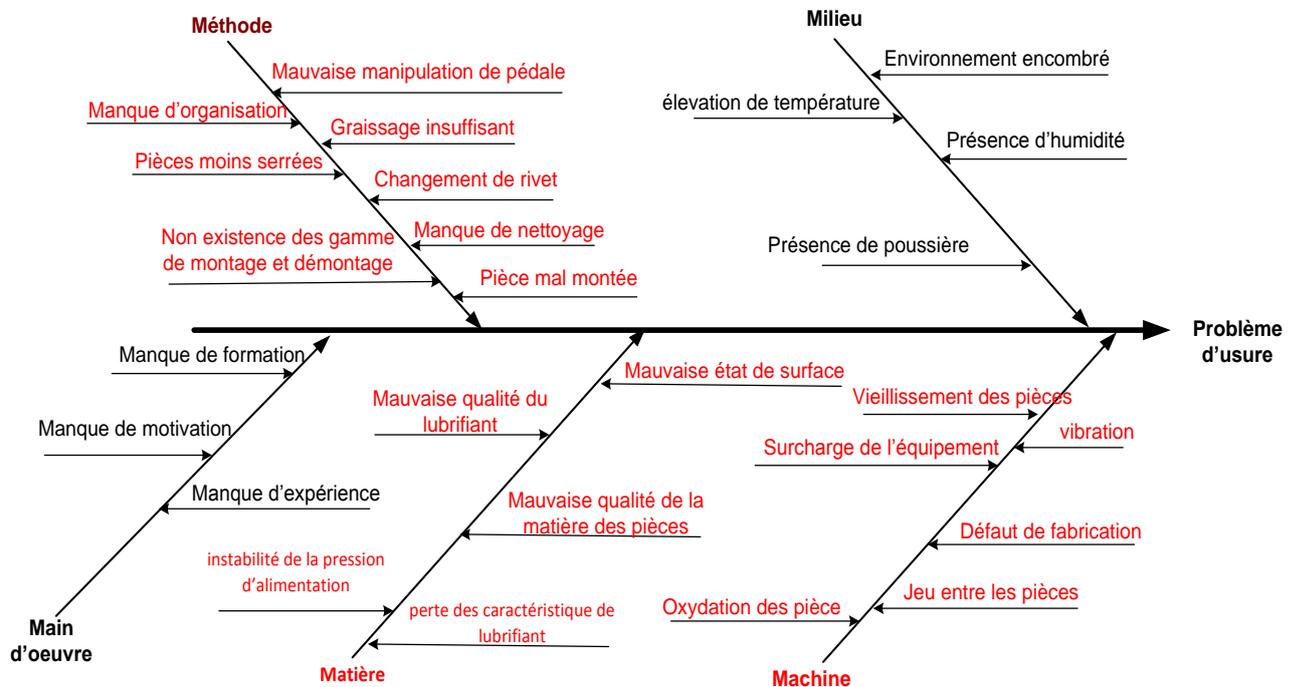
D'après le diagramme d'ISHIKAWA, il est apparu que les causes liées à la méthode sont très nombreuses par contre les causes liées à la matière sont d'une quantité faible.

ii. Problèmes de cisaillement

D'après le diagramme d'ISHIKAWA, il s'est apparu que les causes liées à la méthode et à la machine sont très nombreuses par contre les causes liées à la matière sont d'une quantité faible.



iii. Problèmes d'usure :



D'après le diagramme d'ISHIKAWA, il s'est apparu que les causes liées à la main d'oeuvre et au milieu sont faibles alors que les autres sont d'une quantité importante.

#### 4. Validation des causes principales :

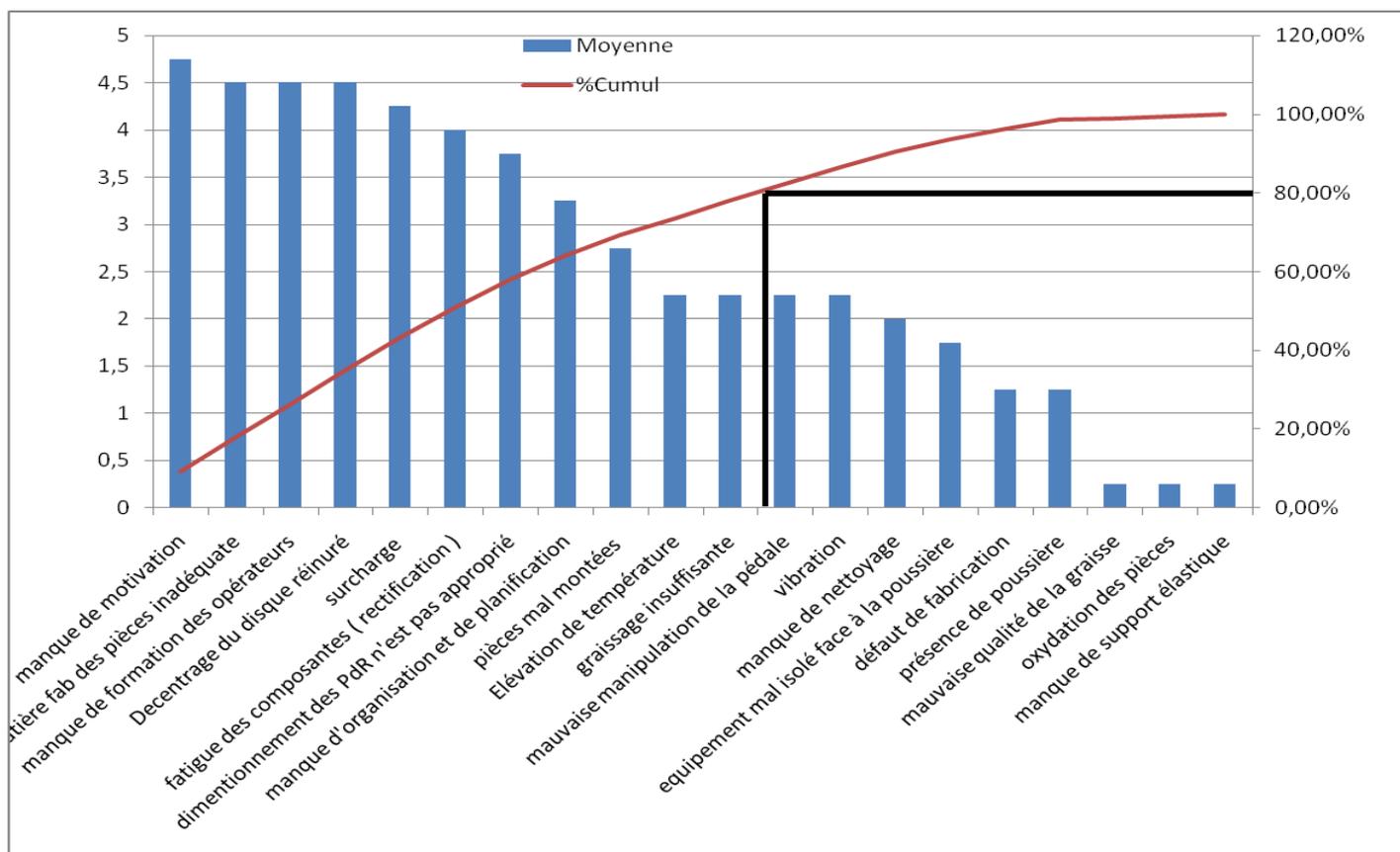
Pour hiérarchiser les causes, nous avons procédé à un vote pondéré dans lequel chaque participant (agents de la maintenance) donne une note sur 5 à la cause qui lui semble la plus appropriée au problème, puis nous avons calculé la moyenne.

La notation se fait, selon le cas de sa probabilité d'apparition, de la manière suivante :

Note	niveau d'appréciation
0	Cause Pas probable du tout
1	Cause Peu probable
2	Cause probable
3	Cause assez probable
4	Cause très probable
5	Cause presque certaine

##### a. Causes liées à la cassure

Cisaillement	Note /5				Moyenne	%Moyenne	Cumul	%Cumul
	abdelwahhab	rachid	abdelhek	mehdi				
les participants								
manque de motivation	5	5	5	4	4,75	9,09%	4,75	9,09%
qualité de matière fab des pièces inadéquate	5	5	3	5	4,5	8,61%	9,25	17,70%
manque de formation des opérateurs	5	5	5	3	4,5	8,61%	13,75	26,32%
Decentrage du disque réinuré	5	5	4	4	4,5	8,61%	18,25	34,93%
surcharge	5	5	4	3	4,25	8,13%	22,5	43,06%
fatigue des composantes ( rectification )	4	3	5	4	4	7,66%	26,5	50,72%
dimentionnement des PdR n'est pas approprié	4	4	4	3	3,75	7,18%	30,25	57,89%
manque d'organisation et de planification	4	5	3	1	3,25	6,22%	33,5	64,11%
pièces mal montées	3	1	3	4	2,75	5,26%	36,25	69,38%
Elévation de température	2	2	3	2	2,25	4,31%	38,5	73,68%
graissage insuffisante	3	2	3	1	2,25	4,31%	40,75	77,99%
mauvaise manipulation de la pédale	2	2	2	3	2,25	4,31%	43	82,30%
vibration	5	0	2	2	2,25	4,31%	45,25	86,60%
manque de nettoyage	1	2	3	2	2	3,83%	47,25	90,43%
équipement mal isolé face à la poussière	3	3	0	1	1,75	3,35%	49	93,78%
défaut de fabrication	0	2	3	0	1,25	2,39%	50,25	96,17%
présence de poussière	0	1	3	1	1,25	2,39%	51,5	98,56%
mauvaise qualité de la graisse	0	0	1	0	0,25	0,48%	51,75	99,04%
oxydation des pièces	0	0	1	0	0,25	0,48%	52	99,52%
manque de support élastique	0	0	1	0	0,25	0,48%	52,25	100,00%



**Diagramme 9 : Classification des causes de cassure des pièces des riveteuses**

Dans le but de bien expliciter l'exposition des causes responsables de la cassure, on s'est servi de la méthode 20/80. Ainsi il est apparu que les priorités d'action pour l'élimination ou la réduction des causes qui entraînent les problèmes de cassure doivent commencer par les causes suivantes :

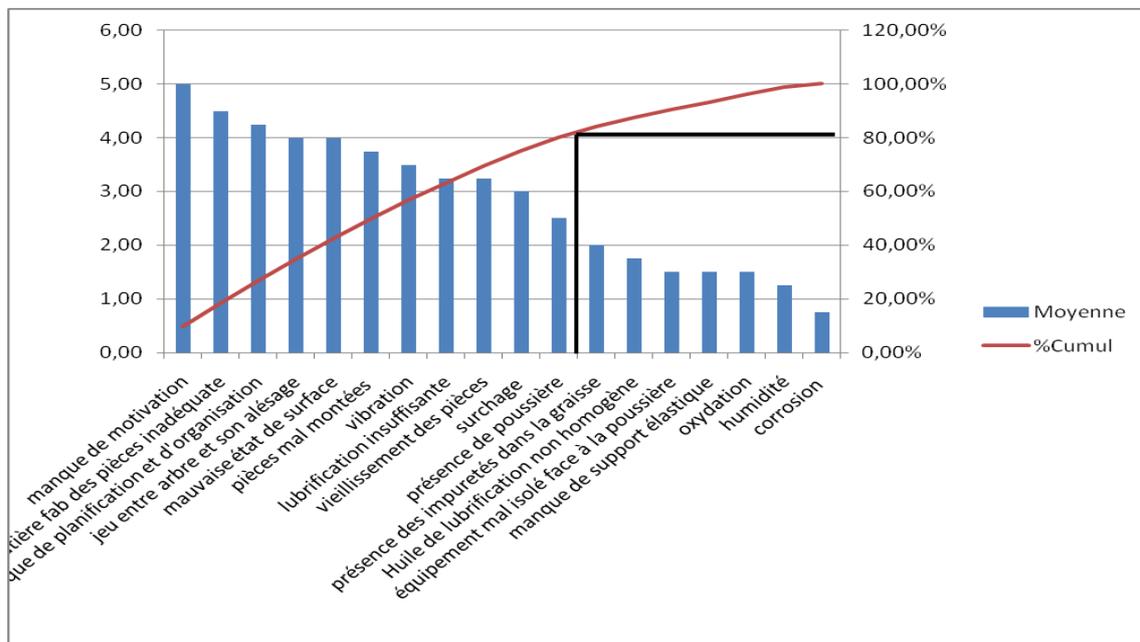
- ✓ La motivation
- ✓ La matière 1<sup>ère</sup> des pièces de rechange
- ✓ La formation des opérateurs
- ✓ Le décentrage du disque rainuré
- ✓ La surcharge
- ✓ La fatigue des composantes par plusieurs rectifications
- ✓ Le dimensionnement des pièces de rechanges
- ✓ La planification et l'organisation des actions
- ✓ La température de la machine

Les causes citées ci-dessus représentent 80% des pannes dues aux cassures, ainsi des solutions apportées à ces dernières afin de garantir une meilleure disponibilité de la machine.

**b. Causes liées à l'Usure :**

Usure	Note /5				Moyenne	%Moyenne	%Cumul
	abdelwahhab	rachid	abdelhek	mehdi			
les participants							
manque de motivation	5	5	5	5	5,00	9,76%	9,76%
qualité de matière fab des pièces inadéquate	5	4	4	5	4,50	8,78%	18,54%
manque de planification et d'organisation	4	4	4	5	4,25	8,29%	26,83%
jeu entre arbre et son alésage	5	4	3	4	4,00	7,80%	34,63%
mauvaise état de surface	4	5	3	4	4,00	7,80%	42,44%
pièces mal montées	4	3	3	5	3,75	7,32%	49,76%
vibration	3	3	4	4	3,50	6,83%	56,59%
lubrification insuffisante	3	2	4	4	3,25	6,34%	62,93%
vieillessement des pièces	4	4	3	2	3,25	6,34%	69,27%
surchage	2	3	4	3	3,00	5,85%	75,12%
présence de poussière	1	3	4	2	2,50	4,88%	80,00%
présence des impuretés dans la graisse	1	2	4	1	2,00	3,90%	83,90%
Huile de lubrification non homogène	2	1	1	3	1,75	3,41%	87,32%
équipement mal isolé face à la poussière	0	2	1	3	1,50	2,93%	90,24%
manque de support élastique	0	1	3	2	1,50	2,93%	93,17%
oxydation	0	0	3	3	1,50	2,93%	96,10%
humidité	0	1	1	3	1,25	2,44%	98,54%
corrosion	0	0	2	1	0,75	1,46%	100,00%

A partir du tableau, on a pu sortir les causes principales qui représentent 80% des causes qui entraînent les problèmes d'usure.



**Diagramme 10 : Classification des causes d'usure**

D'après le diagramme Pareto ci-dessus montre clairement que les causes classifiées comme suit :

- ✓ Manque de motivation
- ✓ Qualité de la matière première est inadéquate

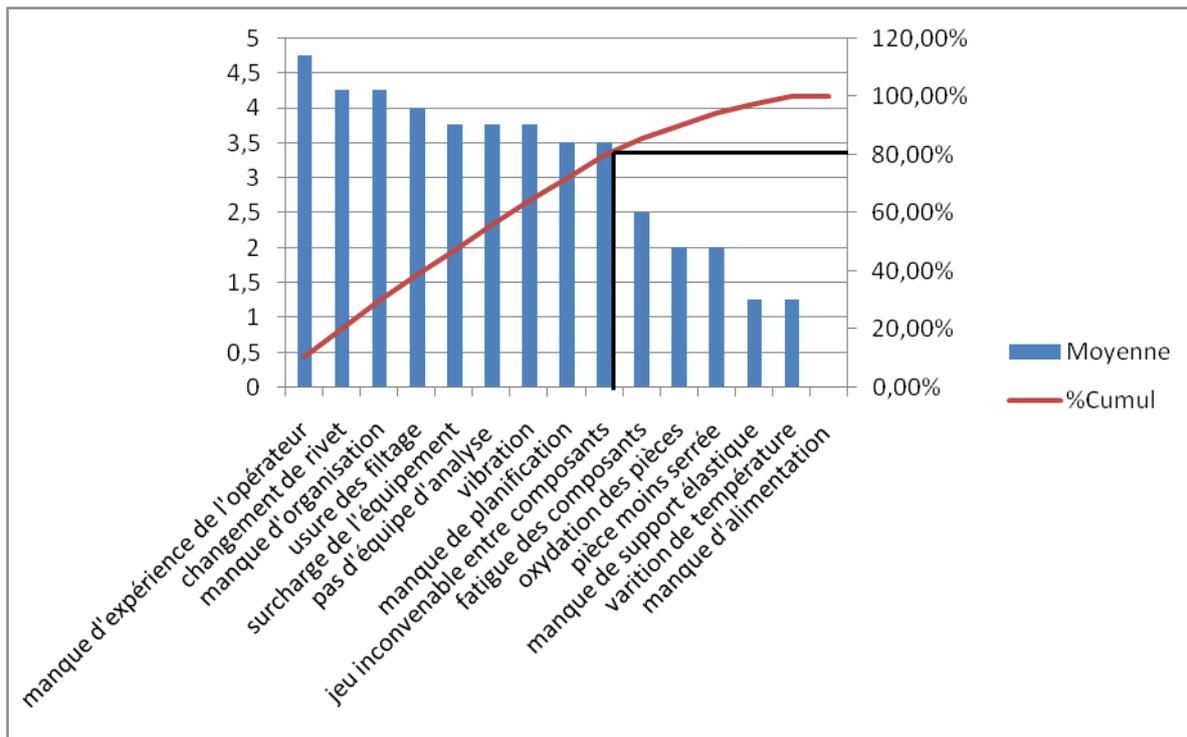
- ✓ Manque de planification et d'organisation
- ✓ Jeu entre arbre et alésage
- ✓ Mauvaise état de surface
- ✓ Pièce mal montée
- ✓ Vibration
- ✓ Lubrification insuffisante
- ✓ Vieillessement des pièces
- ✓ Présence de poussière

Sont responsables de 80% des problèmes d'usure.

*c. Causes liées au Réglage :*

Réglage	Note /5				Moyenne	%Moyenne	%Cumul
	abdelwahhab	rachid	abdelhek	mehdi			
Participants							
manque d'expérience de l'opérateur	5	4	5	5	4,75	10,67%	10,67%
changement de rivet	5	4	3	5	4,25	9,55%	20,22%
manque d'organisation	4	4	5	4	4,25	9,55%	29,78%
usure des filtage	5	4	3	4	4	8,99%	38,76%
surcharge de l'équipement	3	4	5	3	3,75	8,43%	47,19%
pas d'équipe d'analyse	3	4	5	3	3,75	8,43%	55,62%
vibration	5	3	3	4	3,75	8,43%	64,04%
manque de planification	3	3	4	4	3,5	7,87%	71,91%
jeu inconvenable entre composants	3	4	3	4	3,5	7,87%	79,78%
fatigue des composants	2	2	4	2	2,5	5,62%	85,39%
oxydation des pièces	2	1	2	3	2	4,49%	89,89%
pièce moins serrée	1	2	2	3	2	4,49%	94,38%
manque de support élastique	1	1	2	1	1,25	2,81%	97,19%
variation de température	1	0	2	2	1,25	2,81%	100,00%

Le tableau ci-dessus classe les causes des problèmes de réglage en ordre décroissant selon leur moyenne des notes obtenues à partir du vote pondéré.



**Diagramme 11 : classification des causes de Réglage**

D'après le diagramme Pareto ci-dessus, il s'est avéré que les causes classifiées ci-après :

- ✓ Manque d'expérience de l'opérateur
- ✓ Changement de rivet
- ✓ Usure des filetages
- ✓ Surcharge de l'équipement
- ✓ Vibration
- ✓ Jeu inconvenable entre composante

Représentent 80% des causes qui entraînent les problèmes de réglage.

## II. Recherche des solutions :

### 1. Brainstorming

L'outil brainstorming est utilisé encore une fois dans cette étape pour la recherche de toutes les solutions possibles. Ainsi on a pu dégager plusieurs solutions pour remédier les problèmes de réglage, cassure et usure. Le tableau suivant illustre cela.

Nature du problème	Solutions proposées
Réglage	faire des formations pour l'opérateur de la machine et les technicien de maintenance
	augmenter l'effectif du service
	enregistrer les causes de réglage pour faire un retour d'expérience
	informer l'opérateur sur les causes des pannes
	Reconnaitre même avec des mots d'éloge en honneur du technicien qui a parvenu à résoudre un grand
	recruter un expert dans le domaine pour conduire l'équipe
	ne pas permettre l'intervention d'un opérateur ou un technicien non expérimenté sans être assisté
	organiser les riveteuses pour chaque type de rivet et ainsi réduire la fréquence élevée de
	revoir la conception de la riveteuse en la dotant de plusieurs glissières
	créer un environnement d'échange d'idée au sein du service pour que les techniciens ressentent qu'ils sont
	éviter trop de dépannages qui nécessiteront des réglages après
	insister le respect du dimensionnement des pièces de rechange
	doter une place fixe de la machine et éviter les déplacements fréquents
	prévoir des primes pour le technicien qui vient avec une action de rénovation
	former un équipe d'analyse au sein du service maintenance
	assurer une formation pour l'équipe de maintenance sur l'analyse et la résolution des problèmes
	établir des indicateurs permettant de mesurer l'évolution de la maintenance
	Equiper le service de tous les moyens nécessaires afin de répondre efficacement
Usure	insister sur la bonne qualité de la matière 1ère des PDR
	Respecter le dimensionnement des PDR
	Controler les PDR avant montage
	augmenter l'effectif du service
	respecter le temps de graissage
	Reconnaitre même avec des mots d'éloge en honneur de l'opérateur qui a parvenu à résoudre un
	éviter plusieurs rectification des pièces
	intégrer un capteur pour mesurer l'usure de la clavette
	créer un environnement d'échange d'idée au sein du service pour que les techniciens ressentent
	utilisation des vices de bonne qualité
	prévoir des primes pour le technicien qui vient avec une action de rénovation
	faire le nettoyage d'une manière permanente
	éviter la présence de la poussière
	Bien préciser sur le cahier de charge les caractéristiques nécessaire de la matière 1ère
	Bien vérifier la non existence de jeu entre deux éléments de liaison

<b>Cassure</b>	intégrer une bonne qualité de matière première des pièces
	respecter les dimensionnement des pièces
	Reduire la rectification très élevée des PdR en ne rectifiant qu'une seule fois par exemple
	augmenter la fréquence de graissage
	prévoir des primes pour le technicien qui vient avec une action de rénovation
	créer un environnement d'échange d'idée au sein du service pour que les techniciens ressentent qu'ils sont aussi écoutés
	augmenter l'effectif du service
	Reconnaître même avec des mots d'éloge en honneur de l'opérateur qui a parvenu à résoudre un grand problème
	insister sur la formation des opérateurs de l'équipement et des techniciens de maintenance
	alléger le temps de travail de la machine par la mise en place d'une autre machine de réserve
	nettoyer régulièrement la machine
	équiper l'entreprise des aspirateurs pour se débarrasser de la poussière
	Bien vérifier la non existence de jeu entre deux éléments de liaison
	mettre à disposition de manuel qui explique la manière de réparation
	limiter le nombre de réutilisation des pièces
	planifier le changement périodique de la barre pousse rivet, de la glissière et de la clavette
	éviter trop d'actions de dépannage
	faire un contrôle à temps régulière pour le disque rainuré
intégrer un capteur pour le commande disque rainuré et la barre pousse rivet	

## 2. Evaluation des solutions :

Dans un premier temps on va définir les critères d'évaluation des solutions.

Les critères choisis sont l'efficacité, simplicité et l'économie sont liées à la stratégie de l'entreprise.

Ensuite après savoir tous les solutions possibles qui peuvent résoudre les problèmes de la riveteuse RVA-02 et pour cela on va choisir des critères d'évaluations de ces solutions on utilise la MATRICE (vote pondéré) ces critères d'évaluation doivent être établis "à froid", c'est-à-dire avant le choix de solutions qui relèvent d'un processus souvent passionnel et subjectif

<i>Les participants</i>	<i>Les critères</i>		
	<i>Efficacité</i>	<i>Simplicité</i>	<i>Economie</i>
R. qualité	3	2	3
R. production	3	3	2
Mohamed	3	2	2
Salim	3	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

Après avoir établi les critères, on passe au vote proprement dit. Chacun des participants donne une note qui lui semble appropriée à la solution par rapport au critère. Ensuite les notes sont multipliées par les coefficients et additionnés. Ainsi les solutions sont classées par rapport aux notes totales obtenues.

Cette démarche est réalisée à chacune des solutions proposées pour la résolution des problèmes de Cassure, Usure et Réglage de la riveteuse RVA-02.

**a. Cassure :**

Le tableau ci-dessous donne les solutions pour remédier les problèmes de cassures. Ces solutions sont classées selon la note totale la plus élevée tenant comptes de notes des critères choisis.

les solutions pour la cassure	MOHAMED			SALIM			la somme			TOTAL
	efficacité	simplicité	économie	efficacité	simplicité	économie	efficacité (C=12)	simplicité (C=9)	économie (C=8)	
intégrer une bonne qualité de matière première des pièces	3	3	3	2	3	3	60	54	48	162
respecter les dimensionnement des pièces	3	3	3	2	3	3	60	54	48	162
limiter le nombre de réutilisation des pièces	3	3	2	2	3	3	60	54	40	154
Reduire la rectification très élevée des PdR en ne rectifiant qu'une seule fois par exemple	2	2	2	3	3	3	60	45	40	145
augmenter la fréquence de graissage	3	2	2	3	2	2	72	36	32	140
insister sur la formation des opérateurs de l'équipement et des techniciens de maintenance	3	1	1	2	3	3	60	36	32	128
nettoyer régulièrement la machine	1	3	2	3	3	1	48	54	24	126
Bien vérifier la non existence de jeu entre deux éléments de liaison	2	3	2	1	2	3	36	45	40	121
mettre à disposition de manuel qui explique la manière de réparation	2	1	1	3	3	2	60	36	24	120
éviter trop d'actions de dépannage	1	3	2	3	2	1	48	45	24	117
faire un contrôle à temps régulière pour le disque rainuré	2	1	1	2	2	3	48	27	32	107
intégrer un capteur pour le commande disque rainuré et la barre pousse rivet	3	1	1	3	1	1	72	18	16	106
alléger le temps de travail de la machine par la mise en place d'une autre machine de réserve	2	1	1	3	2	1	60	27	16	103

**b. Usure :**

Le tableau ci-dessous donne les solutions pour remédier les problèmes d'usure. Ces solutions sont classées selon la note totale la plus élevée tenant comptes de notes des critères choisis.

les solutions pour l'usure	MOHAMED			SALIM			la somme			TOTAL
	efficacité	simplicité	économie	efficacité	simplicité	économie	efficacité (C=12)	simplicité (C=9)	économie (C=8)	
insister sur la bonne qualité de la matière 1ère des PDR	3	2	2	2	3	3	60	45	40	145
Bien préciser sur le cahier de charge les caractéristiques nécessaire de la matière 1ère	3	2	2	2	3	3	60	45	40	145
Controler les PDR avant montage	3	2	3	2	2	3	60	36	48	144
éviter plusieurs rectification des pièces	3	3	1	3	3	1	72	54	16	142
Bien vérifier la non existence de jeu entre deux éléments de liaison	3	1	2	3	2	3	72	27	40	139
Respecter le dimensionnement des PDR	3	2	3	2	2	2	60	36	40	136
faire le nettoyage d'une manière permanente	2	2	2	3	2	3	60	36	40	136
respecter le temps de graissage	2	2	2	2	2	3	48	36	40	124
intégrer un capteur pour mesurer l'usure de la clavette	2	2	1	3	2	1	60	36	16	112
utilisation des vices de bonne qualité	2	3	2	1	1	1	36	36	24	96
éviter la présence de la poussière	2	1	1	2	1	2	48	18	24	90

### c. Réglage :

Le tableau ci-dessous donne les solutions pour remédier les problèmes de réglage. Ces solutions sont classées selon la note totale la plus élevée tenant comptes de notes des critères choisis.

les solutions pour le réglage	MOHAMED			SAUM			la somme			TOTAL
	efficacité	simplicité	économie	efficacité	simplicité	économie	efficacité (C=12)	simplicité (C=9)	économie (C=8)	
faire une formation pour l'opérateur de la machine et les technicien de maintenance	3	3	1	3	2	2	72	45	24	141
enregistrer les causes de réglage pour faire un retour d'expérience	3	3	3	2	2	3	60	45	48	153
informer l'opérateur sur les causes des pannes	3	3	3	3	3	3	72	54	48	174
recruter un expert dans le domaine pour conduire l'équipe	2	2	1	3	2	2	60	36	24	120
ne pas permettre l'intervention d'un opérateur ou un technicien non expérimenté sans être assisté	2	1	1	3	3	3	60	36	32	128
organiser les riveteuses pour chaque type de rivet et ainsi réduire la fréquence élevée de changement de rivets	3	1	2	2	2	3	60	27	40	127
revoir la conception de la riveteuse en la dotant de plusieurs glissières	3	1	1	3	1	1	72	18	16	106
éviter trop de dépannages qui nécessiteront des réglages après	3	1	3	2	2	2	60	27	40	127
insister le respect du dimensionnement des pièces de rechange	3	2	3	2	3	3	60	45	48	153
doter une place fixe pour la machine et éviter les déplacements fréquents	3	2	3	1	3	3	48	45	48	141
former un équipe d'analyse au sein du service maintenance	3	2	1	3	3	2	72	45	24	141
assurer une formation pour l'équipe de maintenance sur l'analyse et la résolution des problèmes	3	1	1	3	2	2	72	27	24	123
établir des indicateurs permettant de mesurer l'évolution de la maintenance	2	1	1	3	2	3	60	27	32	119
Equiper le service de tous les moyens nécessaires afin de répondre efficacement	3	3	2	3	3	1	72	54	24	150

### III. Application des solutions sur les résultats d'analyse

L'étude entreprise dans le chapitre précédent a permis de découvrir les problèmes des machines étudiées mais aussi les causes associées. Dans cette étape, on a proposé des solutions aux causes principales pour éliminer ou réduire le taux élevé des arrêts de machines causé par les défaillances.

#### 1. Volet gestion de la maintenance

Au cours de la recherche des causes des pannes des machines détectées, plusieurs causes ont pu être dégagées grâce à l'outil Brainstorming dont seulement neuf ont été sélectionnées, à l'aide de différents outils d'évaluation, pour être représentatives.

Dans le tableau suivant, on peut trouver chacune des causes principales associée avec une ou plusieurs solutions.

#### a. Corps de métier

Se basant sur les entretiens et sondage effectués au sein de l'atelier de maintenance, on s'est aperçu qu'il y a manque de motivation en ce concerne les agents de maintenance. Pour ce constat l'entreprise semble contrainte d'entreprendre les actions suivantes :

- ✓ Prévoir des primes pour le technicien qui vient avec une innovation ou une bonne idée
- ✓ Reconnaître même avec des mots de remerciement et d'encouragement pour le technicien ayant résolu un problème significatif.

- ✓ Créer un environnement dans lequel tous les agents de maintenance se sentent qu'ils sont là à contribuer pour l'amélioration et non pas seulement à exécuter des ordres.

## 2. Volet économique

Dans l'étude économique effectuée précédemment n'est pas vraiment complet sur le fait qu'on a eu accès à la marge bénéficiaire, de ce fait on ne peut pas décider sur des actions à entreprendre dans le plan économiques. On s'intéresse seulement aux résultats des coûts de la maintenance et faire des interprétations mais également des suggestions si nécessaire.

Le tableau ci-dessous résume les différents coûts engagés en maintenance pour les riveteuses et les presses hydrauliques étudiés entre 2013 et 2014.

**Tableau 27 : Coûts de maintenance pour les riveteuses et les presse hydraulique**

Année	2013				2014			
	RVA-01	RVA-02	PRH-01	PRH-05	RVA-01	RVA-02	PRH-01	PRH-05
Coût annuel								
CMp (Dhs)	153,2	540	153	1080	1190,4	540	1190	1080
CMc (Dhs)	1205	194,2	1205	174	6267,5	1870,6	6267,5	3470
CM (Dhs)	<b>1358,2</b>	<b>734,2</b>	<b>1358</b>	<b>1254</b>	<b>7457,9</b>	<b>2410,6</b>	<b>7457,5</b>	<b>4550</b>

La première remarque qu'on peut faire sur le tableau ci-dessus est que les coûts engagés en 2014 pour la maintenance ont vraiment augmenté de manière exorbitante pour l'ensemble des machines étudiées. La riveteuse RVA-01 respectivement la presse hydraulique PRH-01 restent plus critiques en terme de coût par rapport à la riveteuse RVA-02 et la presse hydraulique PRH-05.

L'équipement qui a entraîné des dépenses élevés pour son entretien et la presse hydraulique PRH-05, soit un coût annuel de 7458 Dhs c'est-à-dire un coût mensuel de 621.5 Dhs. Par rapport au coût de la machine en question, il n'y a pas vraiment intérêt à considérer ce coût, toutefois il faut se rappeler que ces coûts se multiplient d'une année à l'autre dans un premier cas, et dans second cas les coûts de non production ne sont pas intégrés dans les calculs.

## Conclusion

Durant la période de stage, il a été possible de réaliser certaines activités qu'on espère être contribuable à l'assurance d'une disponibilité permanente des équipements étudiés.

Suite à des entretiens avec les techniciens de maintenance, des visites réalisées sur les lieux des machines, mais surtout les diagnostics faits à partir des données historiques qui sont à notre disposition, nous avons constaté des problèmes pouvant avoir une influence sur la disponibilité des machines. Une démarche de recherche et d'évaluation des causes des pannes ont été entreprise permettant ainsi à déterminer les causes principales qui entraînent les arrêts des machines.

Ainsi plusieurs solutions ont été apportées pour faire faces aux causes responsables des pannes. La mise en place de ces différentes solutions permette de réduire la fréquence élevée des pannes par conséquent améliorer la disponibilité des machines. Par ailleurs, il faut noter que la recherche des causes et des solutions n'a pas pu être appliquée à tous les équipements à cause de la courte durée de notre stage. Les solutions envisagées sont destinées aux riveteuses plus particulièrement à la riveteuse RVA-02 mais ces dernières peuvent être généralisées aussi à la riveteuse RVA-01 puisque une étude de comparaisons faite précédemment, ne différencie pas beaucoup la riveteuse RVA-02 à la riveteuse RVA-01 (voir Tableau 15 page 39). Nous souhaitons continuer les études avec les autres machines une fois que l'occasion se présente.

Enfin le stage réalisé au sein de la société CIOB nous a permis de se familiariser avec le monde du travail et d'être au sein des milieux socioprofessionnels. Cela a permis de traduire en pratique, les bagages théoriques acquis durant notre cursus universitaire. Ainsi nous nous estimons être à la hauteur d'intégrer le monde des entreprises et d'affronter les défis auxquels elles sont exposées avec confiance et sérénité.

## Annexes :

Le tableau ci-dessous relate le détail des différents pannes de la riveteuse RVA-02 pendant l'année 2014 ainsi les couts de main d'œuvre, les pièce de rechange et les différents opération exécutés sur l'atelier de fabrication mécanique pour chaque panne .

Historique des pannes et des interventions de l'année 2014											
Equipement		RVA-02									
date		Désignation des travaux exécutés	Temps passé en heure					heure d'arrêt machine	Coûts en Dhs		
Jour	mois		mécanique	électrique	Pneu	hydr	autres		M.O	PDR	OP sur AFM
6	Janv	Changement de vis d'alimentateur	0,33					0,4	9,9		
16	Janv	Serrage de tige verin	0,41					0,5	12,3		
21	Janv	Centrage du disque rainuré	0,33					0,36	9,9		
14	Fev	Réglage de l'alimentateur de rivet	0,5					0,5	15		
22	Fev	Soudage clavette	2					2,11	60		60
25	Fev	Réglage des vis de fin course			0,42			0,5	0		
3	Mars	CHangement de Fusible		0,25				0,33	0	4	
4	Mars	Changement de gougeon	2,42					2,5	72,6		
5	Mars	Centrage du disque rainuré	1					1,2	30		
5	Mars	Changement de ressort clavette	1,83					1,83	54,9		
8	Mars	Soudage clavette	3,67					3,67	110,1		110,1
11	Mars	Soudage clavette	0,8					0,97	24		7,5
20	Mars	Soudage clavette	0,58					0,83	17,4		17,4
21	Mars	Centrage du disque rainuré	0,33					0,42	9,9		
21	Mars	Centrage du tige verin	0,25					0,33	7,5		
25	Mars	Soudage clavette	2,58					2,75	77,4		
28	Mars	Rectification clavette	1,83					3,17	54,9		
31	Mars	Rectification poinçon	1,71					1,83	51,3		
1	Avr	Rectification De la glissière	5,17					5,25	155,1		
7	Avr	Rectification fin de course			0,67			0,67	0		
8	Avr	Rectication de la glissière	0,25					0,38	7,5		
14	Avr	Centrage du disque rainuré	0,67					0,78	20,1		
22	Avr	changement de pousse rivet	1,08					1,33	32,4	4	
6	Mai	Centrage du guide rivet	0,93					1,1	27,9		
13	mai	Centrage de guide rivet	0,5					0,6	15		
19	Mai	Rectification des bagues	1,42					1,42	42,6		
20	Mai	Changeevbment de guide rivet	0,83					0,92	24,9	4	
20	Mai	Réparation soupape pneumatique	0,25					0,25	7,5		
26	Mai	Changement t de guide rivet	0,63					0,67	18,9	4	
26	Mai	serrage des écrous	0,67					0,8	20,1		
10	Juin	Réparation cable élect	0,42	0,42				0,5	12,6		
10	Juin	Réparation du distributeur	0,17					0,25	5,1		
16	Juin	changement de pousse rivet	0,88					1	26,4	4	
26	Juin	Réparation du fil élect	0,25	0,25				0,25	7,5		
26	Juin	Réalisation écrou& rectification axe	1					3	30		30
30	Juin	changement de pousse rivet	0,92					0,92	27,6	4	
10	Juillet	Changement barre pousse rivet	0,5					0,58	15	4	
15	Août	changement d'alimentation	0,42					0,42	12,6		
20	Août	Changement barre pousse rivet	1,25					1,25	37,5	4	
25	Août	réparation de la pédale	0,42					0,5	12,6	200	
26	Août	Centrage et réglage des guide rivets	0,67					0,75	20,1		
27	Août	Centrag glissière	1,33					1,5	39,9		
29	Août	Changement de place	0,33				0,33	0,42	9,9		
22	Sept	Nettoyage	0,25					0,3	7,5		
13	Dec	Réglage et dépannage	0,5					0,5	15		
16	Dec	Réglage clavette	0,48					0,5	14,4		
27	Dec	Réglage glissière et changement disque rainuré	3,02					30	90,6		
Total			45,78	0,92	1,09	0	0,33	81,01	1373,4	232	225