

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord appliquer la loi de PARETO sur l'ensemble des machines de l'installation sélectionnée, on aura, la machine critique ou bien, la machine qui cause la majorité des arrêts. Ensuite nous allons faire appel à l'outil AMDEC pour analyser machine en question.

III.2. Analyse PARETO de l'installation critique « atelier de l'acier »

Le tableau qui suit présente un historique des machines qui constituent l'installation critique (**annexe D**) définie au paravent comme l'installation à taux d'arrêt élevé.

Tableau III.1: Historique des machines de l'installation critique durant l'année 2016.

Machines	Année	Type d'intervention					Total
		U	C	M	P	E	
Machine à mouler FRPUA50-1 [10 moule par H]	2016	X	X				5 H
Machine à mouler FRPA30-1 [15 moule par H]	2016						0 H
Four moyenne fréquence EGES [la force : 1 tonne]	2016	X	X		X		48.30 H
Pont roulant N°9 [20 tonnes]	2016				X		0.40 H
Pont roulant N°28 [8 tonnes]	2016	X	X		X		5.45 H
Total	2016						59,15 H

U : exécuté l'unité C : curative, M : modification, P : préventive E : exécuté extérieur

Sur le tableau suivant, on a présenté le pourcentage cumulé du nombre d'heures d'arrêt des machines qui compose l'installation critique.

Tableau III.2 : Pourcentage cumulé de nombre d'heures d'arrêt.

Machines	Nb d'heures d'arrêt	% Nb d'heures d'arrêt	% Cumulé Nb d'heures d'arrêt
Four moyenne fréquence EGES	48.30	81.65	81.65
Pont roulant N°28	5.45	9.21	90.86
Machine à mouler FRPUA50	5	8.45	99.31
Pont roulant N°9	0.40	0.67	100
Machine à mouler FRPUA30-1	0	0	100
Total	59.15	100	

A partir du tableau (III.2), on a pu tracer la courbe illustrée sur la figure (III.1), qui schématise l'analyse PARETO, concernant les machines qui constituent l'installation critique.

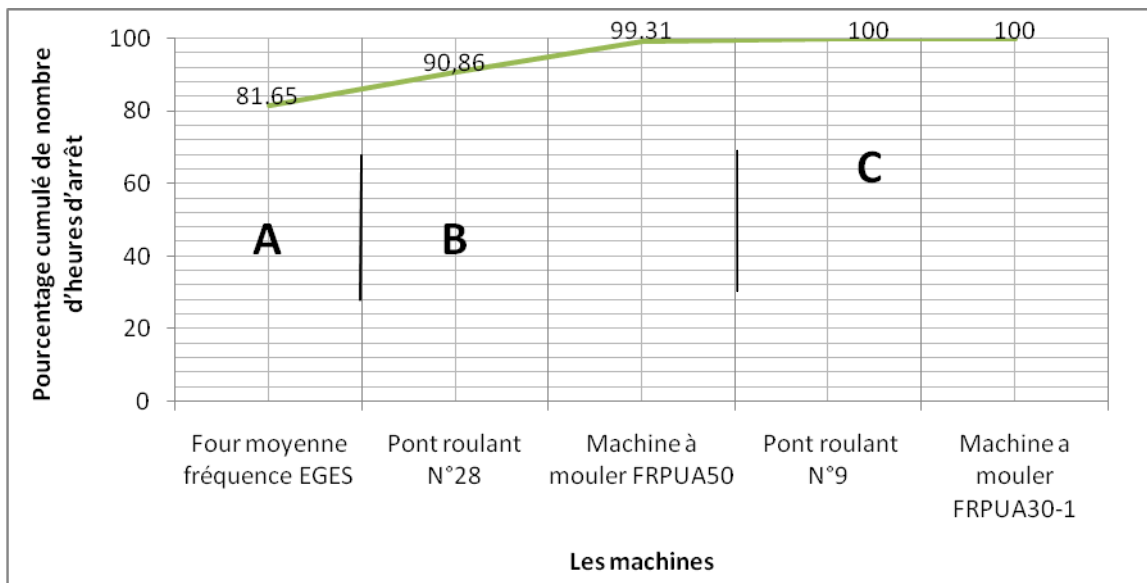


Figure III.1 : Diagramme de PARETO des machines de l'installation critique.

- **Zone A** : C'est la zone de priorité qui correspond à la maintenance préventive ;
- **Zone B** : C'est la zone supplémentaire moins de priorité que la zone A ;
- **Zone C** : C'est la zone priorité qui correspond à la maintenance corrective.

A l'aide de l'analyse **PARETO**, on a pu localiser la machine critique qui totalise plus de 80% du nombre d'heures d'arrêt de l'ensemble des machines de l'installation critique. Ces résultats obtenus nous montrent que le four **EGES** est la **machine critique**.

L'étape suivante de notre travail est de faire une étude par l'outil **AMDEC** sur la **machine critique**, dans le but de cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences des différents composants de cette machine.

III.3. L'analyse AMDEC de la machine critique

III.3.1. Etape initialisation

- a) **Description du four moyenne fréquence EGES** : Le four EGES est composé de plusieurs organes qui, en partant de l'intérieur vers l'extérieur :

- La bobine inductrice ;
- Le fond du four qui supporte cette bobine, le réfractaire et la charge métallique (Corps de four) ;
- Les éventuels écrans magnétiques de retour de flux ;
- Le châssis ou cuve, qui assure la liaison mécanique entre les organes précédents ;
- Les tuyaux flexibles d'amenée de courant et d'eau ;
- L'éventuel couvercle chargé de limiter les pertes par rayonnement ;
- Le dispositif de basculement de la cuve (vérins, pupitre).

La bobine est refroidie à l'eau pour éviter sa surchauffe par effet-joule. Les spires de la bobine sont isolées entre elles par des matériaux réfractaires. Celles-ci subissent des effets mécaniques dus à la poussée du pisé, aux effets électrodynamiques et à la pression métallo-statique. D'autre part, elles vibrent à la fréquence du courant pour éviter les déformations. Le fond de four généralement fixe, est réalisé en béton réfractaire. [6]

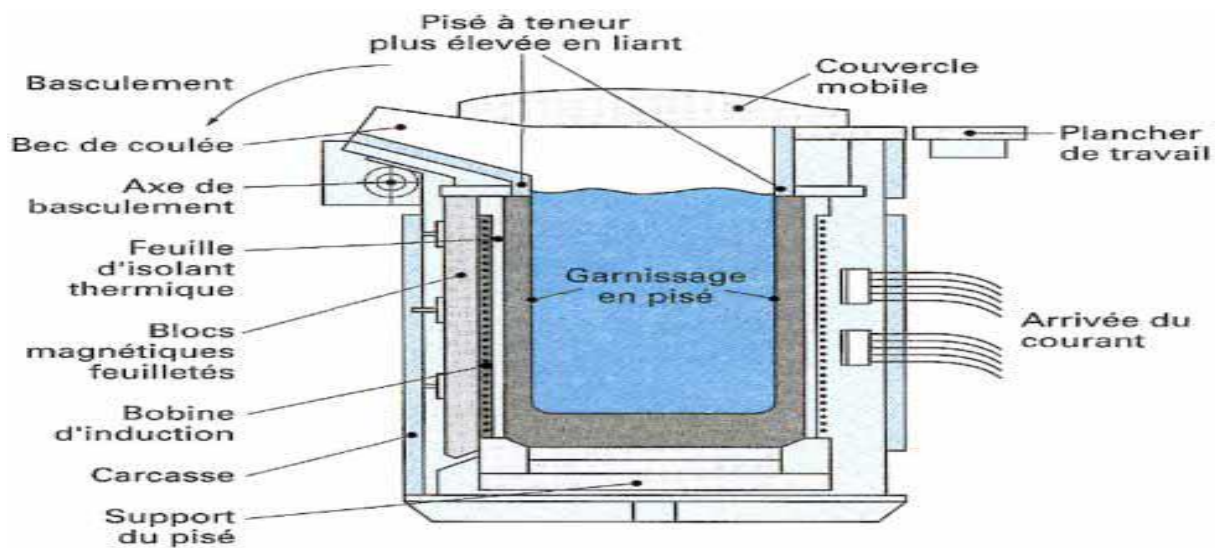


Figure IV.2 : Schéma descriptif d'un four EGES.

Le four EGES est composé de deux fours, il ne fonctionne pas en même temps, donc le second four est mis en réserve, en cas de panne du premier.

b) Mode de fonctionnement du four EGES : Au début, Le couvercle du four est ouvert par moyen hydraulique pour que le four puisse être chargé. Suite au chargement, le couvercle du four se referme.

La charge est réchauffée par induction jusqu'à ce que la charge soit fondue et la température de fonctionnement préréglée soit atteinte. Après fusion complète de la charge, la fusion est versée à travers le bec de coulée dans une poche de coulée. Pour la coulée, le four est remonté par moyen hydraulique à l'aide de deux vérins de basculement et basculé autour de son appui à rotule. Suite à la coulée, le four redescend et le processus peut redémarrer du début. Au dessus du four se trouve un système d'aspiration qui aspire la fumée qui s'échappe durant le processus de fusion.

L'énergie nécessaire pour le processus de fusion est fournie par le principe de l'induction électrique. A cet effet, Des tôleries (jouis) sont alignées concentriquement autour de la bobine. Ceux-ci comprennent le flux magnétique et absorbent les efforts provoqués par la dilatation thermique. L'alimentation électrique est assurée par des câbles flexibles et refroidis à l'eau et par des tubes omnibus. Les tubes omnibus ou les câbles servent en même temps à l'alimentation et à l'évacuation de l'eau de refroidissement depuis la bobine laquelle est irriguée par de l'eau de refroidissement. Le système hydraulique alimente quant à lui les vérins de basculement et le couvercle du four.

- c) **Objectifs à atteindre :** IL s'agit de faire une évaluation et un diagnostic de la fonction maintenance au niveau de la société, afin d'essayer de poser cette dernière dans la bonne trajectoire opérationnelle optimale de la fonction maintenance. C'est à dire la contribution à l'amélioration de la gestion maintenance et résolution des problèmes d'ordre technique (réduction des pannes et arrêts) et organisationnelle qui existent, pour atteindre les objectifs exigés tel que :
- L'augmentation de la productivité ;
 - L'assurance d'un bon état des installations ;
 - De ramener rapidement l'équipement à son état de marche.
- d) **Constitution du groupe de travail :** Pour réussir cette partie de notre étude on a décidé de constituer un groupe de travail qui se compose de responsable maintenance, et d'un technicien qui vont nous donner les informations nécessaires concernant le four EGES.

III.3.2. Etape décomposition fonctionnelle du four EGES

- a) **Découpage du système** : L'arborescence est une méthode utilisée pour décrire la structure matérielle d'une machine (analyse structurale). Le découpage arborescent du compresseur stationnaire a été réalisé selon 3 niveaux : Sous-système, éléments et composants. Le niveau choisi dans l'étude est celui des éléments constitutifs.

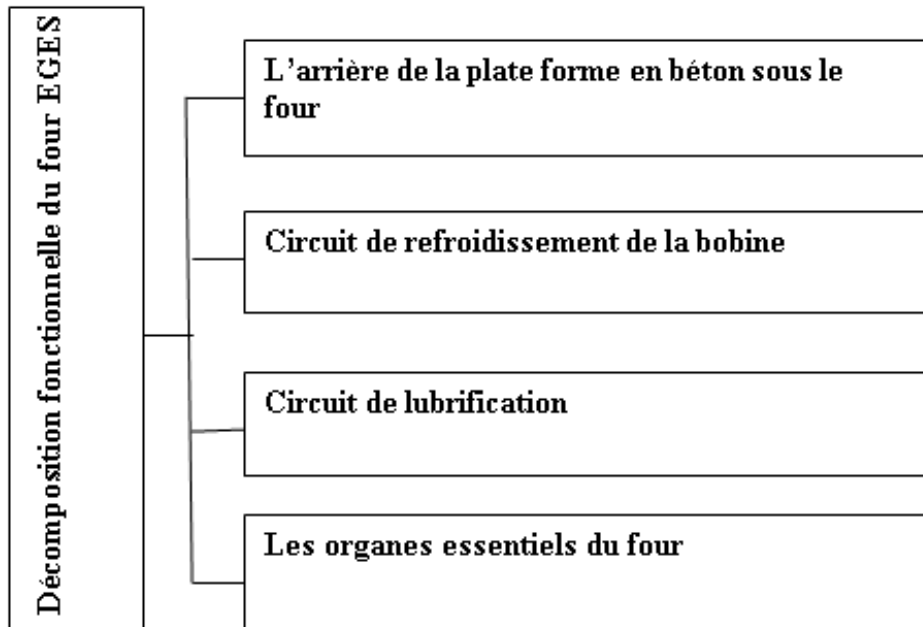


Figure III. 3 : Décomposition du four EGES.

- b) **Identification du sous-ensemble et les composantes** :

1. **Organes de manœuvre** : la commande du four EGES se fait à l'aide des organes désignés sur l'image de la figure suivante :

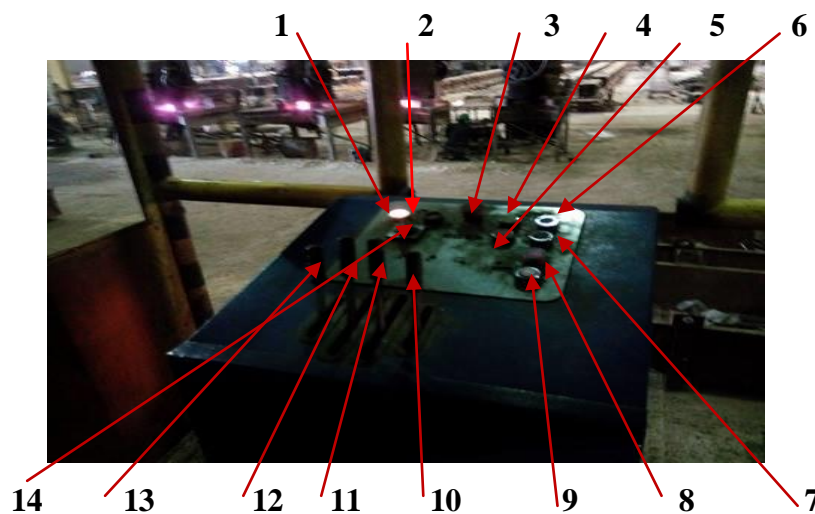


Figure III.4 : Organes de manœuvre du four EGES.

- **Le groupe hydraulique se trouve :** Dans les installations dotées d'un système hydraulique manuel dans l'armoire sous le pupitre de commande. Sous le plancher du four dans les installations dotées d'un système hydraulique proportionnel. Relevez le niveau de fluide au niveau de la jauge (31 dans figure. IV.4). Le réservoir doit être rempli de fluide hydraulique au minimum jusqu'au trait rouge (31a) sans pour autant dépasser le trait noir (31b).

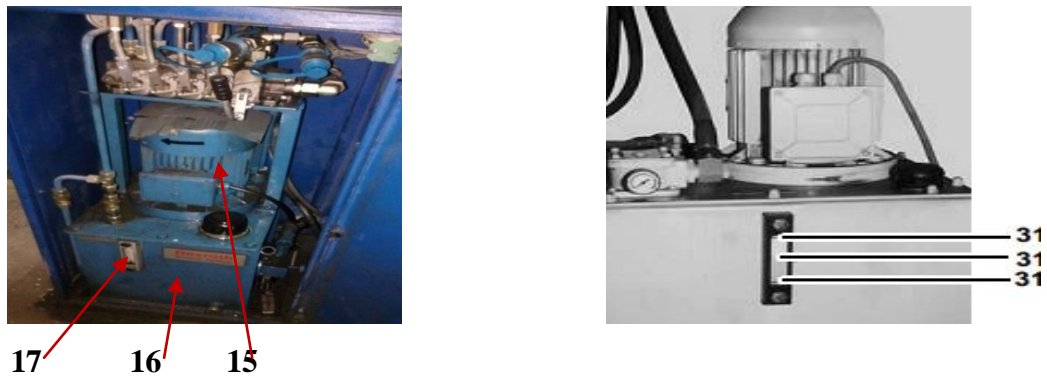


Figure III.5 : les éléments internes du command hydraulique.

La nomenclature des éléments de commande hydraulique est regroupée sur le tableau suivant :

Tableau III.3 : La nomenclature des organes de manœuvre de four EGES.

1	Four 1 en Marche
2	Four 2 en marche
3	Botton de marche les deux fours
4	Botton l'arrêt les deux fours
5	Augmenter la température du four
6	Diminution la température du four
7	Mettre en route de la pompe hydraulique
8	Couper la pompe hydraulique
9	Bouton arrêt d'urgence
10	Ouvrir et fermer le couvercle du four 2
11	Monter et descendre du four 2
12	Monter et descendre du four 1
13	Ouvrir et fermer le couvercle du four 1
14	Commutateur «position électrique»
15	Moteur (pompe hydraulique)
16	Réservoir d'huile
17	Contrôler le niveau de fluide hydraulique

2. **L'arrière de la plate forme en béton sous le four** : Les éléments de L'arrière de la plate forme en béton sous le four sont désignés sur l'image de la figure suivante :

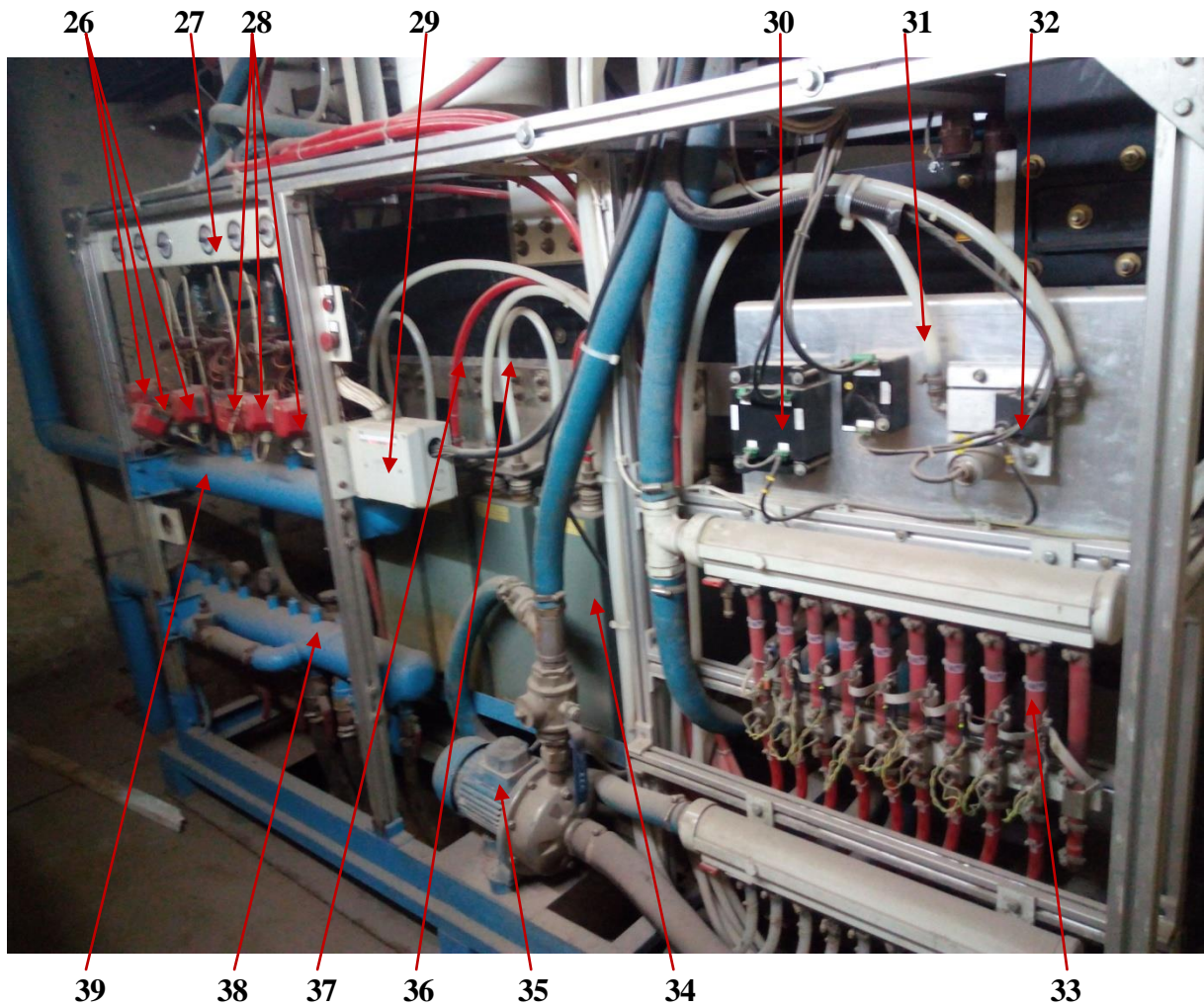


Figure III.6 : Vue de L'arrière de la plate forme en béton sous le four.

La nomenclature des éléments de l'arrière de la plate forme en béton sous le four est regroupée sur le tableau suivant :

Tableau III.4 : La nomenclature des éléments de L'arrière de la plate forme en béton sous le four.

26	Les débitmètre de four 1
27	manomètre
28	Les dibitmètre de four 2
29	Corigeur des fautes
30	Transformateur
31	Diode
32	Plaque en alumium pour refroidissement les composants
33	Les termostanses
34	Candeusateur
35	Pompe de refroidissement thyritor
36	Tuyaut de l'eau froid
37	Tuyaut de l'eau chaud
38	Colecteur secondaire « sortie »
39	Colecteur prémaire « entré »

3. **Système de refroidissement de la bobine** : les éléments du Système de refroidissement de la bobine sont désignés sur l'image de la figure suivante :

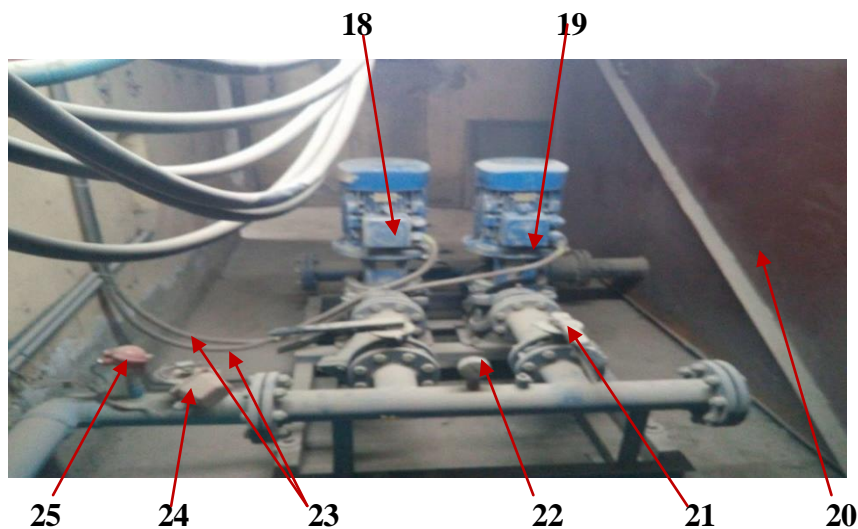


Figure III.7 : Vue générale des deux pompes du système de refroidissement de la Bobine.

La nomenclature des éléments de système de refroidissement de la bobine est regroupée sur le tableau suivant :

Tableau III.5 : La nomenclature des éléments système de refroidissement de la bobine

18	Pompe (1) réservé
19	Pompe(2) pour débit d'eau
20	Réservoir d'eau
21	Vanne
22	Manomètre
23	Les câbles
24	Débit mètre
25	Manomètre

La bobine est refroidie par eau en continu. Le circuit de refroidissement est quasiment toujours fermé et équipé d'un échangeur et de deux pompes travaillant par intermittence. Un réseau de secours est à prévoir en cas de défaillance du réseau normal alimentant la bobine. La qualité de l'eau de refroidissement est importante [propre, clair et douce] pour éviter l'entartage de la tuyauterie

4. **Les câbles d'énergie :** Cet ensemble est le raccord entre l'installation électrique stationnaire et le corps de four. Il s'en agit de quatre câbles de conduite du courant individuels de constitution identique

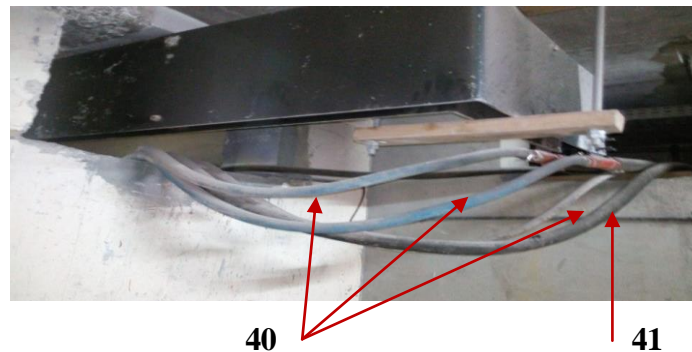


Figure III.8 : Vue générale des câbles électriques alimentant le four EGES.

La nomenclature de la figure .III.8. Est regroupée dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : La nomenclature des câbles électriques alimentant le four EGES.

40	Les 03 phases
41	Mise la terre

Un câble de cuivre à têtes de raccordement aux deux extrémités se trouve dans un tuyau flexible de caoutchouc électriquement non conducteur par lequel est mené un courant d'eau de refroidissement.

5. **Fuite de terre** : Les éléments de l'affichage de Fuite de terre du sont désignés sur l'image de la figure suivante :

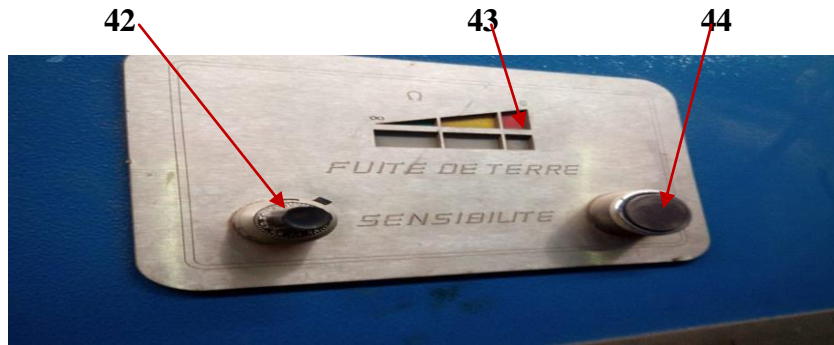


Figure III.9 : Affichage de fuite de terre.

La nomenclature des éléments de l'affichage de Fuite de terre est regroupée sur le tableau suivant :

Tableau III.7 : La nomenclature de l'affichage de fuite de terre.

42	Commutateur de réglage
43	Affichage de fuite de terre «les LED »
44	Touche de « test »

Appuyez sur la touche « test » et en gardent toujours l'appuyé tournez le commutateur de réglage dans le sens des aiguilles d'une montre lentement observez les LED vertes et puis les LED jaunes et rouges s'allumer après un certain temps.

Quand les LED rouges sont les premières à s'allumées le message de faute « fuite de terre » est affiché sur l'écran.

Tout en appuyant sur la touche tournez le potentiomètre de réglage de sensibilité dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, jusqu'à ce que les LED rouges soient éteintes.

6. Fusion des charges au four EGES : C'est l'opération consistant à faire passer le métal de l'état solide à l'état liquide à une température prédéterminée en fonction de l'alliage. Le chauffage s'effectue à une puissance constante (ajustable par l'opérateur en fonction du débit horaire de fusion voulu).

Le four consomme une quantité d'énergie égale à celle affichée par l'opérateur. Le chauffage peut être automatiquement ajusté. L'opérateur est en mesure de connaître la quantité d'énergie à lui fournir par tonne pour élever sa température de 100°C. De toute évidence, l'opérateur du four doit prendre en considération la relation existante entre l'usure de creuset, la tension d'alimentation et la puissance absorbée par un four pour produire un alliage de composition chimique déterminée et de température de coulée satisfaisante.

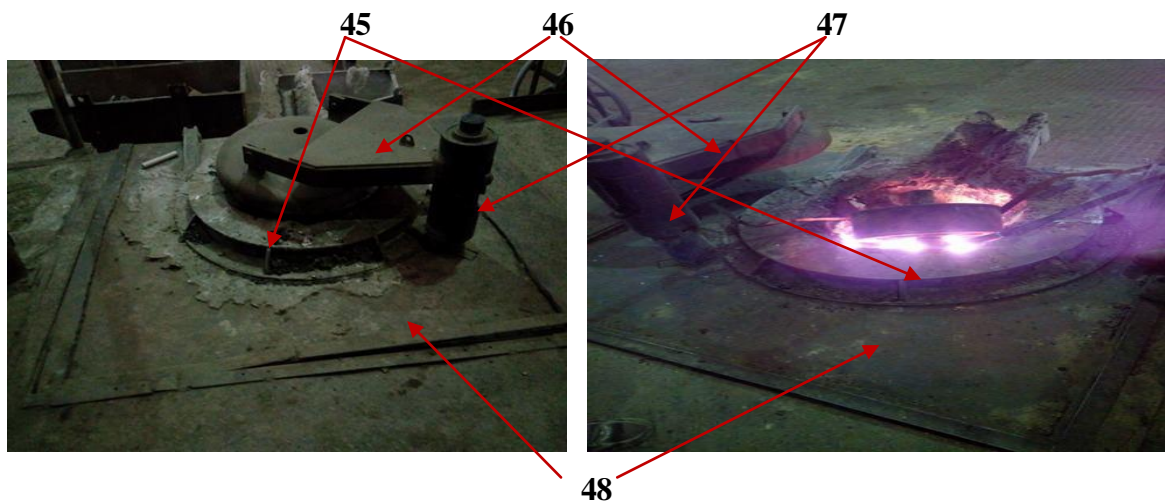


Figure III.10 : Fusion des charges au four EGES.

La nomenclature des éléments de la figure .III.10 : est regroupée sur le tableau suivant :

Tableau III.8 : La nomenclature de Fusion des charges au four EGES.

45	Cadre de four
46	Couvercle du four
47	Support du couvercle
48	Plate-forme du four

7. **Extraction du métal fondu** : Le transvasement du métal fondu à une composition chimique et à une température déterminée consiste à faire passer le métal fondu dans un autre four ou dans une poche de coulé par l'intermédiaire d'une goulotte. Le transvasement peut être effectué par basculement du four.

8. **Vidange du four** : Le basculement de l'ensemble du four se fait autour d'un axe par rapport au bec de coulée. La manœuvre est effectuée par un système électro-hydraulique.

Dans la plupart des cas, le dispositif de basculement du four est implanté à l'intérieur d'une fosse mais rarement au niveau du sol. Dans le premier cas la carcasse du four est montée sur un berceau métallique.



Figure IV.11 : Représente une vue de l'opération de vidange du four.

L'acier une fois liquide est alors transféré vers la coulée de manière à réaliser les pièces à mouler.

III.3.3. Etape Analyse AMDEC de la machine

L'analyse AMDEC proprement dite commence par une identification des mécanismes de défaillance, c'est la partie qualitative de la méthode.

Dans cette étape, nous avons rassemblé pour chaque organe tous ses modes de défaillance, leurs causes possibles et leurs effets générés

1. **Mode de défaillance** : Le mode de défaillance est relatif à la fonction, il s'exprime par la manière dont un élément ou un composant vient à ne plus remplir sa fonction, il est caractérisé par une dégradation ou une perte complète de la fonction.

2. **Les causes de défaillance** : Anomalie initiale (amorçage) susceptible de conduire à un mode de défaillance, elle s'exprime par un terme d'écart par rapport à une référence,
3. **Effet de la défaillance** : C'est la caractérisation de la conséquence constatée par l'utilisateur. Il est relatif au mode de défaillance.
4. **Les grilles de cotation** : Pour évaluer la criticité des défaillances du système étudié (four EGES), 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 du système analysé.

Elles sont aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance. Ainsi nous avons pu dresser les tableaux suivant. [7]

Tableau III.9 : Grille de cotation de la fréquence 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 III.10 : Grille de cotation de la gravité.

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 III.11 : Grille de cotation de la probabilité de non détection.

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.

5. **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 :

$$C = F \times G \times N$$

Les valeurs de criticité, ainsi calculés, nous permettent de faire une classification afin de hiérarchiser les défaillances pour distinguer. Une échelle à 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.

Tableau III.12 : Echelle de criticité.

Niveau de criticité	Exemples d'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

a) **Proposition d'actions correctives**

En se basant sur la classification des défaillances suivant les valeurs des criticités et les différents niveaux atteints par les critères de cotation nous avons proposé des actions correctives qui sont les suivantes :

1. **Changement d'un organe ou de l'un de ses composants :**

Les organes ayant des criticités élevées, résultants des temps d'arrêts énormes, nécessitent un changement systématique.

2. **Contrôle et vérification d'un organe ou de l'un de ses composants :**

Cette action est proposée :

- Soit pour les organes qui possèdent des composants externes, qui induisent à la défaillance et qui sont faciles à contrôler par l'opérateur. Le contrôle doit être fait périodiquement un nombre de fois.

- Soit pour les organes qui n'ont pas des composants faciles à contrôler par l'opérateur mais qui sont importants dans le système, c'est à dire leur défaillance est à criticité élevée ou moyenne. Le contrôle de ses organes nécessite en général des actions spéciales (démontage, appareillage, ...) et donc un temps de travail important, ce qui induit à une période de contrôle grande.

3. Nettoyage

- Vu que la majorité des organes sont en contact avec le sable et que sa pénétration est l'un des causes essentielles de la défaillance de ces organes, nous avons proposé de remédier à cette cause par un nettoyage systématique de la machine après chaque équipe

b) Tableau d'analyse

Le tableau AMDEC machine est le support de travail de l'étape 3. Il doit être rempli au fur et à mesure des travaux par le rédacteur désigné.

Tableau III.12 : AMDEC machine des organes essentiels du four EGES.

Date de l'analyse	AMDEC machine – Analyse des modes de défaillance : Effets et Criticité							page : 1		
	Système : Four EGES		Sous -système : les organes essentiels du four EGES		Phase de fonctionnement :		Nom :			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
Couvercle	-Protection contre l'explosion -Protection contre la chaleur et les pertes par rayonnement	- Devient immobile. - Ne reste plus dans sa position lorsque le four est en position basculée.	- Manque d'huile dans le réservoir hydraulique. - La pompe hydraulique n'est pas mise en marche ou défaillante. - La valve de freinage du vérin de couvercle fuit.	-Arrêt du four	-Visuel Après le contrôle -bruit	1	3	2	6	- Remplacer la pompe ou le moteur de la pompe, si s'est nécessaire. - Remplacer la valve et le vérin du couvercle.
Cadre	-Porte bobine	-Usure	-Durée de vie expirée	-Arrêt du four	-Visuel	3	2	1	6	-A remplacer
Graine de vert pour isolation	- Isolant -Résistance thermique -Protéger la bobine	- Humidité - Coupure	-Durée de vie expirée	-Explosion ou Arrêt du four	26 fois chargement	2	4	2	16	-A remplacer
Matériau réfractaire	-Protection de la bobine	- Usure - Coupure	-Durée de vie expirée.	-Arrêt du four.	-Après la vérification	2	3	2	12	-A remplacer
Plate-forme du four	-Protéger la bobine	-Usure -Corrosion	-Fuite	-Arrêt le four	-Visuel Après la visite	2	1	2	4	-A changer

Tableau IV.13 : AMDEC machine de système hydraulique du four EGES.

Date de l'analyse	AMDEC machine – Analyse des modes de défaillance : Effets et Criticité						page : 2			
	Système : Four EGES		Sous - Ensemble : Système hydraulique		Phase de fonctionnement :		Nom :			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
Réservoir d'huile	-Stocker l'huile	-Réservoir vide	-Fuite de l'huile au niveau du réservoir	-Arrêt du four.	-Fuit d'huile	3	1	1	3	- Remplit le réservoir. - Changer le réservoir en cas de fuite.
Système de graissage	-Assurer le graissage des organes en mouvement : vérins	- Dégradation de la pompe. Débit d'huile insuffisant. - Fuite d'huile.	- Manque d'entretien préventif des distributeurs. -Tuyauterie endommagée.	-Echauffement des organes et arrêt du four	-Bruit -L'écran dans changeur de fréquence	2	3	4	24	-Elaborer un plan d'actions pour la rénovation complète du système de graissage.
Pompe hydraulique	-Générer un débit de l'huile	-Débit d'huile insuffisant. -Pas de débit.	- Blocage ou usure interne. -Moteur d'entraînement endommagé ou le réservoir est vide.	-Echauffement des organes et l'arrêt du four	-Après le Contrôle -L'écran	1	3	2	6	-Remplacer la pompe par une autre. -Remplit le réservoir.
Tuyauterie	-Assurer la circulation de l'huile	- Fuite.	-Fissuration.	-Perte de performance	-Fuite d'huile	1	2	1	2	-Vérifier l'étanchéité des joints. Revêtement des tuyaux.
Distributeur	-Permet la distribution d'huile à l'aide du vérin	-Fuite -Colmatage	-Coincement du tiroir	-Arrêt de fonctionnement de circuit hydraulique	L'écran	2	4	2	16	-Réparer si possible ou remplacer

Electrovann-e	sert à arrête ou ouvrir le débit d'huile	-Coincement	Fatigue	-Pas de circulation du Lubrifiant	Visuel Après contrôle	2	4	1	8	-A remplacer
Clapet Anti-retour	Assure le passage du fluide dans un seul sens	-Usure - fatigue	-Vieillessement -haute pression d'huile	Arrêt le commande hydraulique	-Voyant -L'écran	2	2	1	4	-A remplacer
Vérin pneumatique	-Transformer l'énergie pneumatique en énergie mécanique pour le fonctionnement des bras,	-blocage du vérin -arrêt du piston	-usure de piston -problème des joints	-mauvais fonctionnement	L'écran	4	2	2	16	-Réparer si possible ou remplacer
Manomètre de centrale hydraulique	Il détecte le niveau de la pression d'huile Visuelle ou électrique	-coincement -Disfonctionnement	-vieillessement	Arrêt de circuit hydraulique	L'écran	2	3	2	12	A remplacer

Tableau IV.14 : AMDEC machine des éléments de L'arrière de la plate-forme en béton sous le four du four EGES.

Date de l'analyse	AMDEC machine – Analyse des modes de défaillance : Effets et Criticité								page : 3	
	Système : Four EGES		Sous système : des éléments de L'arrière de la plate-forme en béton sous le four		Phase de fonctionnement :				Nom :	
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
Thyristor	-Protéger le four	-Bloqué	Manque de phases. Durée de vie expirée.	- La puissance du four diminue. - Arrêt du four.	-Voyant	2	1	2	4	- Remplacer le Thyristor par un autre
Les fusibles de puissance	-Protéger le circuit de puissance	-Fusible endommagé	-Court-circuit	-Arrêt du four	- Echauffement	3	1	2	6	-Changer les fusibles
Débitmètre	-Capteur d'eau	-Usure des lames	-Calcaire d'eau	-un signal de klaxon	-Voyant	2	1	1	2	-Nettoyer ou changer les lames
Les câbles électriques	-Assure la circulation de	-Fuites -Coupure	-Fissuration	-Perte de performance du circuit électrique	-Visuel après le contrôle	1	2	1	2	- Vérifier l'étanchéité des joints et le revêtement des câbles
La bobine	- Crée un champ magnétique. - Générer la température. - Echauffement de la matière.	-création d'étincelles entre la bobine la tôlerie. - Coupure - Les connexions de la bobine du four bougent, ne reste pas à leur place (centré entre les blocs)	-De la poussière conductrice cumulée sur la bobine - Isolement de la bobine défaillante.	-Arrêt du four	-Visuel Après démontage	2	1	3	6	-Changement de la bobine.

-Pompe de refroidissement	-Générer un débit d'eau	-Débit d'eau insuffisant. -Pas de débit.	-Blocage ou usure interne. -Moteur d'entraînement endommagé ou le réservoir est vide.	-Echauffement des organes et l'arrêt de la machine.	-Visuel d'après démontage	2	3	3	18	-Réparer si possible ou Remplacer la pompe par une autre. -Remplit le réservoir.
Tuyauterie	-Assure la circulation de l'eau chaude et froide	-Fuites	-Fissuration	-Perte de performance du circuit de refroidissement	-Visuel Après le contrôle	1	2	3	6	- Vérifier l'étanchéité des joints et le revêtement des tuyaux.
Condensateur	-Accumuler et stocker l'énergie	-Grille -Capacité dégradée	-Surcharge -Elévation de température -Surintensité	-Arrêt le four	-Voyant -L'écran	2	2	1	4	Réparer si possible
Réservoir d'eau	-Stocker l'eau	-Réservoir vide	-Fuite de l'eau au niveau du réservoir	- Arrêt du four.	-Fuit d'eau	3	1	1	3	- Remplit le réservoir. - souder le réservoir en cas de fuite.
Vanne	-Couper ou ouvrir Le débit d'eau	-blocage	-Corrosion -Choc	-mauvais fonctionnement	-Visuel D'après visite	2	2	1	4	-Réparer si possible ou remplacer la vanne par une autre
transformateur	-Abaisser la tension	-Court circuit -Bobine défectueuse	-Surintensité -Choc	Arrêt le four	Détection possible (multimètre) ou visuel	1	2	1	2	-A remplacer

- c) **Classification des éléments suivant leurs criticités** : Nous avons choisi la valeur 8 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse 8 sont regroupés par ordre décroissant dans le tableau (III.16), c'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées.

Tableau III.16 : Classification des éléments suivant leurs criticités.

Eléments	Criticité	Propositions d'actions à engager
Système de graissage	24	Inspection et nettoyage systématique des organes Contrôle de la surface à l'usure
Pompe de refroidissement	18	Inspection et nettoyage conditionnelle de la pompe. Révision de la conception des éléments et du choix des composants. Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
Graine de vert pour isolation	16	Contrôle systématique de la surface à l'usure des cotés Contrôle périodique.
Matériau réfractaire	12	Contrôle à l'usure Changement périodique (chaque semestre)

III.3.4. Etape Synthèse de l'analyse AMDEC

On a constaté, à partir des résultats obtenus, que la majorité des fonctionnements du four **EGES** sont dus au non-respect des plans de maintenance préventive et de l'ignorance des travaux quotidiens de contrôle et de surveillance.

Pour assurer le bon fonctionnement du four **EGES** on a proposé le plan de maintenance préventive dans le tableau III.17. [6]

Tableau III.17 : Plan de maintenance préventive de four EGES.

Plan de maintenance préventive	Machine : Four EGES							N° fiche	Observation
	Opération	Exécutant	Périodicité						
			J	H	M	T	S		
Contrôle visuel et nettoyage des barres en métal sur les câbles refroidis par eau	Mécanicien	X						47/17	A l'arrêt
Vérification de fuite sur les joints de pipe hydraulique	Mécanicien	X						47/17	En marche
Maintenance du bec versant du four avec des équipements de maintenance	Mécanicien	X						47/17	A l'arrêt
Un des tuyaux doit être enlevé et examiné pour déceler la corrosion.	Mécanicien						X	47/17	A l'arrêt Si la corrosion est détectée, les pièces nécessaires doivent être changées.
Remplacez l'huile hydraulique et nettoyez le récipient d'huile	Mécanicien						X	47/17	A l'arrêt
Nettoyez les réservoirs	Mécanicien						X	47/17	A l'arrêt
Changement d'eau de circuit interne. eau distillée	Mécanicien					X		47/17	A l'arrêt
Vérifier le système de refroidissement	Mécanicien		X			X		47/17	En marche
Vérifier l'état de commutateur de transfert	Mécanicien		X					47/17	En marche
lubrifier les joints de rotation de four	Mécanicien		X					47/17	A l'arrêt
Vérifier le stockage d'eau	Mécanicien			X				47/17	En marche
Nettoyez la poussière des équipements	Mécanicien			X				47/17	A l'arrêt
Examinez les barres isolation et les plats d'isolation	Mécanicien				X			47/17	A l'arrêt
Vérifier la pompe hydraulique manuelle	Mécanicien				X			47/17	A l'arrêt
Vérifier tous les boulons de raccordement des barres électrique	Mécanicien					X		47/17	A l'arrêt
Changez les barres d'isolation avant shunts	Mécanicien						X	47/17	A l'arrêt

J : Jour / H : Hebdomadaire / M : Mensuel / T : Trimestrielle / S : Semestrielle / A : Annuelle

Tous les travaux d'entretien doivent seulement être menés par le personnel habile et qualifié prônant une attention particulière aux instructions pour la prévention des accidents.

Pour conclure notre étude AMDEC sur le four EGES, nous avons identifié les différents modes de défaillances propres à certaines parties de la machine.

Après avoir étudié les modes de défaillances, leurs causes et effets, nous avons proposé des solutions sous forme d'actions correctives et préventives qui vont peut être permettre d'abaisser le niveau de criticité de chaque défaillance. C'est lors de cette étude AMDEC que nous avons appris que la principale défaillance du four EGES venait du manque d'entretien du four. Toutefois, nous ne sommes pas en mesure de garantir si les solutions proposées sont faisables, réalisables, et à un coût raisonnable.

En fin, nous pouvons sortir avec les recommandations suivantes :

- Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique, telles que : Le nettoyage, graissage systématique des pièces et le remplacement des pièces usées, selon les périodicités recommandées par le constructeur.
- Établir des fichiers historiques bien détaillés sous forme de fiche électronique.
- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à l'AMDEC.
- Tenir un stock de sécurité des pièces de rechange de 1^{ère} nécessité.
- Respecter les consignes de la sécurité.
- Utiliser les logiciels de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO).