

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons présentés une étude de cas, dont la machine automatique à souder HK fait l'objet, par l'application des outils de maintenance. Où nous allons tout d'abord sélectionner le poste le plus causant de taux d'arrêt en utilisant la loi de **PARETO**. L'analyse comporte les cinq (**05**) postes de la machine. Ensuite, par la méthode **AMDEC Machine**, nous allons effectués une analyse sur la machine en question, et proposé quelques remèdes pour le bon fonctionnement de cet outil de production.

IV.2. LOCALISATION DE LA MACHINE CRITIQUE :

IV.2.1. Analyse de PARETO :

IV.2.1.1. Généralités sur la loi : [1]

Vilfredo PARETO est un économiste et sociologue italien qui, le premier au milieu du 20^{ème} siècle (les années quarante), a représenté graphiquement la répartition des richesses et montrer que 20% de la population italienne détenait 80% de la richesse totale.

Le diagramme de *PARETO* est donc basé sur ce principe, qui veut que bien souvent quelques causes seulement (20%) soient responsables de la majeure partie des effets (80%), ce diagramme permet de représenter graphiquement ce 20% à fort impact et de lui accorder un effort prioritaire d'amélioration.

Par cette méthode nous pouvons mettre en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin d'orienter nos actions. De ce fait les détails sans importance seront éliminés. Il est également considéré comme un outil de décision.

IV.2.1.2. Méthode : [1]

Les éléments seront classés par ordre d'importance en indiquant les pourcentages pour un critère déterminé. Cette étude nécessite une approche en trois étapes :

- a) **Définir la nature des éléments à classer** : Ces éléments à classer dépendent du caractère étudié. Ces éléments peuvent être : des matériels, des causes de pannes, des natures de pannes, des bons de travail, des articles en stock, etc.

Dans ce travail, on a choisi un système composé des **postes de la machine à souder automatique HK**.

b) **Choisir le critère de classement** : Les critères les plus fréquents sont les coûts et les temps, selon le caractère étudié, d'autres critères peuvent être retenus tels que :

- Le nombre d'accidents, le nombre d'incidents.
- Le nombre de rebuts, le nombre d'heures d'utilisation.
- Le nombre de kilomètres parcourus.
- La valeur consommée annuellement, souvent nécessaire pour la gestion des stocks.
- etc...

Dans notre travail le critère de classement qu'on a choisi est le **temps d'arrêt** de production ou bien le temps de l'improductivité due à la maintenance.

c) **Définir les limites de l'étude et classer les éléments** :

Cela va être présenté au cours de ce chapitre, pour notre cas d'étude.

IV.2.1.3. **Représentation graphique** : [1]

Généralement 20 % du nombre des éléments représentent 80 % du critère étudié : c'est la classe A, les 30 % suivant du nombre des éléments représentent 15 % du critère étudié : c'est la classe B et les 50 % restant du nombre des éléments représentent seulement 5 % du critère étudié : C'est la classe C.

En cumulant les valeurs décroissantes du critère étudié, la courbe ABC fait apparaître trois zones d'où l'appellation de "courbe ABC".

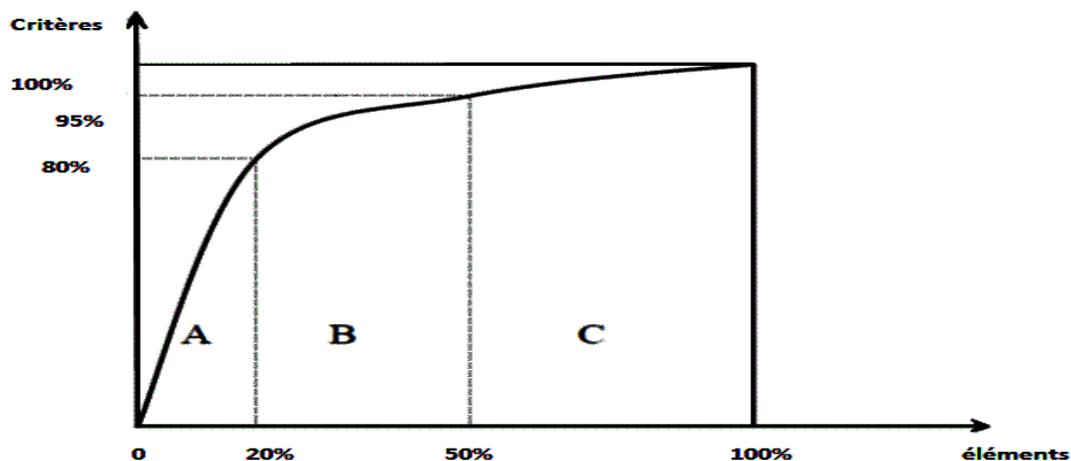


Figure IV.1. : La courbe ABC.

IV.2.2. Analyse PARETO pour les différentes postes de la machine HK :

Le tableau suivant présente un historique des pannes de la machines à souder automatique **HK** ; telle que, il présente un regroupement du nombre de pannes en fonction du temps d'arrêt pour une période bien déterminée, où on prit l'année 2015 comme exemple.

Tableau IV.1. : Historique pour les différentes pannes et le temps d'arrêt de machine HK pour l'année 2015. [3]

EQUIPEMENT	MOIS	TYPE DE PANNE			NOMBRE DE PANNE POUR CHAQUE POSTE DE La MACHINE HK						TEMP D'ARRET (heures) POUR CHAQUE POSTE					
		P Mec	P Elc et Au	P Sou	P1	P2	P3	P4	P5	total	T1	T2	T3	T4	T5	total
MACHINE à SOUDER AUTOMATIQUE HK	JAN	x	x	x	00	02	04	03	01	10	00	02	16	10	01	29
	FEV	x		x	01	00	03	02	00	06	03	00	05	02	00	10
	MARS	x	x	x	01	04	08	03	02	18	02	16	58	32	04	112
	AVR	x		x	00	02	04	03	01	10	00	05	12	05	03	25
	MAI		x	x	02	01	01	02	01	07	04	03	03	08	05	23
	JUI			x	00	01	03	00	00	04	00	06	26	00	00	32
	JUIL	x			01	00	01	02	02	06	04	00	10	17	13	44
	AOU	x	x	x	00	03	04	01	00	08	00	06	13	04	00	23
	SEP	x		x	00	00	03	03	00	06	00	00	17	05	00	22
	OCT	x	x		03	02	02	00	01	08	09	11	22	00	06	48
	NOV	x		x	01	00	04	01	00	06	01	00	11	04	00	16
DEC			x	00	02	03	00	00	05	00	20	51	00	00	71	
TOTOL					09	17	40	20	08	94	23	69	244	87	32	455H

La figure suivante représente le nombre de pannes de **machine HK** sous forme d'histogrammes pour année 2015, c'est une présentation graphique des données du tableau (IV.1).

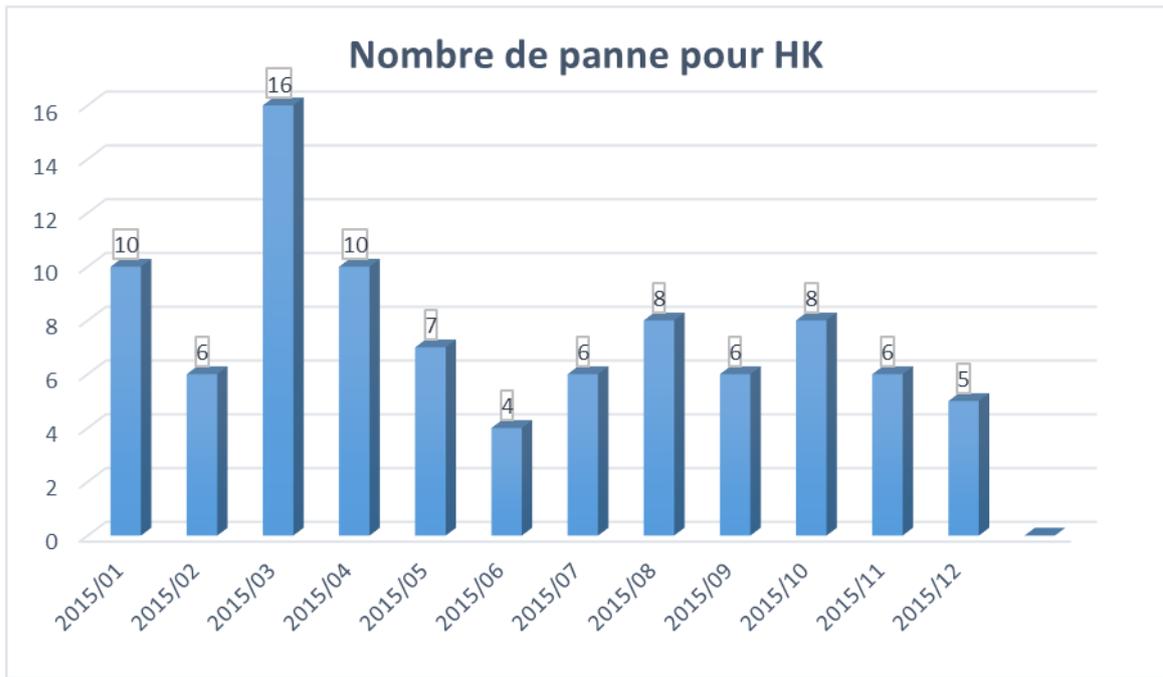


Figure IV.2. : Nombre de panne de HK de Chaque mois pour 2015

En résumé la durée des pannes pour chaque mois de l'année 2015 par un histogramme. Ce qui donne la présentation graphique de figure suivante :

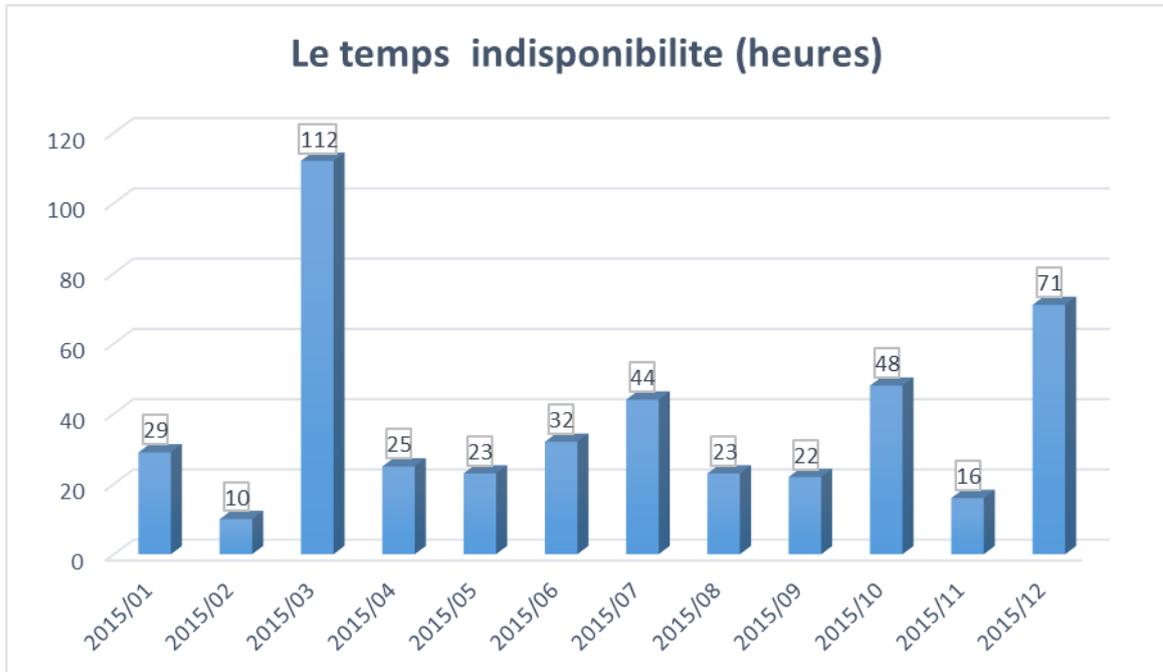


Figure IV.3. : Le temps indisponibilité des pannes de chaque mois pour 2015

Sur le tableau (IV.2), on a présenté le pourcentage cumulé du nombre d'heures d'arrêt des postes qui composent la machine critique **HK** :

Tableau IV.2. : Pourcentage cumulé de nombre d’heures d’arrêt pour chaque poste.

Les postes de la machine HK	Nombre de pannes	Temps d’arrêt (heures)	% temps d’arrêt	% cumule temps d’arrêt
Poste de soudage des éclisses	40	244	54%	54%
Poste de soudage des goujons	20	87	19%	73%
Poste de fermeture des éclisses ‘Pliage’	17	69	15%	88%
Poste d’enlèvement	08	32	7%	95%
Poste de chargement	09	23	5%	100%
Total	94	455 H	100%	

Pour une bonne comparaison des temps d’arrêts de chaque poste on la représentation graphique suivante :

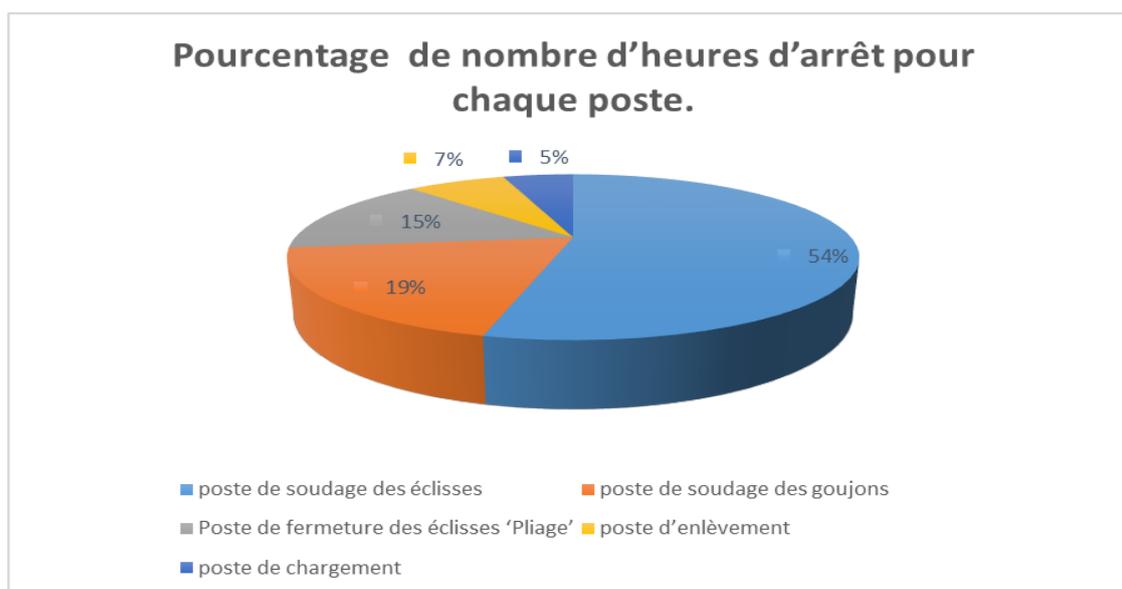


Figure IV.4. : Pourcentage de nombre d’heures d’arrêt pour chaque poste.

A partir du tableau (IV.2), on a pu tracer la courbe illustrée sur la figure (IV.5), qui schématise l’analyse PARETO, pour les postes qui constituent la machine à souder automatique HK.

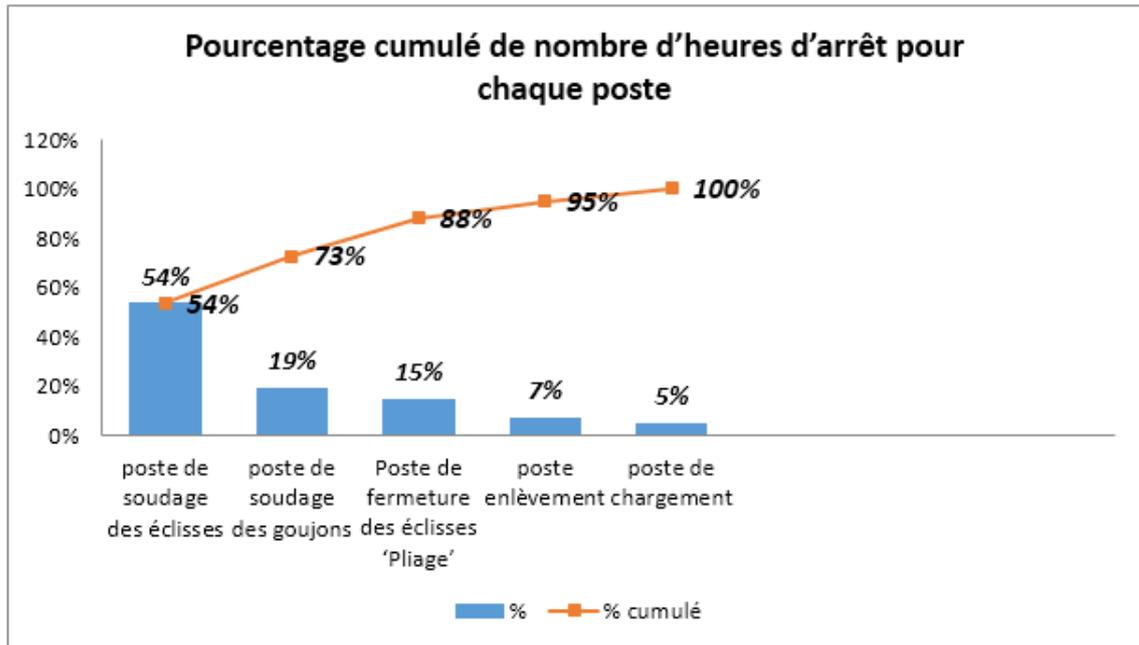


Figure IV.5. : Courbe d'analyse de PARETO des machines de l'installation critique.

IV.2.3. Synthèse de l'analyse :

A l'aide de l'analyse PARETO, on a localisé l'élément critique qui totalise plus de 54% du nombre d'heures d'arrêt de l'ensemble des postes de la machine à souder automatique HK.

Ces résultats obtenus nous montrent que le poste de soudage des éclisses est la machine critique.

IV.3. ETUDE TECHNIQUE DE LA MACHINE CRITIQUE :

IV.3.1. Présentation de l'outil AMDEC :

a) Historique et domaines d'application : [1,5]

L'AMDEC a été créée aux Etats-Unis par la société **Mc Donnelly Douglas** en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la *NASA* et le secteur de l'armement sous le nom *FMEA* pour évaluer l'efficacité d'un système dans un contexte spécifique.

Cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. A la fin des années soixante-dix, la méthode

fut largement adoptée par *Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo* et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

L'AMDEC est une méthode inductive qui s'applique à tous les systèmes risquant de ne pas tenir les objectifs de fiabilité, maintenabilité, qualité du produit fabriqué et sécurité.

b) Définition :

En français **AMDEC** Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité.

En Anglais **FMECA** Failure Mode and Effect Criticality Analysis.

L'AMDEC est une méthode participative qui se pratique en groupe de travail pluridisciplinaire. Elle est fondée sur la mise en commun des expériences diverses et des connaissances de chaque participant dont la réflexion en commun est source de créativité. Le succès d'une étude AMDEC dépend la composition du groupe de travail.

c) Les avantages généraux de la méthode AMDEC :

La méthode AMDEC confronte les connaissances de tous les secteurs d'activité de l'organisation, pour obtenir, dans un ordre que nous avons cherché à rendre significatif, les résultats suivants :

- ✓ La satisfaction du client.
- ✓ Le pilotage de l'amélioration continue.
- ✓ L'amélioration de la communication.
- ✓ L'amélioration de la stabilité des produits, procédés, services, machines...
- ✓ La réduction des coûts.
- ✓ L'optimisation des contrôles, des tests, des essais.
- ✓ L'élimination des causes de défaillances.

d) Types d'AMDEC :

Il existe plusieurs types d'AMDEC, tels que :

- ✓ **Projet** : S'applique lors de l'élaboration d'un projet.

- ✓ **Produit** : S'applique à un produit afin d'en optimiser la conception et améliorer la qualité et la fiabilité de celui-ci.
- ✓ **Procédé** : S'applique à un procédé afin d'optimiser son efficacité, son contrôle de qualité.
- ✓ **Machine** : S'applique sur un équipement ou une machine en exploitation. analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou d'un équipement de production pour améliorer la sûreté de fonctionnement (sécurité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité) de celui-ci
- ✓ **Sécurité** : S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs.
- ✓ **Organisation** : S'applique aux systèmes de gestion ; stock, production, personnel, marketing, finance.

IV.3.2. AMDEC Machine : [1]

a) Définition :

L'**AMDEC machine** est une technique d'analyse des modes de défaillance des éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques ; électroniques...) qui constituent une machine.

b) Principe de base de l'AMDEC machine :

Il s'agit d'une méthode préventive basée sur une analyse critique qui consiste à :

- ✓ Identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines.
- ✓ Rechercher les origines et les conséquences des dysfonctionnements des machines.
- ✓ Mettre en évidence les points critiques.
- ✓ Proposer des actions correctives adaptées qui peuvent concerner la conception, la fabrication, l'exploitation ou la maintenance des machines étudiées.

c) **Objectif :**

L'AMDEC machine a pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. L'étude de l'AMDEC machine vise à :

- **Réduire le nombre de défaillances**
 - ✓ Prévention des pannes.
 - ✓ Fiabilisation de la conception.
 - ✓ Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.
 - ✓ Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
 - ✓ Amélioration de la surveillance et des tests.
 - ✓ Amélioration de la maintenance préventive.
 - ✓ Détection précoce des dégradations.
- **Réduire le temps d'indisponibilité après défaillance**
 - ✓ Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
 - ✓ Amélioration de la testabilité.
 - ✓ Aide au diagnostic.
 - ✓ Amélioration de la maintenance corrective.
- **Améliorer la sécurité.**

d) **Démarche pratique de l'AMDEC machine : [5]**

La démarche pratique de l'AMDEC machine se décompose en 4 étapes suivantes :

ETAPE I : Initialisation. Description de l'équipement à étudier.

ETAPE II : Description fonctionnelle de la machine. Découpage de la machine,

ETAPE III : Analyse. Qui compose :

- Analyse des mécanismes de défaillances ;
- Evaluation de la criticité à travers :
 - ✓ La probabilité d'occurrence F.
 - ✓ La gravité des conséquences G.

- ✓ La probabilité de non détection D.
- Propositions d'actions correctives.

ETAPE IV : Synthèse de l'étude/décisions. Présentée sous forme :

- Bilan des travaux,
- Décision des actions à engager.

IV.3.3. l'analyse AMDEC de la machine critique :

IV.3.3.1. Initialisation :

a) Description du poste de soudage des éclisses (languettes) : [3]

C'est un sous-système automatique pour rôle le soudage des languettes. Ce sous-système comporte un bâti en profilés d'acier soudés et un vérin pneumatique pour l'approche de l'unité de soudage.

Cette unité de soudage comporte deux pistolets de soudage réglables, guidés par des colonnes. Sur ces colonnes se trouvent des cames de contacteur, à régler en fonction de la longueur du parcours de soudage. Ce parcours de soudage est limité par des vis de fixation à l'avant et à l'arrière. L'avance du dispositif de soudage est, qu'il est commandé par un vérin pneumatique.

La vitesse de soudage est réglée au moyen d'un amortisseur à huile qui appuie sur la tige de piston du vérin. Au-dessus de ce poste se trouve un bâti comportant l'installation d'aspiration. [3]

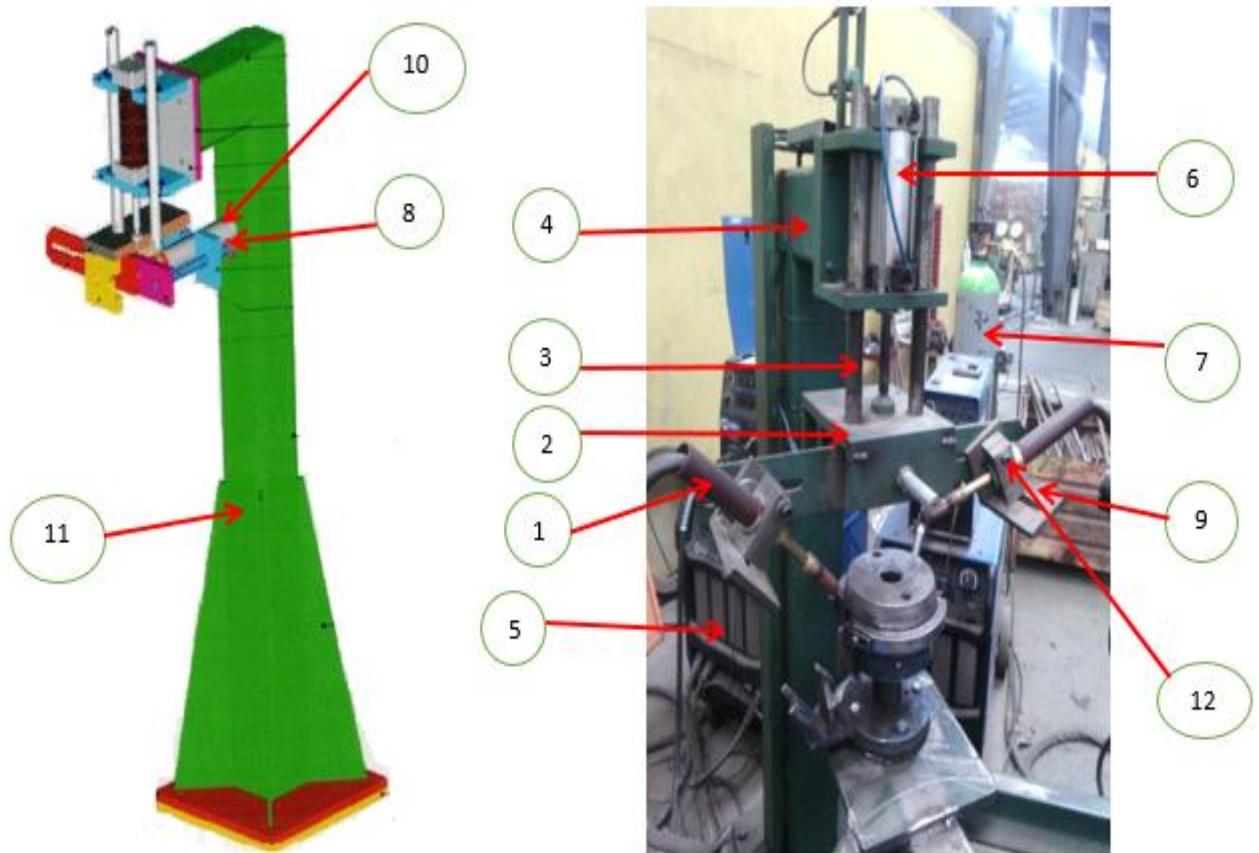


Figure IV.6. : Poste de soudage des éclisses (languettes).

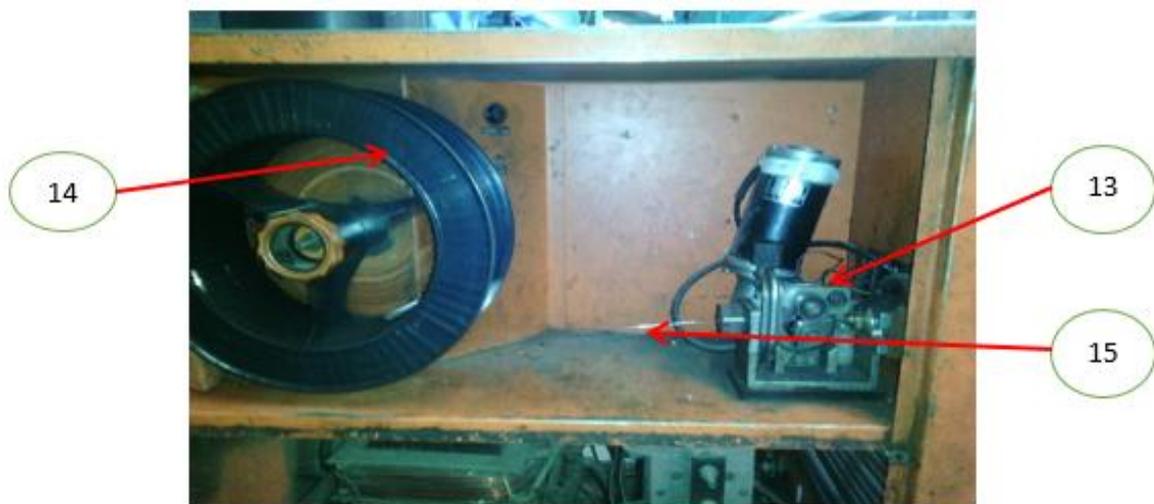


Figure IV.7. : La partie inferieur du poste à souder.

Le tableau (IV.3) représente les composantes principales du poste de soudage des languettes.

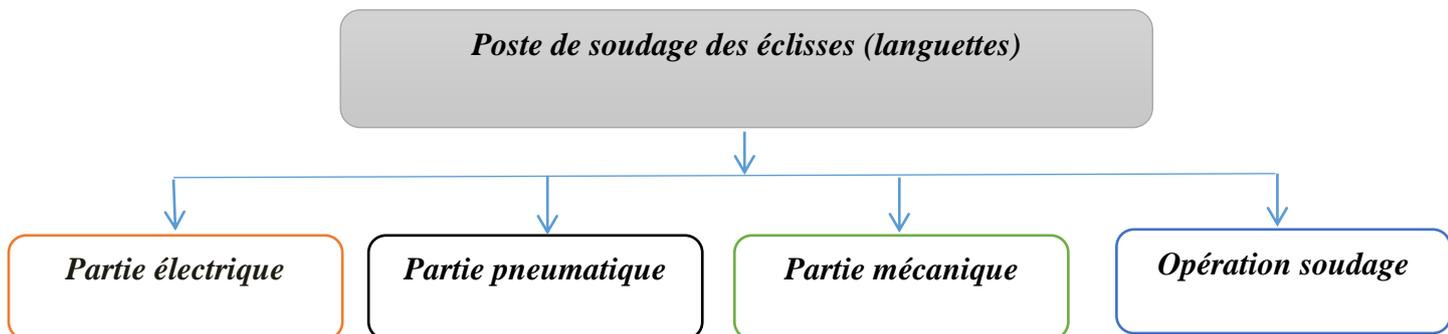
Tableau IV.3 : Les composante principale de poste de soudage des languette

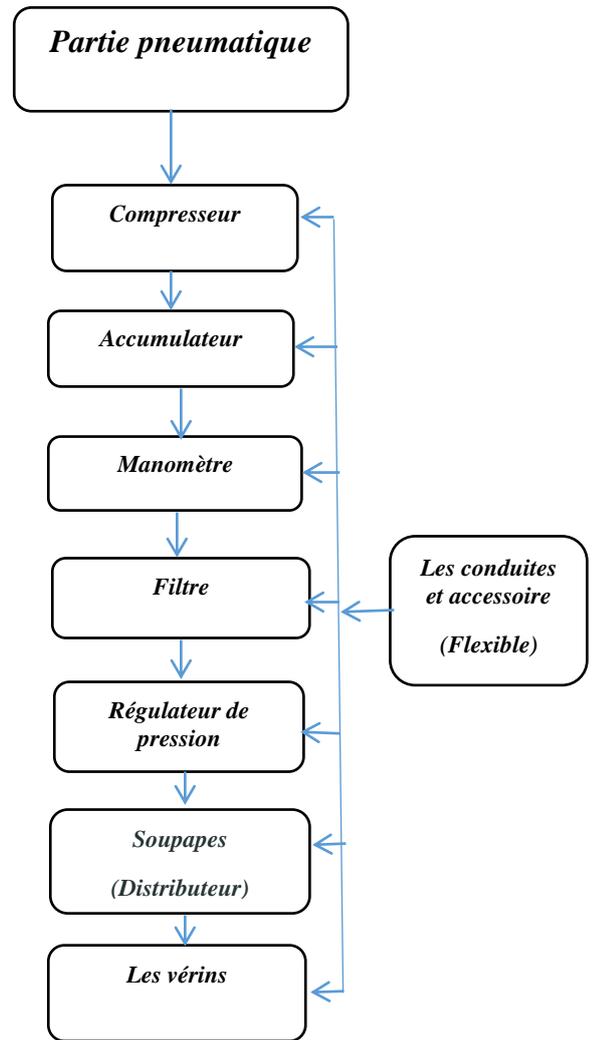
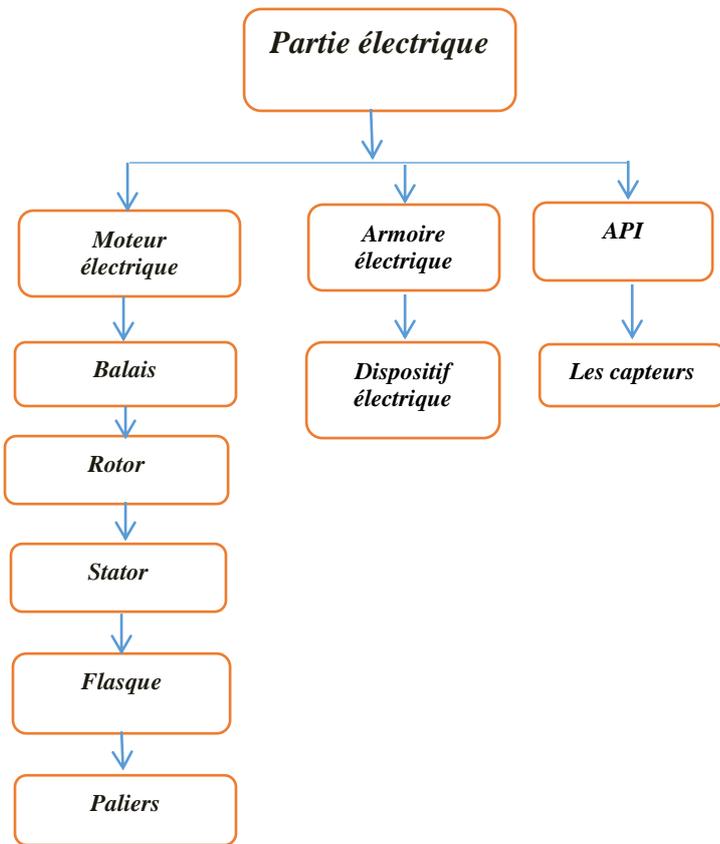
N°	Organes
1	Pistolet de soudage.
2	Unité de soudage.
3	Les colonnes de guidage.
4	Porte mâchoire.
5	Poste de soudage.
6	Vérin pneumatique vertical.
7	Gaz de protection.
8	Capteur inductif proximité.
9	La came.
10	Vérin pneumatique horizontal.
11	Bâti en profilés d'acier soudés (support).
12	Vis-écru.
13	Moteur a courant contenu pour un rôle de commandé a avancé de fil de soudage.
14	Rouleau de fil de soudage.
15	Fil de soudage.

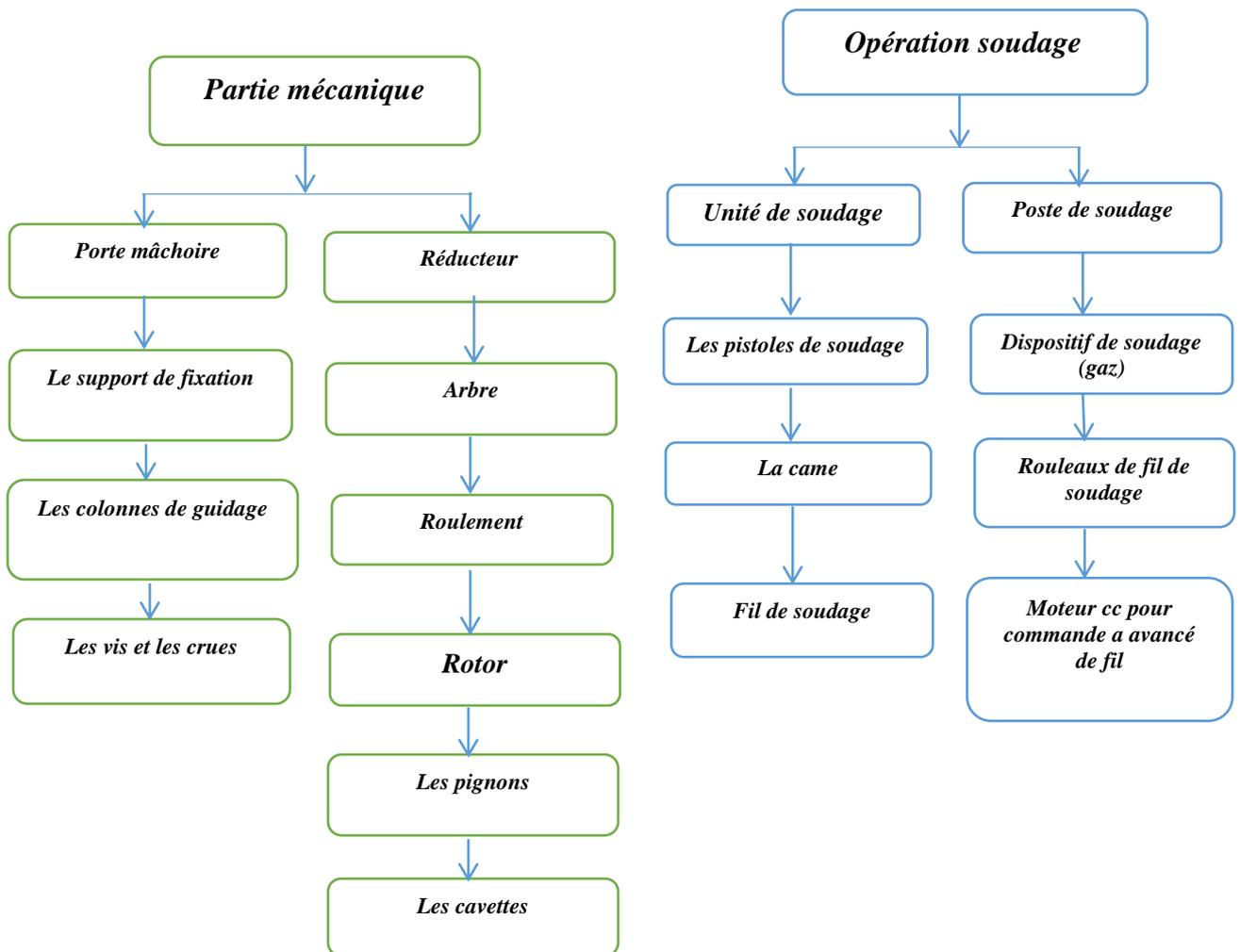
IV.3.3.2. Description fonctionnelle de la machine.

a) Décomposition du poste de soudage des éclisses (languettes)

Le poste de soudage peut être décomposé selon le schéma suivant :







IV.3.3.3. Analyse AMDEC de la machine :

- a) Définitions d'un mode de défaillance, d'une cause de défaillance, et de l'effet de la défaillance :



Par défaillance on entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble :

- ✓ Ne fonctionne pas.
- ✓ Ne fonctionne pas au moment prévu.
- ✓ Ne d'arrêt pas au moment prévu.
- ✓ Fonctionne à un instant non désiré.

- ✓ Fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues.
- **Le mode de défaillance** : Est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition : *Déformation ; vibration ; desserrage ; fuite ; court-circuit.*
- **Une cause de défaillance** : Est évidemment ce qui conduit à une défaillance. on définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour la corriger.
- **Les effets d'une défaillance** sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou de service.

b) Les grilles de cotation :

Pour évaluer la criticité des défaillances de la machine *critique (poste de soudage des éclisse (longuette))*, il nous a fallu estimer les 3 critères indépendants : *La fréquence d'apparition (F) ; La gravité (G) ; La probabilité de non détection (D).*

A chaque critère on associe une grille de cotation définie selon quatre niveaux en s'appuyant sur : L'historique des arrêts et l'expérience du personnel.

En effet, les grilles de cotation sont basées principalement sur le temps d'indisponibilité, ainsi que, le nombre de défaillances pour (*poste de soudage de l'éclisse (longuette)*).

Les tableaux suivants représentent les trois facteurs (**fréquence, gravité, détection**) et leurs niveaux :

Tableau IV.4. : Grille de cotation de la fréquence (F) d'apparition.

Niveau de F	Valeur de F	Définition
Fréquence très faible	1	Moins d'une défaillance par année
Fréquence faible	2	Plus d'une défaillance par semestre
Fréquence moyenne	3	Plus d'une défaillance par mois
Fréquence forte	4	Plus d'une défaillance par semaine

Tableau IV.5. : Grille de cotation de la gravité (G).

Niveau de G	Valeur de G	Définition
Gravité mineure	1	Arrêt de la machine moins de 20mn
Gravité significative	2	Arrêt de la machine entre 20mn et 1h
Gravité moyenne	3	Arrêt de la machine entre 1h et 4h
Gravité majeure	4	Arrêt de la machine de plus de 4h

Tableau IV.6. : Grille de cotation de la probabilité de non détection (D).

Niveau de D	Valeur de D	Définition
Détection évidente	1	DéTECTABLE par l'opérateur.
Détection possible	2	DéTECTABLE par le technicien maintenance.
Détection improbable	3	DéTECTION difficile
Détection impossible	4	DéTECTION trop difficile voire impossible.

La valeur de la criticité : la valeur de la criticité « C » est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation, la relation utilisée est sous la forme suivante :

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

Les valeurs de criticité, ainsi calculés, nous permettent de faire une classification afin de hiérarchiser les défaillances pour distinguer. Une échelle a été mise en place afin de déterminer quels sont les éléments et causes critiques qui seront à surveiller et les moins critiques qui nécessiteront moins d'entretien.

Le tableau suivant représente les valeurs de la criticité et leur action correctives :

Tableau IV.7 : Echelle de criticité.

Niveau de criticité	Actions correctives à engager
$1 \leq C < 8$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception. Maintenance corrective.
$8 \leq C < 16$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément. Maintenance préventive systématique.
$16 \leq C < 30$ Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments. Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle.
$C > 30$ Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception.