REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L‘‘ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de Technologie

Mémoire de fin d’études de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Amélioration de la disponibilité d’un four de fusion -application AMDEC machine

---

Présentée par :

- SELMI Ahmed
- BENSAADA Lounis

Proposé et Dirigé par :

- Promoteur : GUEMANA Mouloud

Promotion 2023

Remerciements

✓ *Tout d'abord, nous remercions « ALLAH » tout-puissant de nous avoir permit de mener à bien ce travail début jusqu'à la fin*

✓ *Deuxièmement, nous remercions tous la famille et les proche qui nous soutenus dans notre parcours académique en général et surtout dans le mémoire de fin d'étude.*

✓ *Bien sur, nous remercions et appréciation aux notre professeurs qui nous ont aidés à arriver ici.*

✓ *Je tiens à remercie M.GUEMANA Mouloud Encadreur de ce mémoire qui a ménagé un grand effort afin de me permettre de mener à bien mon modeste travail et à qui j'exprime ma gratitude Et mes respects.*

✓ *Un grand merci à noter Co-promoteur M.HAMMIDI Djilali qui nous a aidés à pratiquer et bien partager et bien ses orientations et ses conseils les informations nécessaires*

DEDICACES :

JE DEDIE CE MIMIORE A :

- *Ma très chère mère*

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

- *A mon cher père*

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

- *A mes chers frères et mes chers sœurs et toute ma famille et à tous ceux qui ont un nom SELMI et DABOUB sans oubliée les enfants de ma sœur* ***MOHAMED*** *et* ***ALAA AL-RAHMAN.***

Puisse dieu vous donne la santé. Le bonheur. Le courage et surtout la réussite.

- *Et à mes très chères amis et camarades pour tous les moments d'échange et de débat aux personnes qui m'ont toujours aidé et soutenue sans oublier mes cousines.*

SELMI
Ahmed

JE DEDIE CE MIMIORE A :

C'est avec grand plaisir que je dédie cet humble travail :

A la personne la plus chère de ma vie, ma mère.

À la personne qui m'a soutenu tout au long de mes études, mon père

Que dieu les gardes

Aux chers mon frère et ma sœur.

A tous mes chères collègues et mes chères

amis que j'ai rencontré au cours de ma carrière universitaire.

N'importe qui occupe une place dans mon cœur.

A toute ma famille et à tous ceux qui ont un nom

Bensaada, je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Sans oublier les profs et les professeurs qui nous aident

à atteindre jusqu'à la fin .

BENSAADA

Lounis

Résumé :

Dans les activités industrielles, le bon fonctionnement du processus industriel est généralement lié au bon fonctionnement des équipements disponibles, et il existe généralement des équipements de base pour mener à bien cette activité. Son interruption constitue un risque pour l'activité industrielle, ce qui rend ces institutions subissent des pertes énormes.

L'objectif est la réalisions une étude technologique sur un four de 12 tonnes situé dans l'usine de POVAL à Barrouagia. L'objectif principal de cette étude est d'analyser le fonctionnement de cet équipement et d'identifier les problèmes qui sont survenus depuis son installation.Pour mener cette étude, nous allons utiliser la méthode AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité), une approche largement utilisée dans la plupart des secteurs industriels en Algérie. Cette méthode nous permettra d'effectuer des diagnostics précis afin d'améliorer la politique de maintenance de l'équipement.

ملخص:

الأنشطة الصناعية، يرتبط الأداء السليم للعملية الصناعية بشكل عام بالتشغيل السليم في
للمعدات المتاحة، وهناك بشكل عام معدات أساسية للقيام بهذا النشاط. وانقطاعه يشكل خطرا على النشاط الصناعي مما يجعل هذه المؤسسات تتكبد خسائر فادحة.

كجزء من هذا العمل نقترح اجراء دراسة تكنولوجية لفرن تذويب الحديد سعة 12 طن بمصنع الحديد والصلب بالبرواقية. فان الالامر يتلق بدراسة تشغيل هذه المعدات وتحديد المشاكل التي نشأت منذ تركيبها، باستخدام طريقة (تحليل أنماط الفشل لتأثيرها وحرجتها)، والتي تجد تخفيض علمي في غالبية القطاعات الصناعية الجزائرية. يقترح هذا التحليل اجراء التشخيصات من اجل تحسين سياسة الصيانة وبالتالي تقييم مدى توفر التشغيل وسلالامته وامنه.

Abstract :

In industrial activities, the proper functioning of the industrial process is generally related to the proper operation of the available equipment, and there are generally essential equipment to carry out this activity. Its interruption poses a threat to industrial activity, which makes these institutions incur heavy losses.

As part of this work, we propose to conduct a technological study for a 12 ton iron melting furnace in the Iron and Steel Factory POVAL in El-Berouagia. It comes down to studying the operation of this equipment and identifying the problems that have arisen since its installation, using the method AMDEC (analysis of failure patterns for their impact and criticality), which finds a scientific reduction in the majority of the Algerian industrial sectors. This analysis suggests performing diagnostics in order to improve the maintenance policy and thus assess the availability, safety and security of operation.

Les mots clés :

Le risque : Selon l'AFNOR, le risque est défini comme la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux et de sa gravité. Il peut être lié à des activités, des situations ou des produits et peut avoir des conséquences sur la santé, l'environnement ou les biens matériels.

La maintenance :(Norme AFNOR X 60-010), Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

La fonderie : est un procédé industriel qui consiste à couler du métal liquide dans un moule pour obtenir une pièce solide de forme déterminée. Cette technique permet de produire des pièces en grande quantité et avec une grande précision, notamment dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, de la construction navale et de l'énergie.

La défaillance : est un état de dysfonctionnement ou d'incapacité d'un système, d'un organe ou d'un processus à remplir sa fonction normale. Cela peut se produire en raison de divers facteurs tels que des erreurs de conception, des défauts de fabrication, une usure excessive, des dommages physiques ou une mauvaise utilisation.

La fiabilité : est la capacité d'un système, d'un produit ou d'un service à fonctionner de manière constante et prévisible dans des conditions normales d'utilisation, sans défaillance ni panne. Elle se mesure par la probabilité qu'un système ou un produit fonctionne correctement pendant une période donnée.

Liste des abréviations :

-AMDEC : Analyse de modes de défaillance leur effet et leur criticité.

-ADD : Arber de défaillance.

- **MTBF :** la moyenne des temps de bon fonctionnement.

-MTTR : la moyenne des temps techniques de réparation.

-MTTA : la moyenne des temps techniques d'arrêt.

-12 T : 12 tonne.

-C : la Criticité.

-G :la gravité.

-N :la probabilité de détection.

-F : la fréquence.

-MPS : maintenance préventive systématique.

-MPC : maintenance préventive conditionnelle.

-MC : maintenance corrective

Table des matières

Introduction Général 1

Chapitre N°01 : Présentation de l'entreprise POVAL.....3

1.1) Historique : 4

1.2) Historique statutaire : 4

1.3.Plan de situation:..... 5

1.4) Activités de l'entreprise : 5

1.5) Les différentes unités de POVAL : 6

Chapitre N°02 : Description de la fonderie et de four à induction 12 T. 9

2.1. Introduction : 9

2.2. Fonderie :..... 9

2.2.1. Généralité sur la fonderie : 9

2.2.2. Unité fonderie POVAL:..... 10

2.2.3. Possibilités de la fonderie : 11

2.2.4. Processus de fabrication : 11

2.2.4.1) Modelage : 11

2.2.4.2) Fusion : 11

2.2.4.3) Sablerie : 12

2.2.4.4) Moulage : 13

2.3. Description et fonctionnement d'un four à induction junker 12 T..... 20

2.3.1. Définition et rôle d'un four induction : 20

2.3.2. Description de four 12 T : 21

2.3.2.1. Principe de fonctionnement de four à induction : 21

2.3.2.2.les sous-systèmes du four 12 T : 21

2.3.2.2.1. La corp de four 12 T : 22

2.3.2.2.2. Système hydraulique : 24

2.3.2.2.3. Système électrique : 25
2.4. Conclusion : 26
Chapitre N°03 : Objectif et rôle de la maintenance…….27
Partie 01 : La maintenance. 27
3.1.1. Introduction : 27
3.1.2. Définition de la maintenance : 28
3.1.3. Les objectifs de la maintenance : 28
3.1.4. Les formes de la maintenance : 30
3.1.4.1. La maintenance préventive : 31
3.1.4.2. La maintenance corrective : 33
3.1.5. Les opérations de maintenance : 34
3.1.6. Les niveaux de maintenance : 35
3.1.7. Les tempes de maintenance : 36
Partie 02 : l'analyse de défaillance : 37
3.2.1. La défaillance : définition selon (Norme AFNOR X60-010) 37
3. 2.2. Analyse de mode de défaillance de leurs effets et leur criticité AMDEC : 39
3.2.2.1. Histoire et Evolution : 39
3.2.2.2. Définition :(Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.) : 39
3.2.2.3. Objectifs de l'AMDEC : 40
3.2.2.4 : Les types de l'AMDEC : 40
3.2.2.5. Avantages et inconvénients de l'AMDEC : 41
3.2.3. AMDEC machine : 42
3.2.3.1.Définition : 42
3.2.3.2. Les intérêts : 42
3.2.3.3. Cas d'application : 42
3.2.3.4. Les démarches pratiques de l'AMDEC machine : 43

Conclusion : 44

Chapitre N°04 : Application de la méthode AMDEC sur un four à induction 12T.....46

4.1.Introduction : 46

4.2: Démarche de l'AMDEC..... 47

4.2.1 : Étape 1 : 48

4.2.2 : Etape II : 50

CONCLUSTION : 110

Conclusion générale 111

Liste de figure :

Figure N°1 : image google de lieu de situation de POVAL.....5

Figure N°2 : Plan de procès de l'entreprise.....6

Figure N°3 : Schéma de l'unité fonderie POVAL.....10

Figure N°4 : Schéma de principe d'une sablerie.....12

Figure N°5 : Fabrication d'un élément de tuyauterie par moulage main.....13

Figure N°6 : Machine à projection de sable.....14

Figure N°7 : Machine à retourner et à démouler.....15

Figure N°8: Moulage machine – Serrage moyenne pression.....16

Figure N°9: Moulage machine – Serrage basse pression.....17

Figure N°10: Chantier de moulage automatique, capacité 300 moules/h.....18

figure N°11 ; Schéma d'équipement de soutien.....20

Figure N° 12: FOUR 21

Figure N°13 : Four avec la hotte d'aspiration ouverte à double bascule (option) 22

Figure N°14 : Four en position basculée.....22

Figure N°15 : schéma d'un système de refroidissement.....23

Figure N°16 : Système de four.....24

Figure N°17 : Les formes de la maintenance.....29

Figure N°18 : les types de La maintenance préventive.....31

Figure N°19 : les types de la maintenance corrective.....33

Figure N°20 : Temps caractéristiques lors d'une intervention.....37

Figure N°21 : Four en sous ensemble.....50

Figure N°22 : le corps four 51

Figure N°23 : le système de refroidissement.....52

Figure N°24 :Le système électrique.....52

Figure N°25 : le système de commande et sécurité.....53

Figure N°26 : Le circuit de contrôle.....53

Figure N°27 : ETR.....54

Figure N°28 : un système d'alarme 55

Figure N°29 :Diagramme de fonction de four.....55

figure N° 30 :shima réprésenté les actiones corective pour milleure criticite.....109

figure N°31: histogramme presenté la défirence entre la somme de criticité de les élements de chaque sous systéme avant et apres l'application de l'AMDEC.....110

-

Liste des tableaux :

Tableau N°1 : Modes de défaillance génériques.....**38**

Tableau N°2 : Grille de cotation de la probabilité de non détection.....**56**

Tableau N°3 : Grille de gravité.....**57**

Tableau N°4 : Grille de cotation pour la fréquence.....**58**

Tableau N°5 :grille de criticité.....**59**

Introduction Général

La maintenance est un élément clé dans le domaine industriel car elle permet de garantir la disponibilité, la fiabilité et la sécurité des équipements et des installations. Elle consiste à prévenir les pannes, à détecter les défaillances et à effectuer les réparations nécessaires pour assurer le bon fonctionnement des machines et des outils, et jouée un rôle crucial dans l'optimisation de la production industrielle car elle permet de minimiser les temps d'arrêt, d'améliorer la qualité des produits, de prolonger la durée de vie des équipements et de réduire les coûts liés aux réparations et aux remplacements.

La fusion des métaux, en particulier, est un processus important pour l'industrie métallurgique, car elle permet de produire des pièces moulées, des lingots, des billettes et d'autres formes de produits métalliques. Les fours de fusion sont des équipements clés utilisés dans ce processus, L'amélioration de la disponibilité d'un four est un enjeu crucial pour les industries de la métallurgie et de la fonderie. En effet, la disponibilité d'un four à induction est étroitement liée à la capacité de production de l'entreprise et à sa compétitivité sur le marché. Une panne de four peut entraîner des pertes financières importantes en raison des coûts élevés de réparation et de l'arrêt de la production.

Dans ce contexte, la maintenance préventive est une approche essentielle pour améliorer la disponibilité d'un four à induction. L'objectif de la maintenance préventive est d'anticiper les pannes et les défaillances en effectuant des inspections régulières et en remplaçant les pièces usées avant qu'elles ne causent des problèmes.

Cependant, la mise en place d'un programme de maintenance préventive efficace nécessite une approche méthodique et structurée. C'est là que la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) peut être utile. La méthode AMDEC permet de hiérarchiser les risques de défaillance des composants du four à induction et de déterminer les actions à entreprendre pour minimiser ces risques. Elle permet également d'optimiser les intervalles de maintenance en fonction de la criticité des composants.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de réaliser une étude technologique sur un four à induction d'une capacité de 12 tonnes par heure dans l'usine SPA POMPE ET VANNE ALGERIENNE située à Berrouaghia.

L'objectif de cette étude est d'analyser le processus d'exploitation de cet équipement et d'identifier les problèmes qui se sont produits depuis son installation. Pour ce faire, nous utiliserons la méthode AMDEC (Analyse de mode de défaillance, de leurs effets et de leur criticité), largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels en Algérie.
Cette analyse nous permettra de diagnostiquer les défaillances et les risques associés à l'équipement. Nous pourrons ainsi optimiser la politique de maintenance, améliorer la disponibilité, la sécurité et la fiabilité de son fonctionnement. En effectuant un diagnostic approfondi, nous visons à optimiser les opérations et à assurer un meilleur rendement de l'équipement dans l'usine SPA POMPE ET VANNE ALGERIENNE à Berrouaghia.
notre travail est structure autoure de quatre chapitres comme suivants:

- Chapitre N°01 : présentation de l'entreprise POVAL.

- Chapitre N°02 : Description de la fonderie et de four à induction 12 T.

- Chapitre N°03 : Objectif et rôle de la maintenance.

- Chapitre N°04 :Application de la méthode AMDEC sur un four à induction 12T.

Chapitre N°01 : Présentation de l'entreprise POVAL

1.1) Historique :

L'entreprise SONACOME est Née au début l'anné 1970 qui regroupait onze entreprises publiques, toutes versées dans l'industrie mécanique, dont POVAL qui faisait partie, restructurée en entreprise autonome chargée de la fabrication de pompe et vanne et sa commercialisation vers le secteur agricole, industriel et hydrocarbure.[1]

1.2) Historique statutaire :

Depuis sa création l'entreprise a connue de différentes étapes qui sont :

− L'année 1969 : Il a été décidé d'un projet de réalisation dans la Wilaya de Médéa de l'entreprise SONACOME dans le cadre Du programme spécial.

− L'année 1970 : une convention a été signée avec l'entreprise Allemande (INVEST EXPORT)pour la construction d'un Complexe de fonderie et vanne à Berrouaghia.

− -Le16/06/1975 : une autre convention a été signée avec les entreprises Allemande (INVESTE EXPORT) et Tchécoslovaque pour la réalisation d'un projet de pompe.

− L'entreprise Française SOGELERG s'est vue confier la construction des bâtiments administratifs. Les travaux ont été achevés selon les détails ci-dessous :

− Avril 1975 : Atelier Vannes.

− Octobre 1975 : Atelier Fonderie.

− Novembre 1980 : Atelier Pompe.

− Juin 1982 : la Maintenance.1983 : Le décret 83/O1 du 01/01/1983 portant la restructuration de l'entreprise Nationale de Construction Mécanique (SONACOME) qui a donné naissance à L'Entreprise Nationale de Production des Matériaux Hydrauliques ENPMH, C'est Confié la production des matériaux Hydraulique dans le cadre du plan national de développement Economique. Cette entreprise a été considérée comme la première du genre dans le monde arabe selon sa spécialisation.

- Le 1994 : L'entreprise a été scindée en quatre unités avec L'autonomie financière tout en restant sous la dépendance de l'entreprise mère * ENPMH *.

- Le1997 : L'entreprise a était restructurée une 2ème fois et devient une SPA POMPE ET VANNE ALGERIENNE.[1]

1.3.Plan de situation:



Figure N°1 :image google de situation de POVAL.

1.4) Activités de l'entreprise :

POVAL est spécialisée dans la fabrication de produits servant à l'agriculture, à l'industrie, et aux hydrocarbures.
Le complexe industriel est implanté à Berrouaghia wilaya de Médéa sur une superficie de 40 hectares et comprend une unité fonderie, une unité fabrication pompe, une unité fabrication vanne et une unité maintenance. Elle est chargée de la production de pompe, de vanne, et divers robinetterie industrielle ainsi que sa commercialisation à travers son réseau de distribution et maintenance. Parmi ces unités j'ai été affectée à l'unité de fonderie qui fabrique et fourni des pièces brutes aux autres unités de POVAL ainsi qu'a l'extérieur et elle est considérée comme une pièce maitresse dans tout le processus de fabrication mécanique.[2]

1.5) Les différentes unités de POVAL :

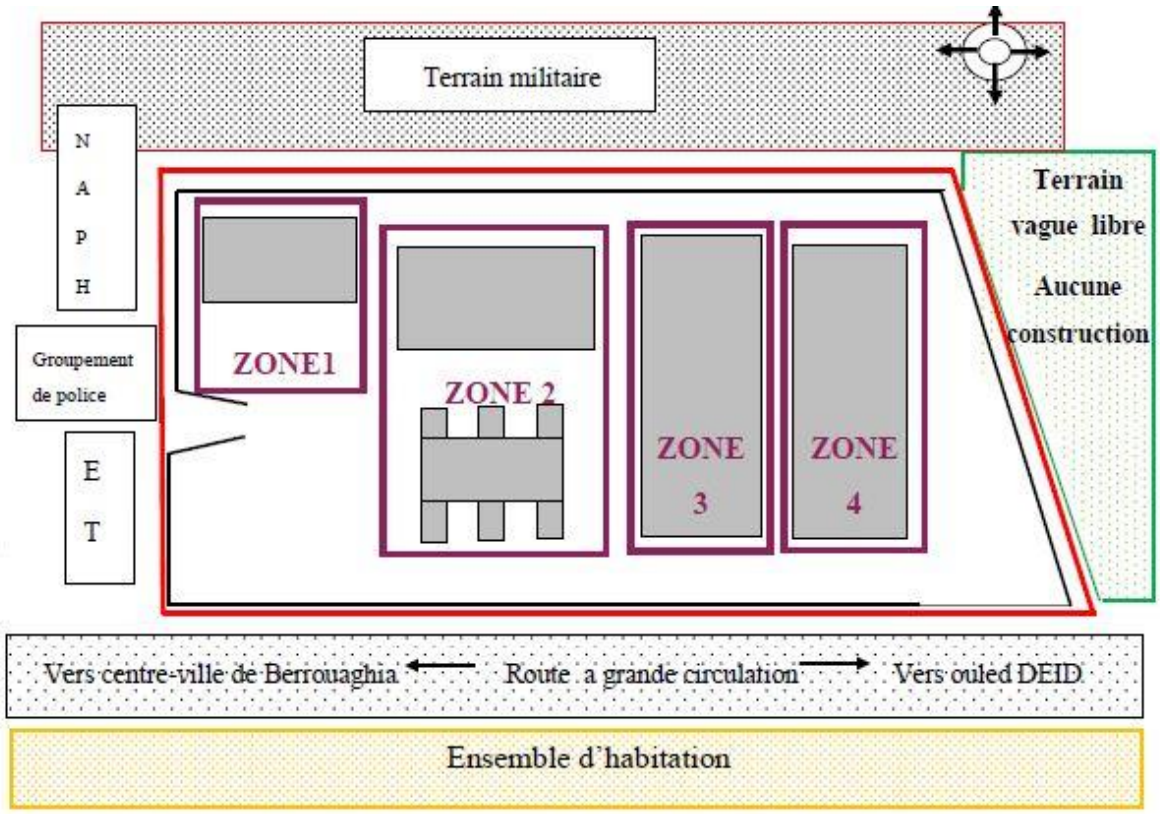


Figure N°2: Plan de procès de l'entreprise.

ZONE 1 : unité de maintenance

ZONE 2 : unité de fonderie et l'administration

ZONE 3 : unité des vannes

ZONE 4 : unité des pompes

1.5.1) Unité Vanne Berrouaghia :

1.5.1.a) Les différents secteurs de cette unité:

- Hydraulique.
- Centrales Thermiques.
- L'industrie chimique.
- La raffinerie et autre branche d'industrie.

La capacité de production de cette unité est de quelques 90000 vannes Tous types Confondus et de 35000 accessoires divers, elle fabrique :

- Des vannes hydrauliques.

- Des vannes hydrocarbures.

- Matériel de lutte anti-incendie.

- Accessoires de tuyauteries.

1.5.2) Unité Pompes Berrouaghia:

C'est une partie très importante du complexe POVAL, d'une capacité de Production d'au moins 30000 pompes/an, elle fabrique :

- Des pompes horizontales (électriques et thermiques).

- Des pompes submersibles.

- Des pompes multicellulaires.

- Des pompes pour eau chargée.

- Des circulatoires d'eau chaude.

- Des pompes hydrocarbures.[2]

1.5.3) Unité Maintenance Berrouaghia :

Cette unité considérée comme étant le cœur de complexe, causé par ces multiples fonctions qui met à la disposition des clients.

1.5.4) Unité Fonderie Berrouaghia :

Elle est d'une capacité réelle de 6000 tonnes/an, elle fabrique :

- De pièces brutes de fonderie.

- Matériel de voirie.

- Pieces spéciales.[2]

Chapitre N°02 :Description de la fonderie et de four à induction 12 T.

Chapitre N°02 :

2.1. Introduction :

La fonderie est l'un des secteurs essentiels de l'activité économique mondiale, et les progrès réalisés dans tous les secteurs du mouvement rendent la fonderie un élément vital pour la production des pièces mécanique.

La fonderie étant une composante importante comme nous l'avons mentionné précédâmes, elle comporte également de nombreux obstacles et difficultés dans lesquels toutes les fonderies partagent, mais a des dégrée divers, et affectent négativement la bonne rentabilité et la productivité donc comment faire l'opération de fusion ?

Les fours (étuves) se rencontrent dans un grand nombre de secteurs industriels mais principalement dans l'industrie des métaux, des matériaux et des céramiques. Le choix des équipements et des fonctions des fours et étuves dépend des applications et des besoins de l'utilisateur. Les aspects énergétiques et les modélisations avec un logiciel approprié permettent de les comprendre et de les maîtriser. Les modes de conduite de ces outils de production sont en rapport avec les besoins et les contraintes thermique.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons au type de fours électriques pour la sidérurgie, puisque nous prendrons comme exemple le four de fusion de 12 tonnes afin de le décrire et connaître son mode de fonctionnement en général. [3]

2.2. Fonderie :

2.2.1. Généralité sur la fonderie :

Fonderie peut apparaître comme une technique de fabrication très simple, universellement connue, utilisée depuis des millénaires et qui consiste à « fondre un alliage et le couler dans un moule reproduisant la forme de la pièce à obtenir ». Le processus industriel se révèle beaucoup plus complexe ; il s'agit en effet de fabriquer des pièces répondant à des critères bien définis, avec des cahiers des charges rigoureux, dans une gamme étendue d'alliages différents à qui l'on demande des performances de plus en plus élevées et fiables, dans des gammes de masses allant de quelques grammes à plusieurs dizaines ou centaines de tonnes, avec des précisions dimensionnelles toujours plus serrées, des états de surface les meilleurs possibles, des formes complexes pour intégrer le maximum de

fonctions et avec des cadences de production allant de la pièce unitaire à plusieurs milliers de pièces par jour dans des conditions les plus économiques possible.[3]

2.2.2. Unité fonderie POVAL:

La fonderie est l'une des unités les plus importantes de l'usine, où s'y déroule le processus de fusion et de production des pièces, et elle se compose de plusieurs dispositifs tels que le four de fusion, qui est le moyen le plus important où le fer y est fondu et se compose de sablerie qui produisent du sable pour produire des moules, ainsi qu'un chantier de moulage pour fabriquer des moules sur mesure en utilisant le sable produit à partir des dalles L'unité contient également une salle de contrôle de la qualité et une salle de traitement thermique.

La figure suivante présenté l'unité de fonderie :[3]

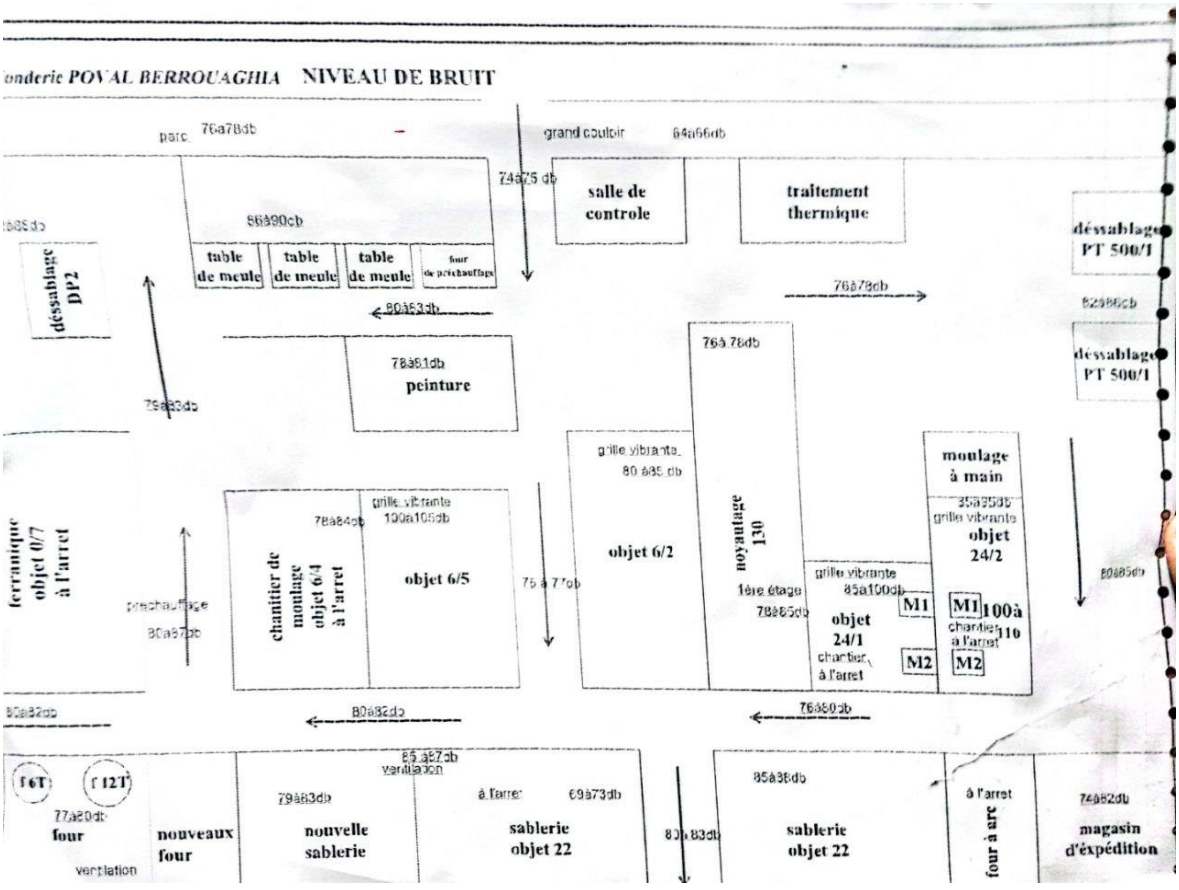


Figure N°3 : Schéma de l'unité fonderie POVAL

2.2.3. Possibilités de la fonderie :

La fonderie donne beaucoup de possibilités qu'il est nécessaire de rappeler avant d'aborder l'étude des techniques de fabrication. On peut disposer comme suit :

2.2.3.1. Composition des alliages : on peut noter lesquels :

− Les alliages ferreux courants (fonte grise lamellaire FGL).

− Fonte grise sphéroïdale FGS), aciers) .

− Les alliages non-ferreux (aluminium, bronze, magnésium, zamac...) .

− Les alliages spéciaux, aciers inoxydables, réfractaires, in usinables, difficiles à mettre en forme par d'autres procédés de fabrication.[3]

2.2.3.2. Structure des alliages :

Par exemple aux traitements thermiques, on peut modifier la structure de certains alliages coulés. En outre pour une même pièce on peut obtenir des structures différentes dans certaines parties de celle-ci. Donc il faut également noter que tout alliage moulé est isotrope.

2.2.3.3. Pièces :

-Dessin : on peut mettre la matière où cela est nécessaire en fonction des contraintes subies par la pièce, mais en respectant les règles du tracé des pièces.

-Formes : on peut concevoir des pièces monoblocs, plus compliquées intérieurement et extérieurement que celles obtenues avec d'autres procédés, pour leur permettre d'intégrer plusieurs fonctions et pour supprimer des raccords.[3]

2.2.3.4. Coûts de fabrication :

La fonderie est le plus court chemin pour l'obtention d'une pièce, partant directement des matières brutes (ferrailles, sable…) pour fabriquer et livrer un produit fini, dans des conditions les plus favorables sur le plan énergétique et économique.

2.2.4. Processus de fabrication :

2.2.4.1) Modelage : réalisation de modèles et boites à noyaux

2.2.4.2) Fusion : élaboration du métal FGL20 (5éléments de base pour la fonte : carbone

–soufre – Manganèse –Phosphore –Silicium)

2.2.4.3) Sablerie : préparation de sable de moulage (bentonite, charbon, sable neuf, l'eau, sable retour)

La préparation et la régénération des sables récupérés après décochage se font dans des installations appelées sableries où les sables sont tamisés, d'émottés, concassés, déferrés, dépoussiérés et refroidis (dans certains cas avant d'être malaxés et mélangés dans les broyeurs avec les apports d'eau et d'adjuvants, bentonite, noir minéral, etc.), pour être ensuite envoyés aux machines à mouler.[3]

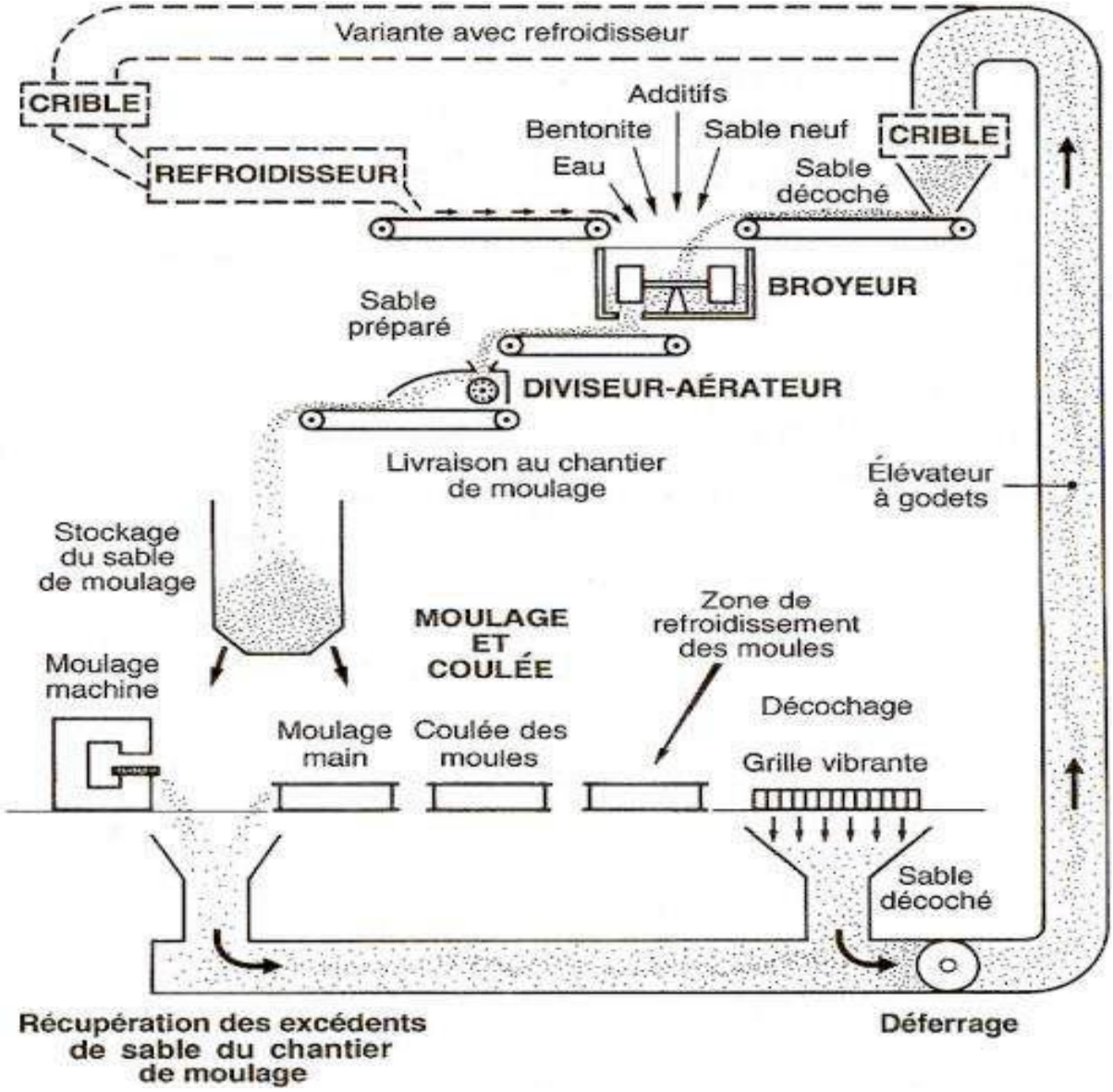


Figure N°4 : Schéma de principe d'une sablerie

2.2.4.4. Moulage :

L'opération de moulage consiste à fabriquer un moule, généralement en matériaux réfractaires, qui porte l'empreinte en négatif de la pièce, cette empreinte étant obtenue à partir d'un modèle reproduisant la pièce à fabriquer. Elle détermine en effet, d'après le modèle, les formes de la pièce à couler, ses dimensions et leur précision, ses états de surface, son refroidissement, et joue un rôle prépondérant sur de très nombreux paramètres influent sur sa qualité.[1]

2.2.4 .4.1. Procédés de moulage :

Le moulage est la plus importante opération de fabrication en fonderie, c'est elle qui détermine les caractéristiques principales de la pièce et qui influe dans une très large proportion sur son niveau de qualité.

A. Moulage main :

C'est le mode de moulage le plus anciennement utilisé dans toutes les fonderies. Avec le développement du machinisme et de la mécanisation, adaptés à des productions de masse, il a peu à peu régressé pour être surtout employé aujourd'hui dans les ateliers de fabrication de pièces unitaires de tous tonnages ou de très petites séries, ne justifiant pas, dans ce cas, des coûts d'outillage type machine trop élevés.[3]

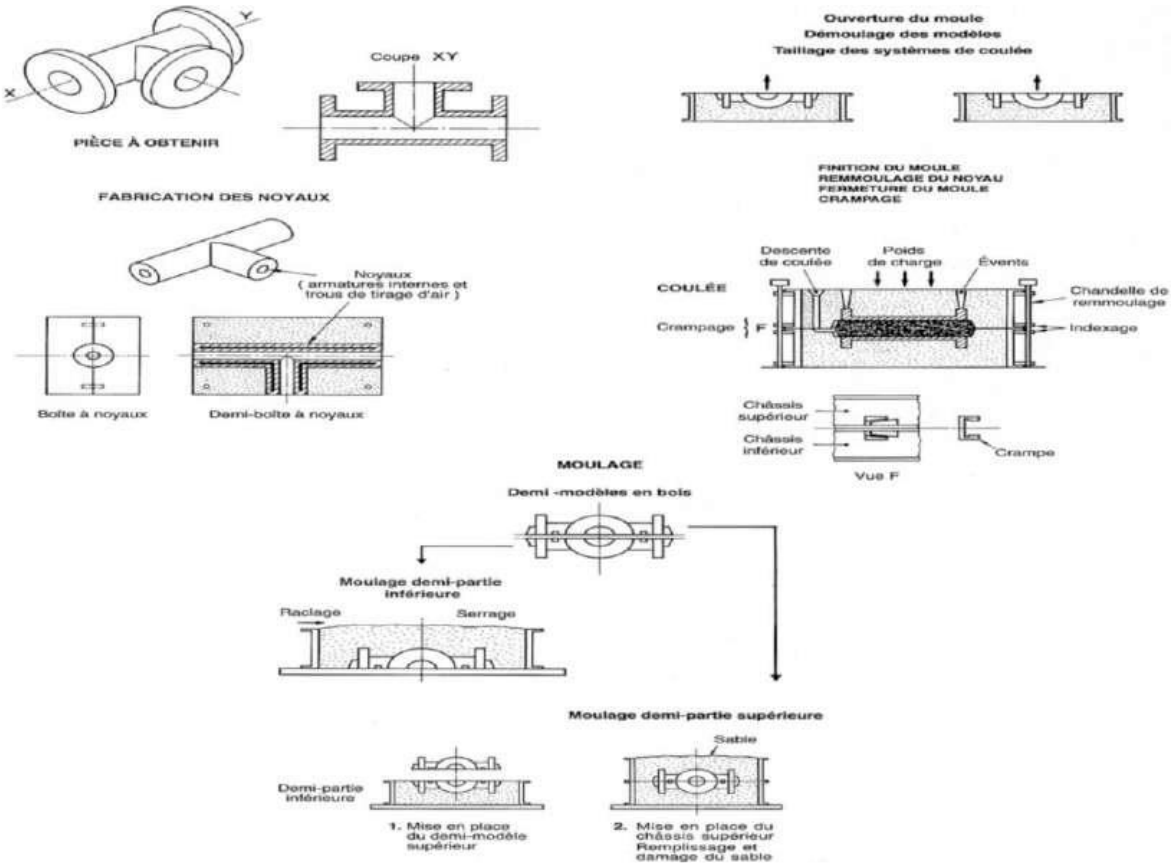


Figure N°5 : Fabrication d'un élément de tuyauterie par moulage main

A.1. Principe :

On peut mouler une pièce d'après un modèle réalisé habituellement en bois, ce modèle pouvant être parfois simplifié Le modèle est généralement séparé en deux parties suivant un plan de joint, une demi- partie servant à faire le moule de dessous, l'autre demi -partie, le moule de dessus. Pour les plus gros moules, chaque partie de modèle peut être posée directement sur des marbres, à même le sol de l'atelier. Toutes les parties en creux de la pièce qui ne se démoulent pas sont fabriquées dans les boîtes à noyaux pour être ensuite positionnées dans des parties prévues sur le modèle et reproduites en creux dans le moule. L'apparition des modèles en polystyrène et des sables autodurcissants a permis de simplifier toutes ces opérations et d'apporter des gains de manutention considérables .

On peut aussi, en moulage main, surmouler une pièce irréparable que l'on utilise comme modèle pour fabriquer une pièce de remplacement.[3]

A .2. Matériaux et sables utilisé :

Pour ces moulages, on utilise des sables silico-argileux avec 5 à 10 % d'humidité. Le sable vert (dit aussi à vert) : réservé à la fabrication des petites et moyennes pièces, on lui ajoute

parfois un peu de silicate de sodium ou de mélasse pour donner au sable un peu plus de consistance ou corps.[3]

A.3.Machines :

Pour le serrage des moules, on peut utiliser :
- des secoueurs à moules pour tasser le sable;
- des machines à projection de sable (Piper) fixes ou mobiles, projetant le sable de moulage par l'intermédiaire d'une turbine à palette.

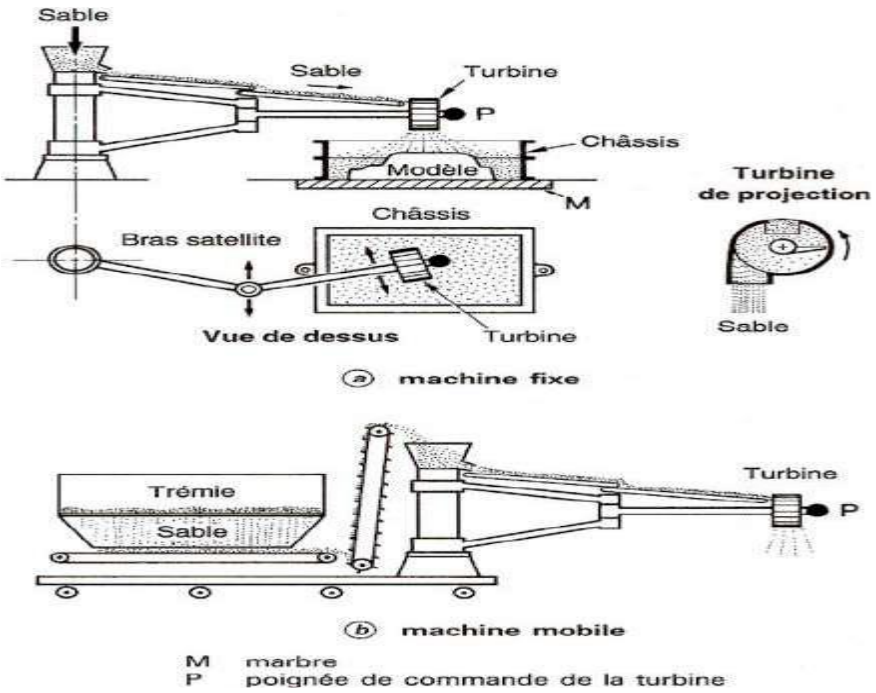


Figure N°6 : Machine à projection de sable

Les démouleuses à retournement facilitent le démoulage des modèles en remplaçant la classique opération d'extraction au palan après retournement des moules.[3]

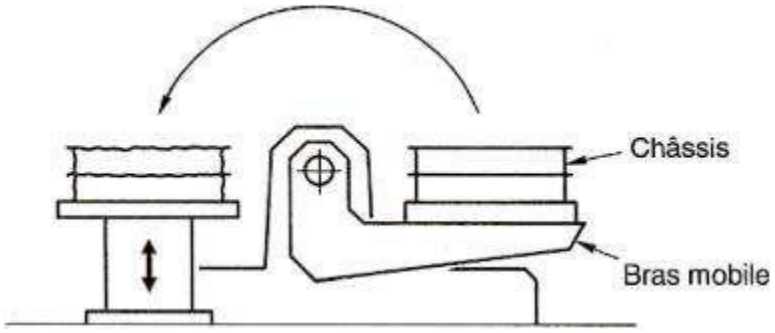


Figure N°7: Machine à retourner et à démouler

B. Moulage machine :

Le développement de la mécanisation et de l'automatisation en fonderie a toujours été un problème difficile à résoudre, compte tenu de l'agressivité d'un milieu particulièrement hostile à ce genre de matériel. La présence de silice, de métal en fusion, de poussières, une ambiance thermique élevée, comme à certains postes de coulée ou de décochage, des manutentions brutales, créent des conditions d'emploi très éprouvantes pour la mécanique et pour les matériels électriques et électroniques.[3]

B.2. Principe :

La réalisation d'un moule à l'aide d'une machine à mouler nécessite après remplissage du châssis en sable de moulage deux opérations fondamentales :

- tassage et serrage du sable sur le modèle .

- démoulage, c'est-à-dire séparation du moule et du modèle.

On peut distinguer deux types de serrage :

- le serrage basse pression de (1,5 à 4 ou 5) 105 Pa (1,5 à 4 ou 5 bars) obtenu avec les machines à secousses-pression, à projection de sable, etc. ;

- le serrage moyenne et haute pression : de (7 à 15) × 105 Pa (7 à 15 bars), obtenu avec des machines à membranes, à pistons multiples, à impact, etc.

- On classera également les procédés de moulage en deux grandes catégories :

• le moulage machine avec châssis .

• le moulage machine sans châssis, dit aussi en mottes.[3]

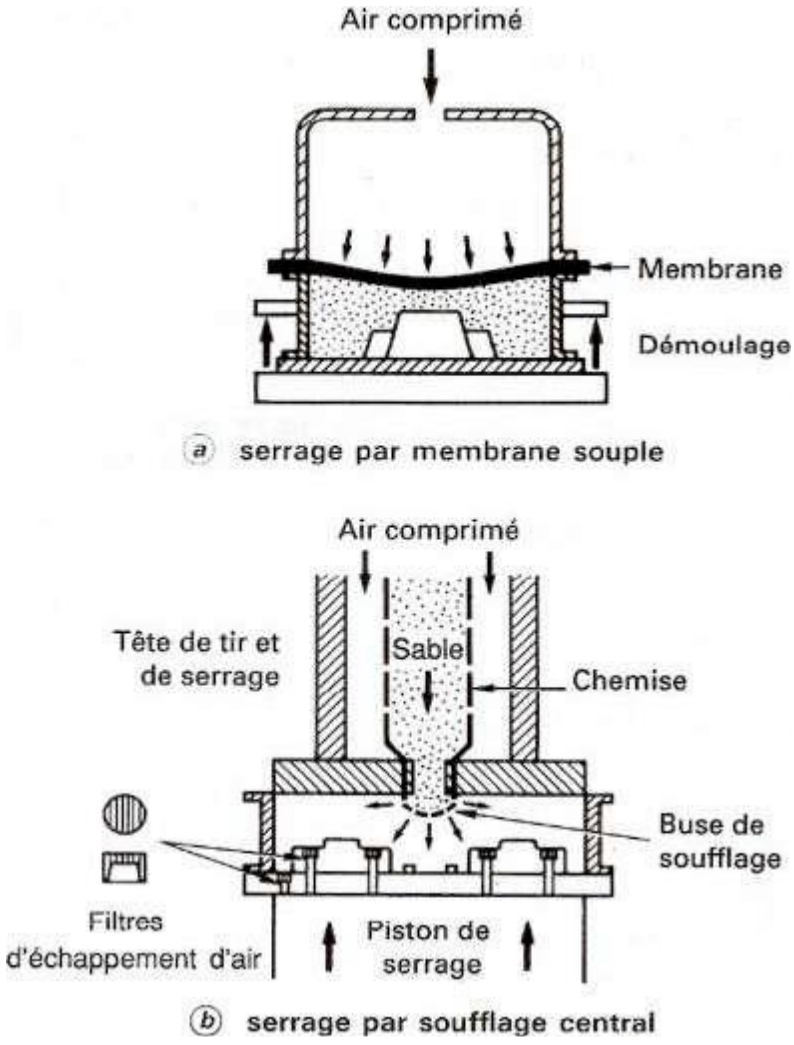


Figure N°8: Moulage machine – Serrage moyenne pression

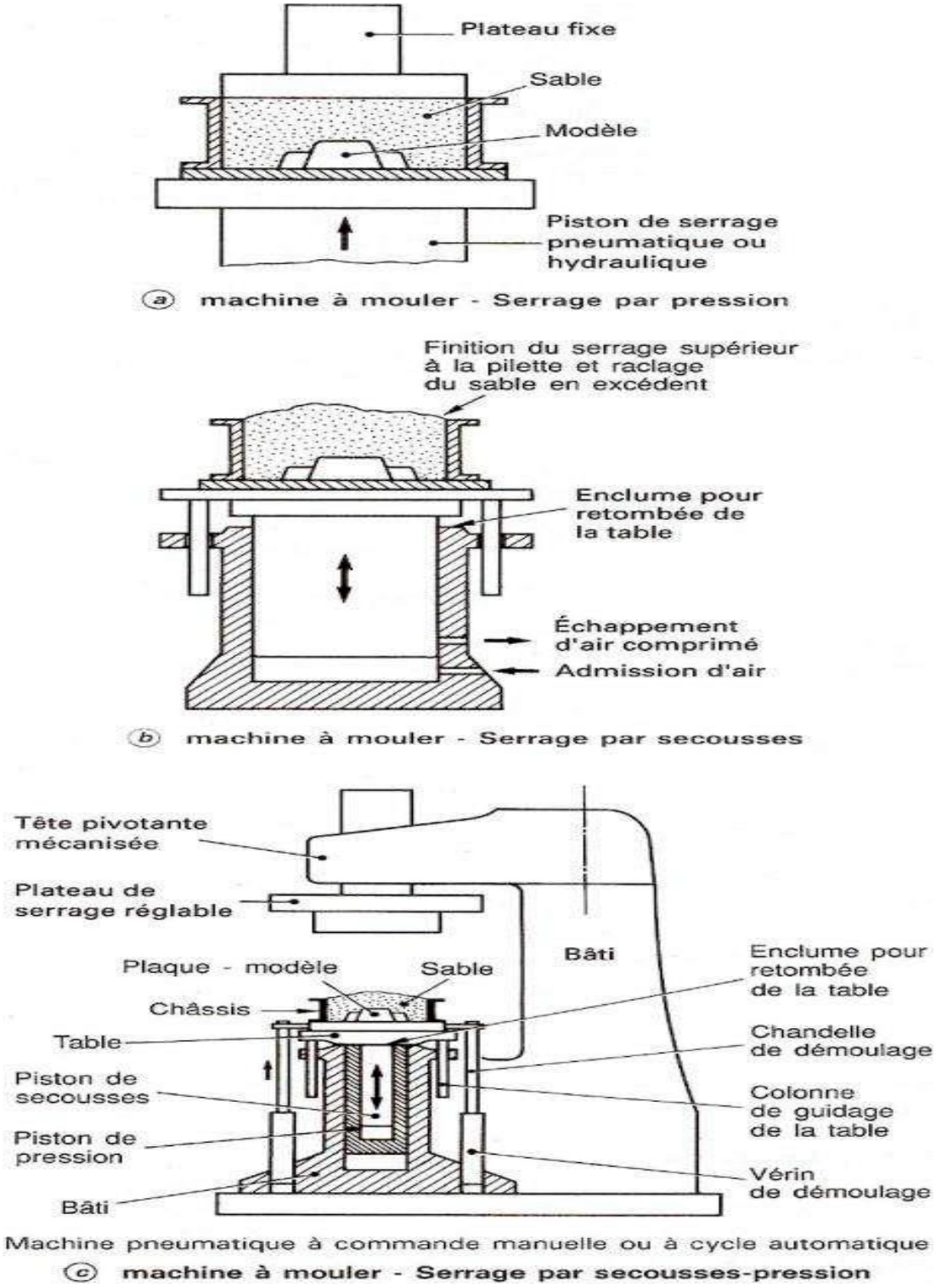


Figure N°9: Moulage machine – Serrage basse pression

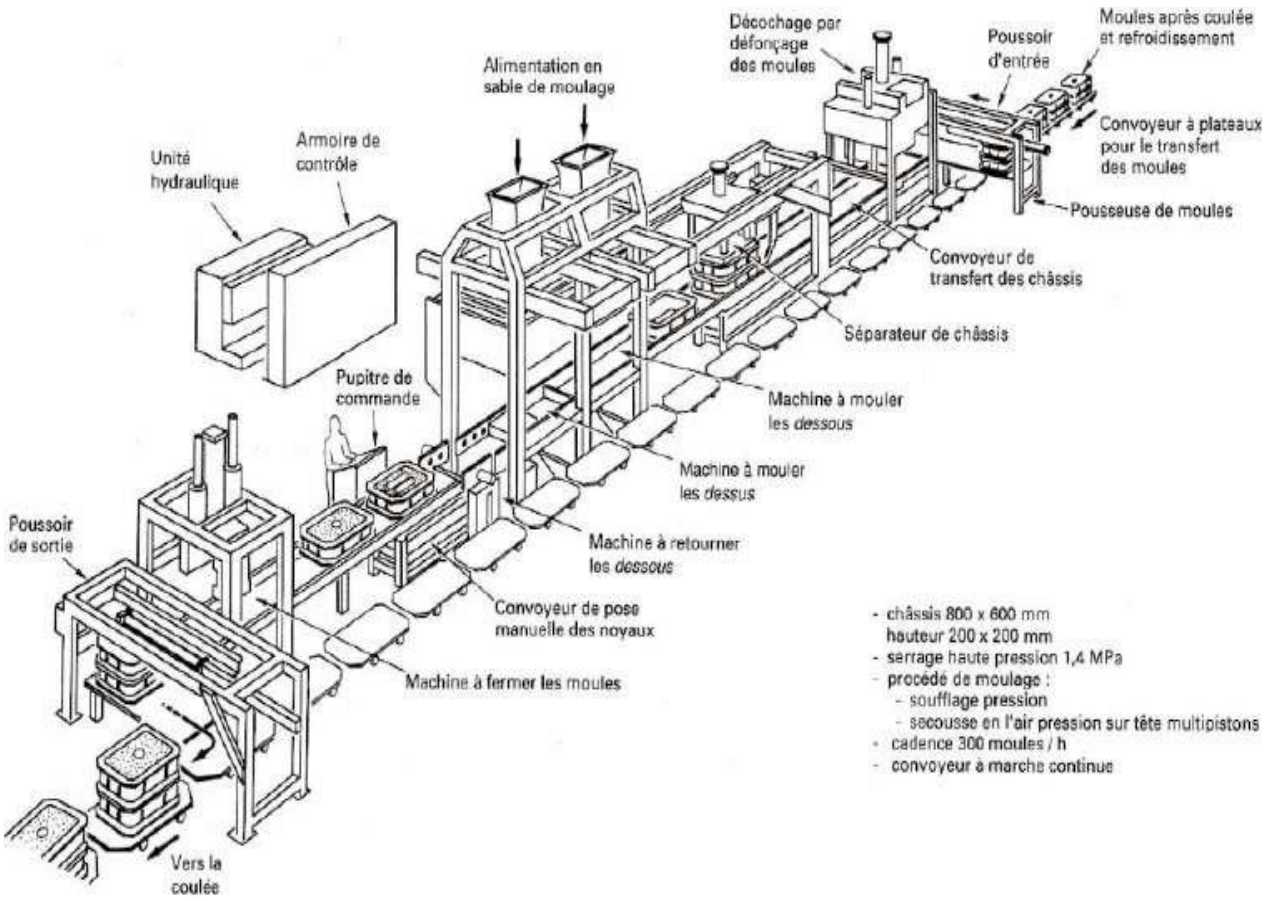


Figure N°10: Chantier de moulage automatique, capacité 300 moules/h

2.3. Description et fonctionnement d'un four à induction junker 12 T.

2.3.1. Définition et rôle d'un four induction :

Le four à induction est principalement utilisé pour faire l'acier et se compose des dispositifs comme le navire et les électrodes réfractaire-rayés, les électrodes sont normalement en rond dans la section et viennent dans les segments avec les accouplements par bague filetée, de sorte que pendant que les électrodes portent, de nouveaux segments puissent être ajoutés. L'arc forme entre le matériel chargé et l'électrode. La charge ainsi formée est chauffée par le dépassement courant par la charge et par l'énergie radiante évoluée par l'arc.

Ce type de four est employé couramment en dernier fer de fonderies particulièrement où maintenant des couples sont remplacés par des fours à induction pour fondre le fer de fonte. L'utilisation des couplas ont comme conséquence rémission d'un bon nombre de la poussière et d'autres polluants mais l'utilisation du four à induction a réduit au minimum ce problème dans une large mesure, le four de chauffage par induction vient dans de diverses tailles et configuration cependant le four à induction l'est de posséder la limitation. Le procédé d'induction utilisé dans les fonderies manque de la capacité de raffinage. Les matériaux de charge doivent être propres des produits d'oxydation et de composition connue, et quelques éléments d'alliage peuvent être dus perdu à l'oxydation.

Les capacités de four à induction s'étendent de moins d'un kilogramme à cent tonnes de capacité, et sont employées pour fondre le fer et acier, cuivre, aluminium, et métaux précieux. L'un inconvénient principal à futilisation de four à induction dans une fonderie est le manque de capacité de raffinage; les matériaux de charge doivent être propres des produits d'oxydation et de composition connue, et quelques éléments d'alliage peuvent être dus perdu à l'oxydation .

La fréquence du fonctionnement du four à induction varie également. Habituellement elle dépend du matériel étant fondu, de la capacité du four et de la vitesse de fonte exigée, un four à haute fréquence est habituellement plus rapide pour fondre une charge tandis que les fréquences inférieures produisent de plus de turbulence dans le métal, réduisant qui peut être mis sous tension à la fonte

Quand le four à induction fonctionne il émet un fredonnement ou un gémissement (dû à la magnétostriction), le lancement dont peut être employé par des opérateurs pour identifier si le four fonctionne correctement, ou à quel niveau de puissance. [4]

2.3.2. Description de four 12 T :

2.3.2.1. Principe de fonctionnement de four à induction :

Un four à induction fonctionne en utilisant un champ électromagnétique pour chauffer les matériaux conducteurs tels que le métal. Le four contient une bobine de cuivre qui génère un champ magnétique alternatif à haute fréquence. Lorsque le matériau conducteur est placé dans le champ magnétique, des courants électriques sont induits dans le matériau, ce qui produit de la chaleur par effet Joule.

Le four à induction peut être utilisé pour chauffer rapidement et efficacement des métaux tels que l'acier, l'aluminium et le cuivre. Il est souvent utilisé dans l'industrie pour la fusion, la trempe, le recuit et d'autres processus de traitement thermique des métaux. Le four à induction est également plus économe en énergie que les fours traditionnels car il chauffe directement le matériau plutôt que de chauffer l'air autour du matériau. Où nous mettons d'abord les résidus métalliques dans le four à travers la grue, puis le métal est fondu dans un four à haute température. Différents métaux sont mélangés pour obtenir le bon lingot, puis le métal fondu est versé dans le moule préparé. Il est important de couler le métal lentement pour éviter les bulles d'air et les imperfections dans la pièce.[5]

2.3.2.2.les sous-systèmes du four 12 T :

L'utilisation et fonctionnement comprend toute information générale sur l'utilisation et le fonctionnement du four, du système hydraulique, de la commande et du changeur de fréquence[5]

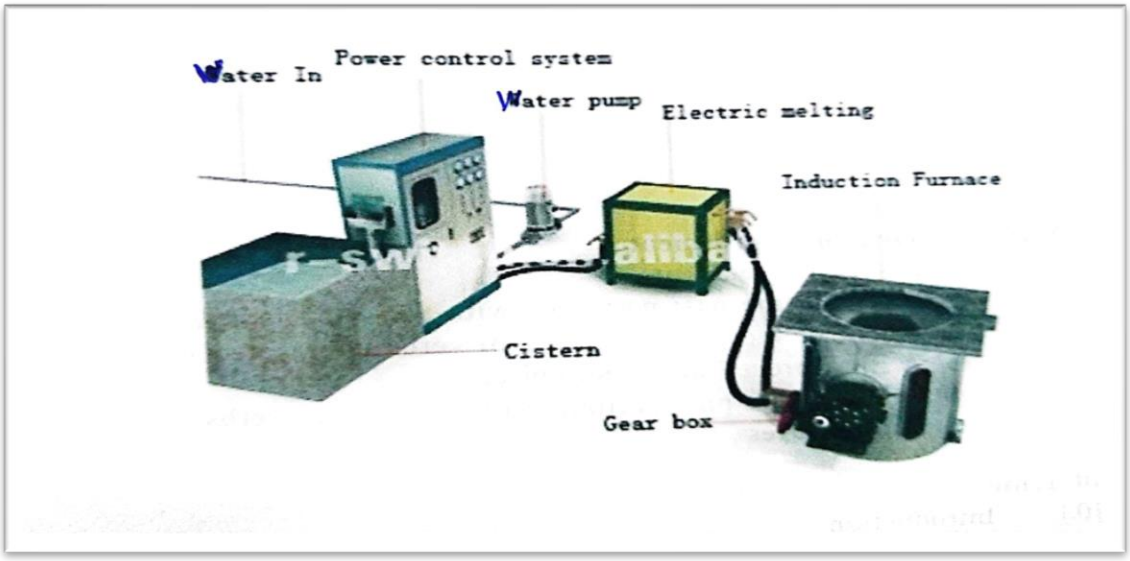


Figure N°11 ; **Schéma d'équipement de soutien.**

2.3.2.2.1. La corp de four 12 T :

Le four est composé de :

• Couvercle four ou hotte d'aspiration four (1)

• Plate-forme four (2)

• Connexions pour l'alimentation d'eau de refroidissement (3 + 4)

• Corps de four (5) avec creuset et bobine

• Support à bascule avec appui à rotule (6) et deux vérins de basculement

• Bec de coulée (7)

• Connexions d'alimentation électrique (non représentées)

• Raccords d'alimentation d'huile hydraulique (non représentées) [6]

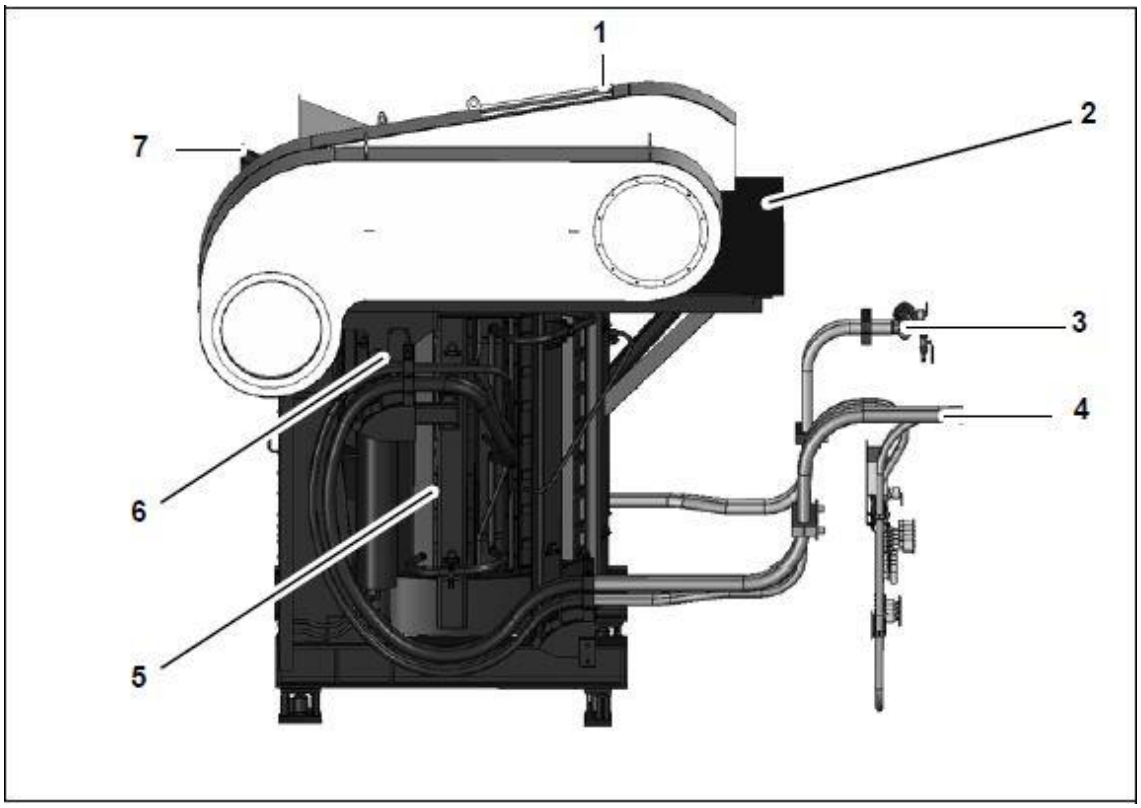


Figure N° 12: **FOUR**

Au début, le four se trouve en position initiale.

Le couvercle du four (dans fig. 13) est ouvert par moyen hydraulique de la sorte que le four puisse être chargé depuis le dessus. [16]

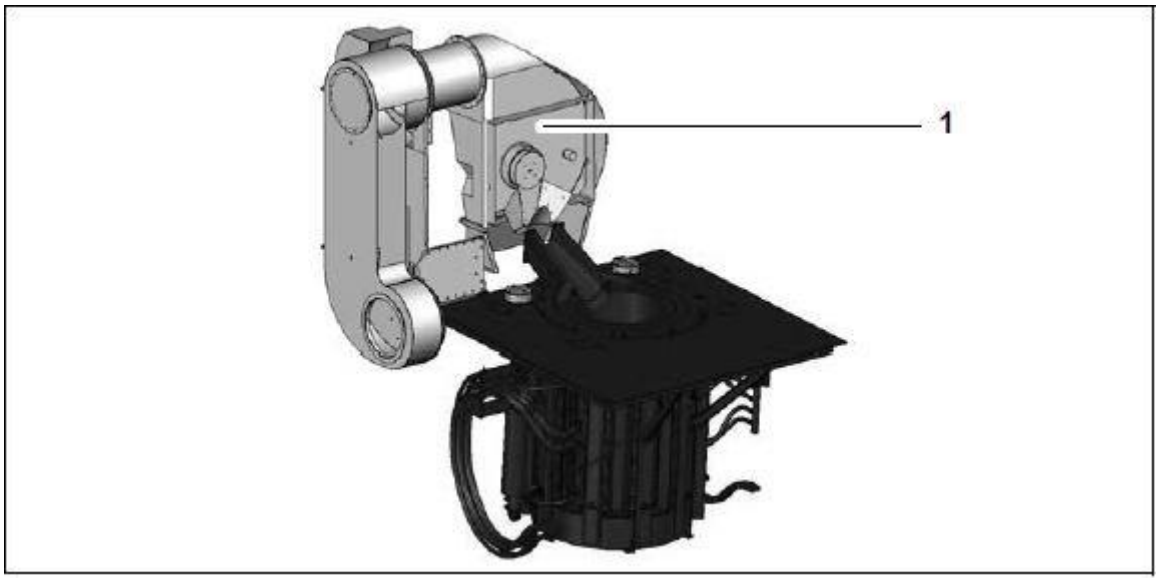


Figure N°13 : Four avec la hotte d'aspiration ouverte à double bascule (option)

Au dessus du four se trouve un système d'aspiration qui aspire la fumée qui s'échappe durant le processus de fusion. À la suite du 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 pré-réglée 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. À la suite de la coulée, le four redescend le processus pouvant redémarrer du début. [16]

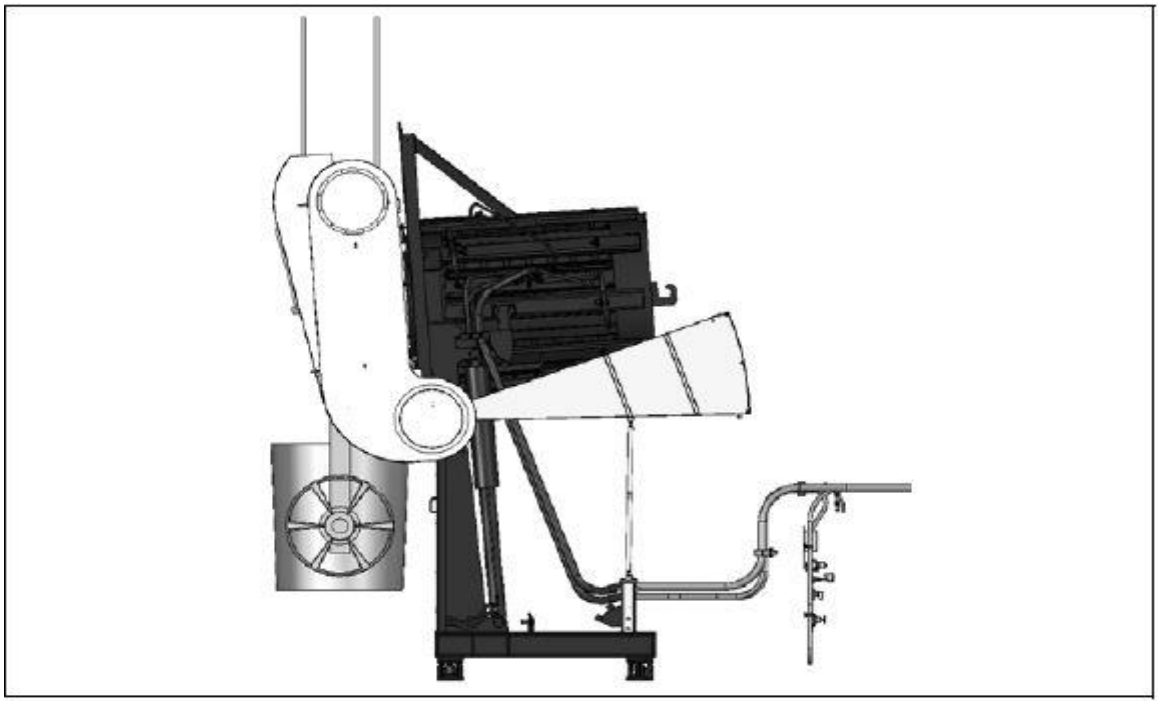


Figure N°14 : Four en position basculée

L'énergie nécessaire pour le processus de fusion est fournie par le principe de l'induction électrique. A cet effet, le creuset est entouré d'une bobine composée de spirales en cuivre refroidies à l'eau. Des tôleries (jougs) 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. [16]

2.3.2.2.2. Système hydraulique :

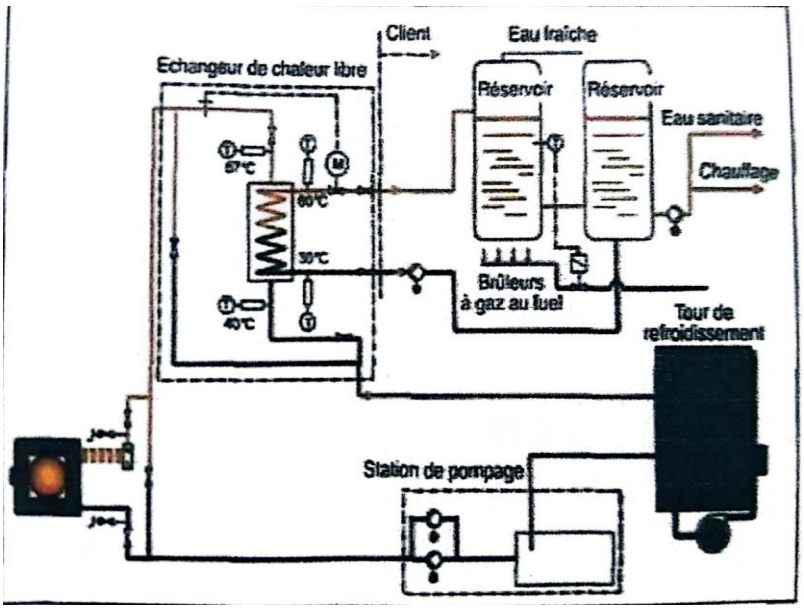


Figure N°15 : schéma d'un système de refroidissement

Les mouvements du vérin de basculement et des couvercles de four sont commandés soit à l'aide de vannes manuelles (système hydraulique manuel), soit à l'aide de vannes proportionnelles (système hydraulique proportionnel).

• Dans les installations dotées d'un système hydraulique manuel, la centrale hydraulique se trouve dans l'armoire sous le pupitre de commande.

• Dans les installations dotées d'un système hydraulique proportionnel, la centrale hydraulique se trouve sous le plancher du four. [16]

2.3.2.2.3. Système électrique :

A-Changeur de fréquence et électronique de commande

Le changeur de fréquence et l'électronique de commande font partie du système de four tel que représenté dans :

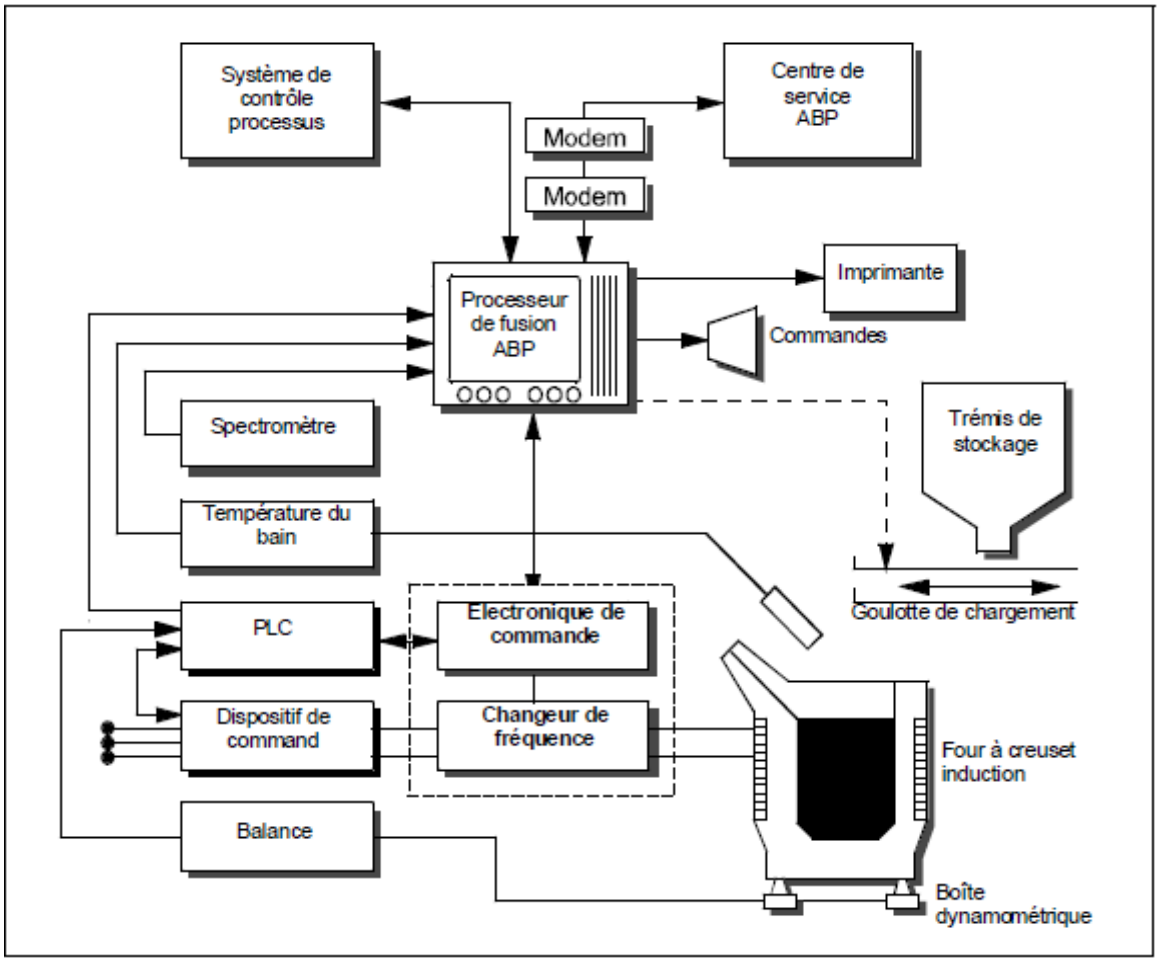


Figure N°16 : Système de four

Les tâches du changeur de fréquence sont :

• La transformation d'un courant alternatif de 3 phases en un courant alternatif d'une phase d'une autre fréquence.

• La gestion de mise à disposition de l'énergie pour le/les consommateurs. [16]

B-Fonctionnement du système de changeur de fréquence :

En couplant en parallèle un banc de condensateurs, la bobine d'induction du four crée un circuit anti-résonnant parallèle. La fréquence propre de ce circuit oscillant se détermine par la capacité du banc de condensateurs et l'inductivité de la bobine de chauffe.

Tandis que la capacité du banc de condensateurs est constante, l'inductivité de la bobine change en fonction de la résistance, de la température, du niveau de remplissage, du couplage et de la perméabilité du matériau à chauffer, la fréquence propre du circuit anti-résonnant parallèle n'est par conséquent pas constante.

La chaleur nécessaire pour la fusion se crée par induction dans la matière à fondre.

L'énergie nécessaire sera induite au circuit oscillant dans la cadence de la fréquence résonnante. Ceci se fait à l'aide du changeur de fréquence en créant une tension continue à l'aide d'un redresseur sous forme de pont de Graetz triphasé. Dans le changeur de fréquence en aval, la tension constante se transforme en une tension rectangulaire.

La sortie de changeur de fréquence s'accouple au circuit anti-résonnant parallèle à l'aide d'une bobine de self.

La tension active du circuit oscillant (bobine d'induction et banc de condensateurs) et le courant de bobine présentent une forme sinusoïdale tout en étant adaptés à la fréquence de fonctionnement.

La commande de la puissance se fait à l'aide de l'angle de commande dans le changeur de fréquence. [16]

2.4. Conclusion :

En conclusion, le four à induction est une technologie de chauffage largement utilisée dans diverses industries pour des applications de fusion, de chauffage et de traitement thermique. Il offre de nombreux avantages, tels qu'une chauffe rapide, un contrôle précis de la température, une efficacité énergétique élevée et une capacité à travailler avec une large gamme de matériaux. [17]

En somme, le four à induction offre de nombreux avantages en termes de chauffage industriel, mais il nécessite une approche proactive en matière de gestion des risques et de maintenance. En appliquant les bonnes pratiques et en adoptant des stratégies appropriées, les utilisateurs de fours à induction peuvent maximiser la performance, la durabilité et la sécurité de leurs équipements.

Chapitre N°03 : Objectif et rôle de la maintenance

Partie 01 : La maintenance.

3.1.1. Introduction :

"Ne pas prévoir c'est déjà gémir ", disait Léonard De Vinci il y a plusieurs siècles. Cette notion, bien qu'elle soit ancienne, est le concept fondamental de la maintenance moderne. Certains auteurs vont encore plus loin dans l'antiquité pour remonter les origines de la notion maintenance à l'époque où on fabriquait des objets. L'ouvrage de Aqua Duc tu Rubis Roma écrit par Sextus Julius Frontins en 99 après Jésus-Christ, est peut-être la plus vieille référence de la maintenance moderne décrivant l'exploitation et l'entretien du réseau des eaux de la ville de Rome. Bien que le terme maintenance ne soit apparu qu'aux années 50 aux USA remplaçant la notion d'entretien, ce métier est l'un des plus vieux au monde. Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale la machine industrielle tourne à une cadence infernale afin de rétablir ce que cette guerre a démoli.

Les besoins de l'homme en produits de consommation divers ont augmenté et se sont amplifiés d'une année à l'autre. La complexité et le coût croissant des appareils de production ont entraîné une forte augmentation de leur intensité d'utilisation mettant en évidence le besoin d'une bonne maintenance afin d'assurer une meilleure performance des installations et machines.[6]

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement.

La véritable portée de la fonction de la maintenance mène beaucoup plus loin : elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique, et l'économique. Il reste alors, beaucoup à faire pour que sa fonction productive soit pleinement comprise. Une organisation, une planification.[7]

3.1.2. Définition de la maintenance :

- **Notions sur la maintenance :**

« Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». (Norme AFNOR X 60-010).

- **Le rôle de la maintenance :**

Est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle de équipements a fin qui ils soient unis à la disposition de la production par ces action, la maintenance ammeistre le profit cumule durant la vie des équipements par :

-La réduction des coûts de maintenance.

-L'accroissement de la durée rentable de vie des équipements.

-Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement.[7]

3.1.3. Les objectifs de la maintenance :

Le zéro panne c'est l'objectif principal de la maintenance.

L'objectif des équipes de maintenance est de maintenir les installations de production en parfait état et d'assurer le rendement global maximum tout en optimisant le coût.
L'obtention du meilleur rendement passe par la prévention des pannes, le respect des cadences de production et l'amélioration continue de la qualité des produits. Maintenir, ce n'est plus subir les pannes mais maîtriser les défaillances par l'optimisation de la politique de maintenance, par une bonne prévention, par des réparations rapides et efficaces, enfin par l'amélioration du matériel.
Pour assurer correctement cette mission, il est nécessaire de se doter en plus de la compétence technique des hommes, d'une organisation efficace et d'outils adéquats. C'est la nature de l'entreprise qui fixe les l'objectifs, des services de la maintenance.
On peut classer les objectifs de la maintenance on deux catégories :
- Les objectifs financiers,
- Les objectifs opérationnels.

Le fait que ces deux objectifs sont différents expliquera pourquoi la production et la maintenance sont souvent à couteau tirés et pourquoi les deux attitudes sont apparemment opposées.[6]

3.1.3.1. Objectifs financiers :

- Réduire au minimum les dépenses de la maintenance.
- Augmenter au maximum les profits.
- Avoir des dépenses de maintenance en fonction de l'âge des installations et de son taux d'utilisation.

3.1.3.2. Objectifs opérationnels :

- Maintenir les équipements.
- Assurer la disponibilité maximale des installations et des équipements.
- Fournir un service qui élimine la panne a tous les moments à tout prix.
- Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation.
- Assurer une performance (rendement) de haute qualité.

Les objectifs peuvent changer avec le temps, une révision des objectifs et de la politique de l'entreprise doit avoir lieu tous les deux ans.[6]

3.1.4. Les formes de la maintenance :

On distingue deux forme de maintenance :

-La maintenance corrective.

-La maintenance préventive.

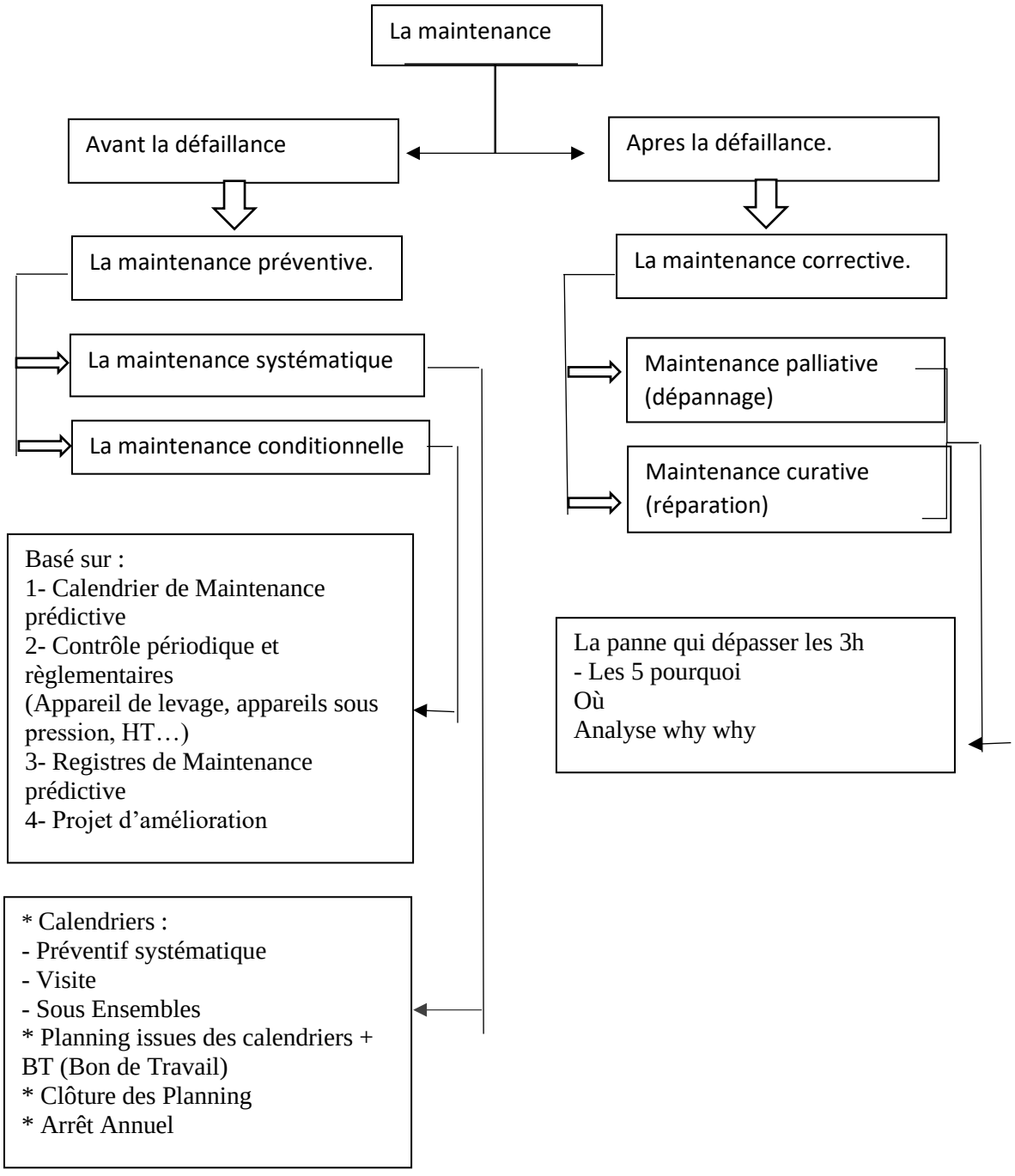


Figure N°17 : Les formes de la maintenance

3.1.4.1. La maintenance préventive :

Définition selon AFNOR (norme x 60010) :

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

3.1.4.1.1 : Objectifs visés par le préventif :

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de la défaillance, amélioration de la disponibilité.

- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement.

- Améliorer l'ordonnance des travaux, donc les résultats avec la production.

- Réduire et régulariser la charge de travail.

- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues).[6]

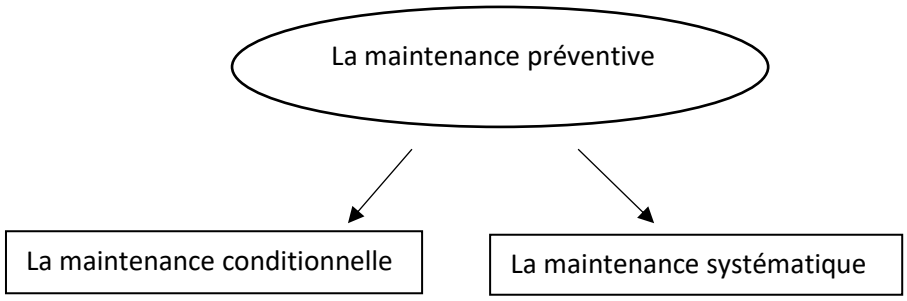


Figure N°18 : les types de La maintenance préventive

3.1.4.1.2. La maintenance préventive systématique :

A) Définition :

La maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité l'un inconvénient principal à futilisation est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

• Le comportement du matériel.

• Les modes de dégradation.

• Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.

B) Cas d'application :

• Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.

• Equipements dont la pane risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.

• Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).

• Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc. [8]

3.1.4.1.3. La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé).

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile

- Les températures et les pressions

-La tension et l'intensité des matériels électriques.

-Les vibrations et les jeux mécaniques et Etc.

Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement.[8]

3.1.4.2. La maintenance corrective :

Définition : selon AFNOR (norme x60010) « Opération de maintenance effectuée après défaillance »

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation. Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraîne une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus.

La maintenance corrective peut être sud divisée en deux typés de maintenance :

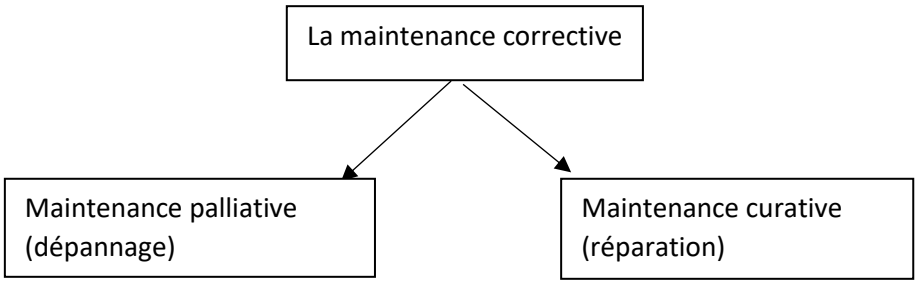


Figure N°19 : les types de la maintenance corrective

-Maintenance palliative (dépannage) : c'est-à-dire une remise en état de fonctionnement effectuée in situ parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné, ont un caractère (provisoire).

-Maintenance curative (réparation) : faites in situ ou en atelier central, parfois après dépannage, ont un caractère (définitif).

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.[6]

3.1.5. Les opérations de maintenance :

3.1.5.1. Les opérations de maintenance corrective :

3.1.5.1.1- Le dépannage :

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps. Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait,les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépensestentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

3.1.5.1.2- La réparation :

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque : la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu. Tous les équipements sont concernés.[12]

3.1.5.2. Les opérations de maintenance préventive :

3.1.5.2.1- Les inspections : activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

3.1.5.2.2- Les visites : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions

correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

3.1.5.2.3- Les contrôles : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information.

- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.

- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

3.1.5.2.4- Les opérations de surveillance : (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

3.1.5.2.5- Autres opérations :

- Révision : Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous-ensembles. Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections. Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4ème niveau de maintenance.

- Les échanges standards :

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sou ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.[12]

3.1.6. Les niveaux de maintenance :

Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux. La norme NF X 60-010 de l'AFNOR définit cinq niveaux de maintenance dont on précise le service :

Niveau 1: Réglage simple prévu par le constructeur ou le service de maintenance, moyen d'élément accessible sans aucun démontage pour ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier à partir des instructions données.

Niveau 2: Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opération mineure de maintenance préventive. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure où ils ont reçu une formation spécifique ou d'habilitation.

Niveau 3: Identification et diagnostique de panne suivie éventuellement d'échange de composants, de réglage et de d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien spécialisé sur place ou dans un atelier de maintenance à l'aide de l'outillage prévu et des instructions de maintenance.

Niveau 4: Travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adaptés à la nature de l'intervention.

Niveau 5: Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante confiée à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service [14].

3.1.7. Les tempes de maintenance :

.La MTBF :

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF). Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

.La MTTR :

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

.La MTTA :

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.).[12]

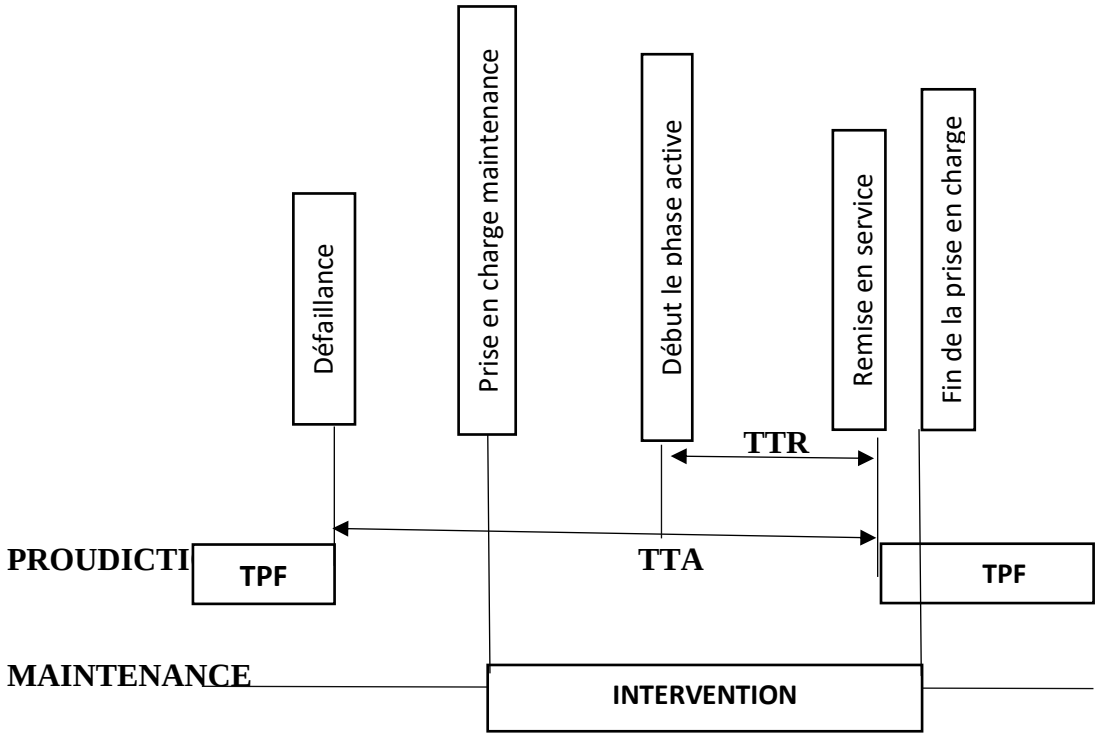


Figure N°20 : Temps caractéristiques lors d'une intervention.

Partie 02 : l'analyse de défaillance :

3.2.1. La défaillance : définition selon (Norme AFNOR X60-010)

Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise On distingue deux formes de défaillance : la défaillance partielle et la défaillance complète.

- **Défaillance partielle :** Altération de l'aptitude d'un bien à accomplir les fonctions requises.

-Défaillance complète : Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.[8]

3.2.1.1.Modes de défaillance génériques :

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le Tableau suivant, mais généralement on travaille avec 5 modes de défaillance génériques suivants:

- Perte de la fonction.

- Fonctionnement intempestif.

- Refus de s'arrêter.

- Refus de démarrer.

- Fonctionnement dégradé.[12]

1	Défaillance structurelle (rupture)	**18**	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (ou coincement)	**19**	Ne démarre pas
3	Vibrations	**20**	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	**21**	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	**22**	Fonctionnement après le délai (retard)
6	Ne se ferme pas	**23**	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	**24**	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	**25**	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	**26**	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	**27**	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	**28**	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	**29**	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif	**30**	Circuit ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent	**31**	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	**32**	Écoulement réduit
16	Indication erronée	**33**	Mise en marche erronée
17	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles		

Tableau N°1 : Modes de défaillance génériques.

3. 2.2. Analyse de mode de défaillance de leurs effets et leur criticité AMDEC :

3.2.2.1. Histoire et Evolution :

L'AMDEC ou (FMECA (failure mode effect critically analysis)) a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell 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 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. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode d'abord été utilisée pour évaluer la fiabilité des produits, puis les processus de production, et sert maintenant à analyser le risque et la criticité de processus divers. C'est un outil courant des programmes de gestion de la qualité. Elle est utilisée systématiquement dans dans les industries à risque et est un outil obligatoire de l'accréditation à certaines normes, par exemple, celles de l'industrie automobile.

Actuellement, les AMDEC sont mises en oeuvre :

- De façon réglementaire : sûreté des industries à risque (nucléaire, chimie, aérospatiale, transports, etc.) ;

- De façon contractuelle : équipementiers de l'automobile principalement ;

- De façon volontaire : construction d'une bonne disponibilité à l'origine ou amélioration de la disponibilité en phase d'exploitation.[8]

3.2.2.2. Définition :(Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.) :

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser.[12]

3.2.2.3. Objectifs de l'AMDEC :

L'AMDEC a pour objectif, dans une démarche inductive rigoureuse, d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un système et de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maitriser. On obtient en sortie l'ensemble des dysfonctionnements potentiels associes a leur criticité (fréquence d'apparition, gravite des effets et probabilité de détection de la défaillance) ainsi que les plans d'actions a mettre en oeuvre afin de diminuer la criticité en faisant varier un des trois facteurs. L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production [11]. Elle permet de déterminer les points faibles d'un système et d'y apporter des remèdes, de préciser les moyens de se prémunir contre certaines défaillances, de faire dialoguer les personnes concernées par un projet, mieux connaître le système, et principalement d'étudier les conséquences de défaillance.[13]

3.2.2.4 : Les types de l'AMDEC :

a) AMDEC machine :

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité.

b) AMDEC produit :

Elle permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée.

c)AMDEC processus :

Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies, elle consiste à rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux.

d)AMDEC organisation :

Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système

personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

e) AMDEC service :

Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance.

f) AMDEC sécurité :

Elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.[15]

3.2.2.5. Avantages et inconvénients de l'AMDEC :

a) Avantages de la méthode AMDEC :

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

b) Inconvénients de la méthode AMDEC :

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

c)Les aspects de la méthode AMDEC :

L'aspect qualitatif : Elle consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

L'aspect quantitatif : Elle Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.[14]

3.2.3. AMDEC machine :

3.2.3.1.Définition :

Ces techniques d'analyses qui ont pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances. Elles ont pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. Leurs rôles n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement. En particulier :

-Définir un système de surveillance : détection des anomalies, alarme, signalisation...

-Optimiser les sticks de pièces de rechange.

-être en place une maintenance conditionnelle : suivi vibratoire, analyse des huiles,...

-Construire les aides au diagnostic.

3.2.3.2. Les intérêts :

Le groupe qui procède à l'AMDEC recherche essentiellement des solutions pour être mise en place par la maintenance elle-même en particulier :

- Réduire le nombre de défaillances.

- Prévention des pannes.

- Fiabilisation de la conception.

- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.

-Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.

- Amélioration de la testabilité.

- Amélioration de la maintenance corrective.

-Amélioration de la sécurité. [13]

3.2.3.3. Cas d'application :

L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle).

A. AMDEC prévisionnelle :

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifiques ou complexe) dont on connait mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

B. AMDEC opérationnelle :

Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques.). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine.[14]

3.2.3.4. Les démarches pratiques de l'AMDEC machine :

3.2.3.4.1. Initialisation :

But : L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, plus précisée avec le groupe de travail.

Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.[10]

3.2.3.4.2. Démarches :

1- Définition du système à étudier.

2- Définition de la phase de fonctionnement.

3- Définition des objectifs à atteindre.

4- Constitution du groupe de travail.

5- Établissement du planning.

6- Mise au point des supports de l'étude.

Conclusion :

La maintenance est une étape cruciale dans la gestion et l'entretien des équipements, machines et infrastructures. Elle permet de garantir leur bon fonctionnement, leur durabilité et leur sécurité. La maintenance préventive permet d'anticiper les pannes et les dysfonctionnements, tandis que la maintenance corrective intervient en cas de panne ou de défaillance. La maintenance curative est quant à elle nécessaire pour réparer les dommages causés par une utilisation inappropriée ou un accident. En somme, la maintenance est un investissement indispensable pour assurer la pérennité des équipements et garantir la continuité des activités.

Chapitre N°04 :Application de la méthode AMDEC sur un four à induction 12T

4.1.Introduction :

L'AMDEC machine a pour objective l'analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la disponibilité et la sécurité de celui-ci.

L'AMDEC machine trouve deux cas d'application:

AMDEC prévisionnelle :

En phase de conception pour vérifier certains points particuliers (élément nouveaux, spécifique ou complexe) dont on comptait mal le comportement, elle permet l'amélioration de la conception.

AMDEC opérationnel :

En période d'exploitation pour améliorer le comportement d'un matériel critique, pour mettre au point un plan de maintenance.[9]

4.2: Démarche de l'AMDEC

4.2.1:Étape I

1- Définition du système à étudier.

2- Définition de la phase de fonctionnement.

3- Définition des objectifs à atteindre .

4- Mise au point du support de l'étude.

4.2.2.étape II

1- Décomposition fonctionnelle du système.

2- Identification des fonctions de sous-ensembles.

4.2.3 : Étapes III

1- Analyse des mécanismes de défaillances :

- identification des modes de défaillance.

- recherche les causes.

- recherche les effets.

-recensement des détections.

2- Evaluation de la criticité.

3- Action corrective.

1- Grille de synthèse AMDEC.

2- Proposition de modification ou mesure de corrective si nécessaire.

4.2.1 : Étape 1 :

4.2.1.1: Définition du système à étudier :

Four à induction 12 T (chapitre 2).

4.2.1.2: Définition de la phase de fonctionnement:

La phase de fonctionnement de la machine pour laquelle l'étude sera menée. Pratiquement, l'analyse AMDEC dans la phase de travail la plus pénalisante est les phases qui peuvent avoir de l'importance, qui ne doivent pas être négligés. Dans notre cas la phase de fonctionnement est «< fonctionnement normal >>. (Marche normale)

4.2.1.3: Définition des objectifs à atteindre :

L'étude AMDEC que nous avons effectuée est centrée sur des objectives qui sont :

* Disponibilité.

* Sécurité.

* Politique de maintenance.[9]

4.2.1.4: Mise au point des supports de l'étude :

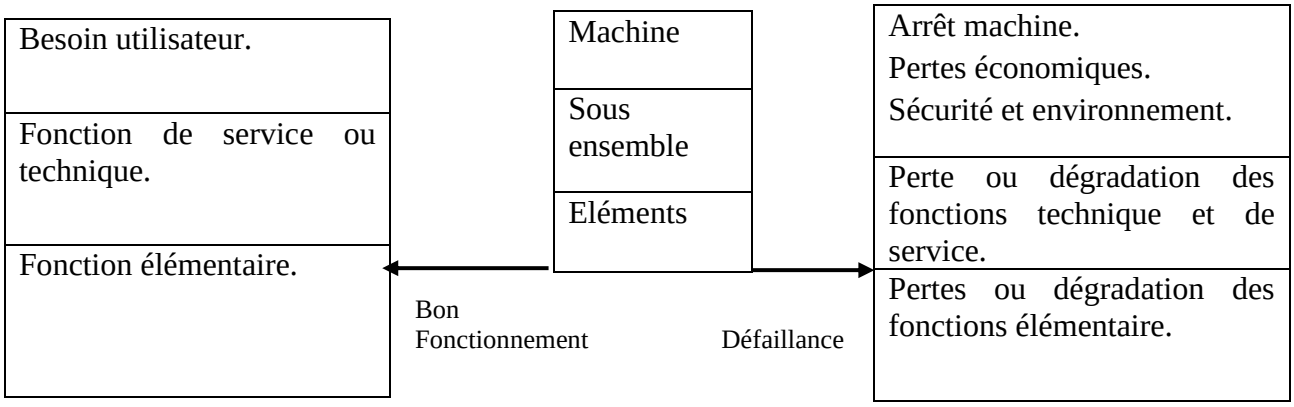
La mise au point des supports de l'étude c'est la création des documents: TABLEAU de saisie, feuille de synthèse qui constitue le dossier AMDEC, reflète l'état de connaissance sur le dysfonctionnement du système a un moment donné.[14]

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité														
AMDEC FOUR à induction	Système ; **four à induction** Sous système :					Phase de fonctionnement normale :							Page :	
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective		
					Local	General		F	N	G	C			

4.2.2 : Etape II :

4.2.2.1: Décomposition fonctionnelle du système:

Il s'agit d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer, ce qui nous permet d'expliquer clairement << COMMENT CA MARCHE ».
Donc il faut bien approfondir la connaissance du système pour réaliser cette étape



Participation des éléments dans la bon fonctionnement

Enchainement des effets de défaillance

- On va découper le système à étudier en bloc fonctionnelle, sous forme arborescente selon autant de niveaux nécessaires; en pratique pour chaque sou ensemble étudier, on applique l'analyse aux éléments dont on peut effectuer l'échange standard, en général les organes constitutifs et certains composants élémentaires pour lesquels on dispose suffisamment d'informations.

4.2.2.1.1. Ensemble du four en sous ensemble:

En première lieu. Le four est décomposé en 4 sous système :

-le corps.

- système de refroidissement.

-système de commande.

-système électrique.

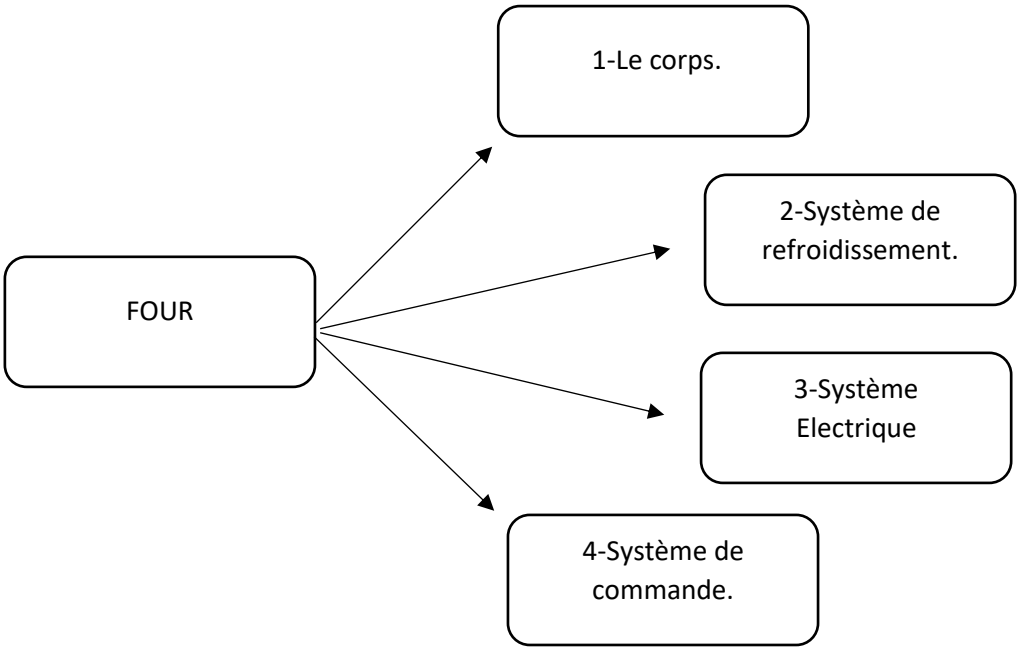


Figure N°21 : Four en sous ensemble.

-Le corps décomposé a :

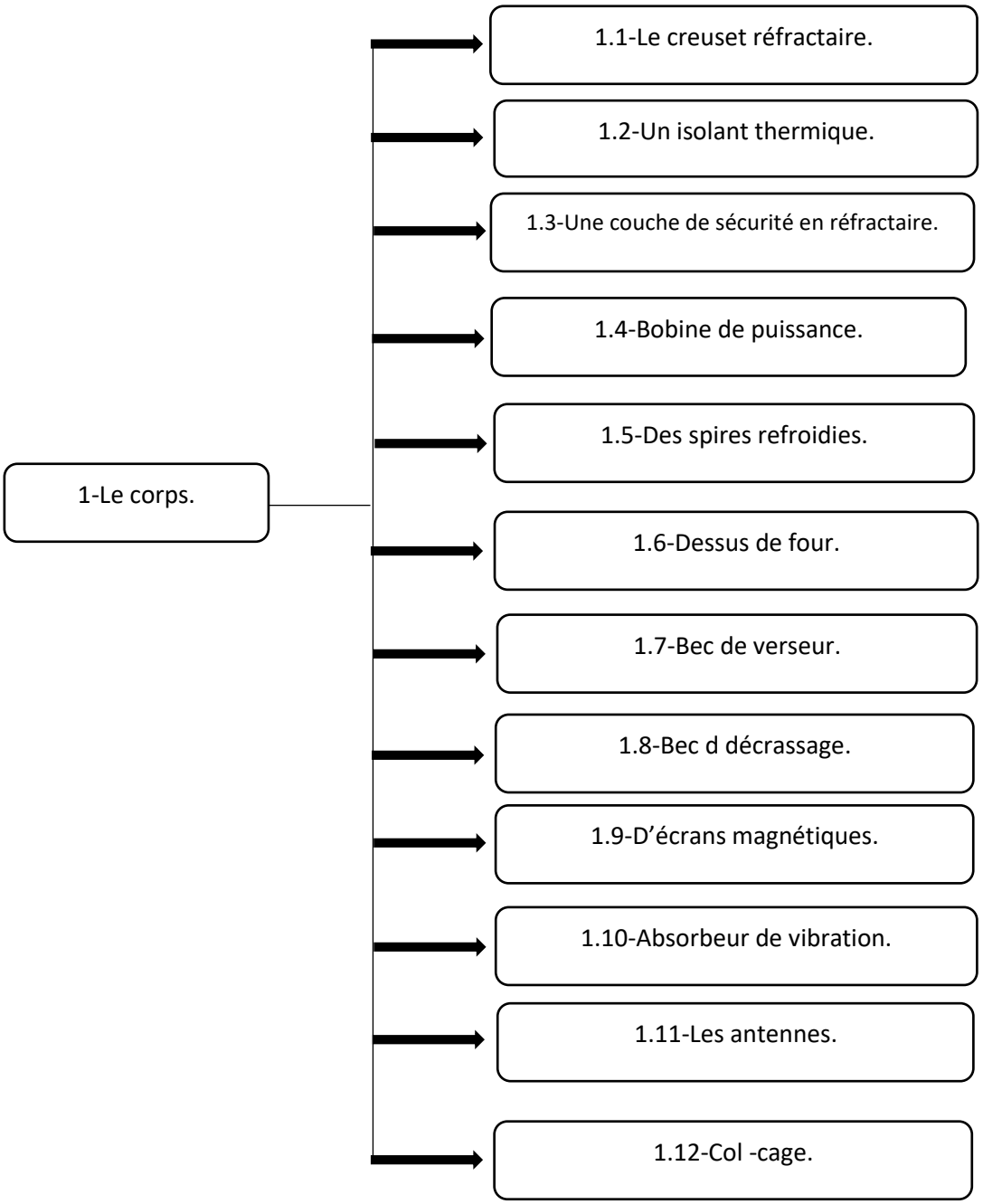


Figure N°22 : le corps four .

-le système de refroidissement a décomposé :

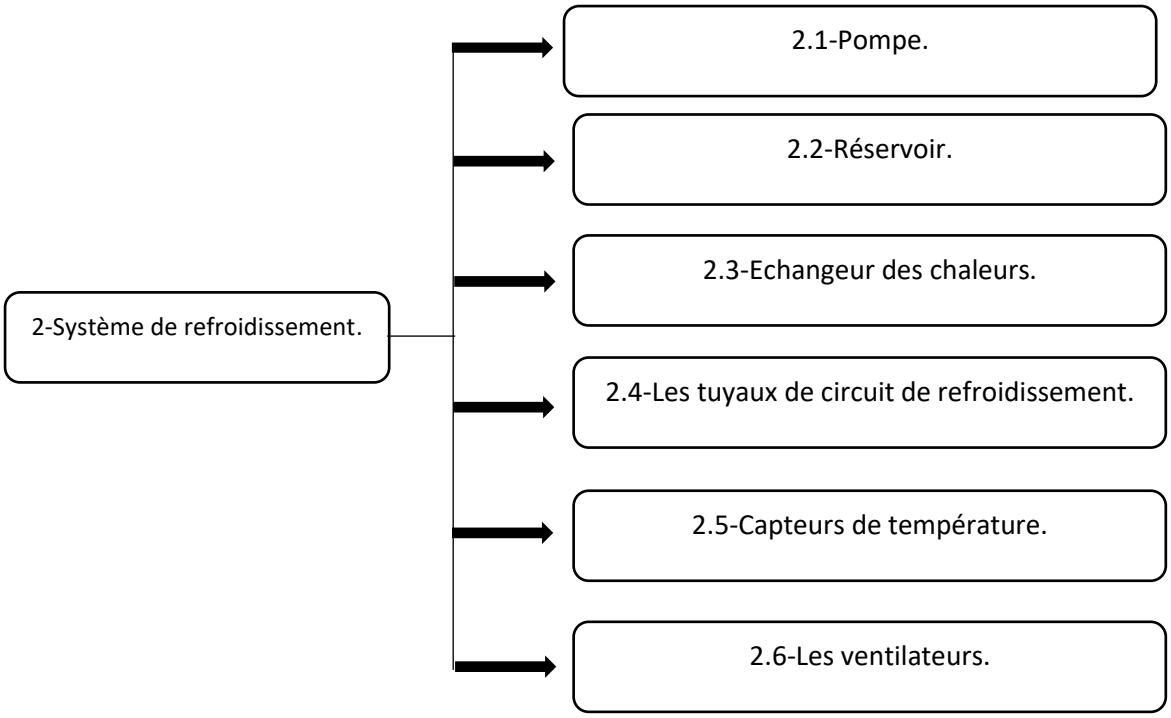


Figure N°23 : le système de refroidissement.

-le système électrique a décompose:

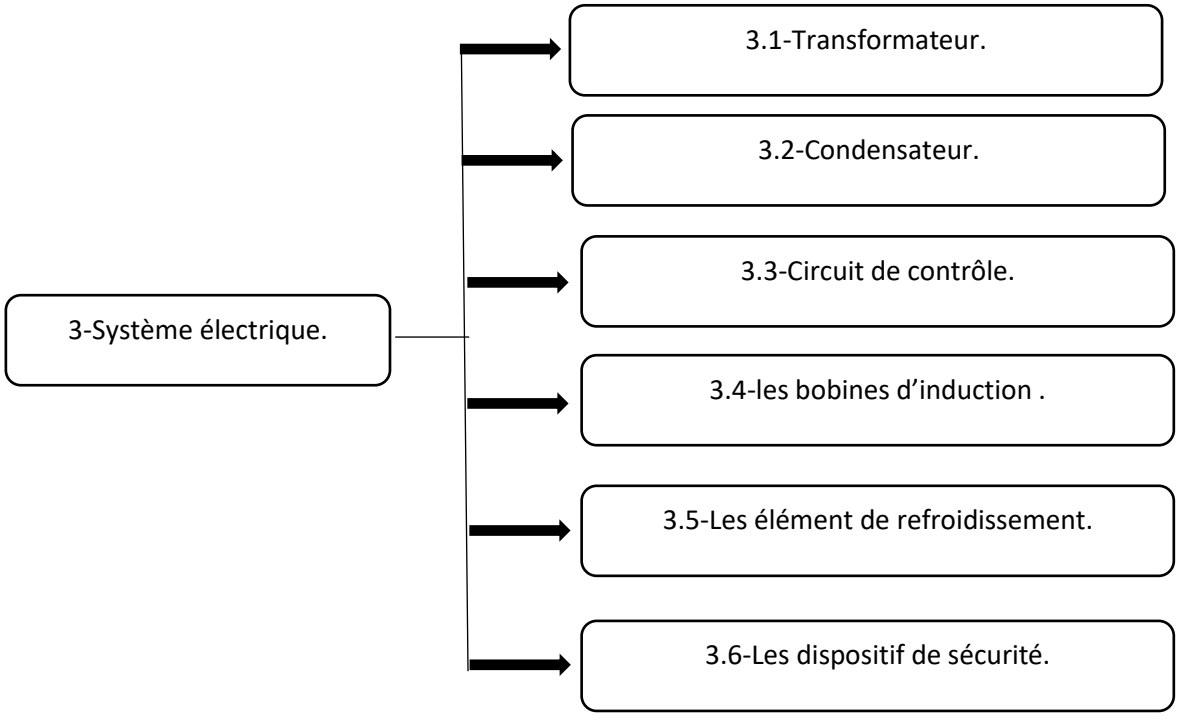


Figure N°24 :Le système électrique.

-le système de commande et sécurité a décomposé :

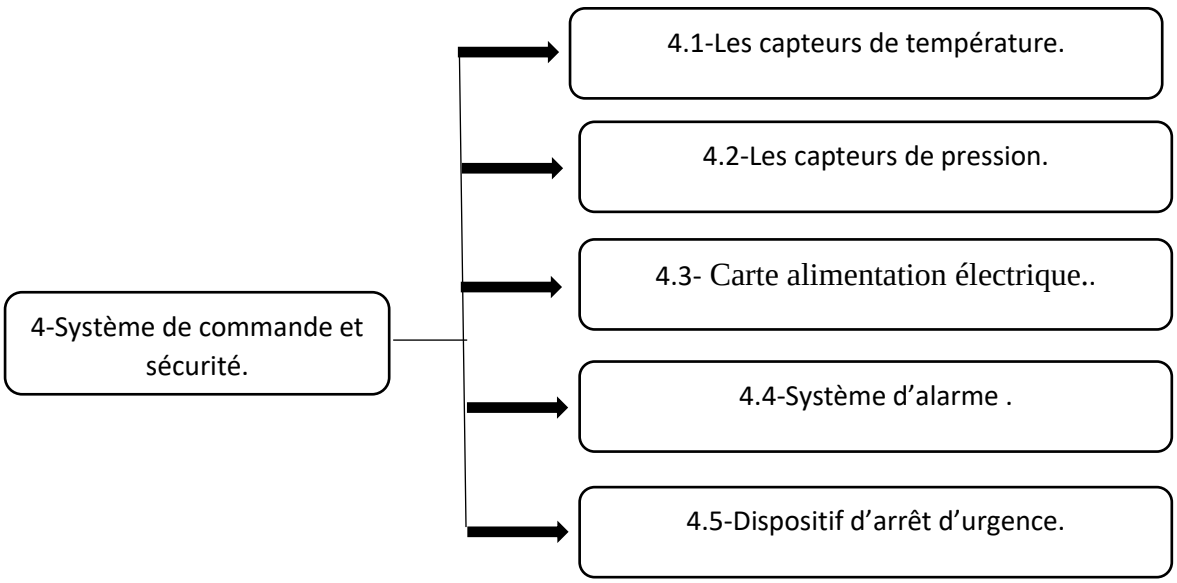


Figure N°25 : le système de commande et sécurité

-Circuit de contrôle a décomposé :

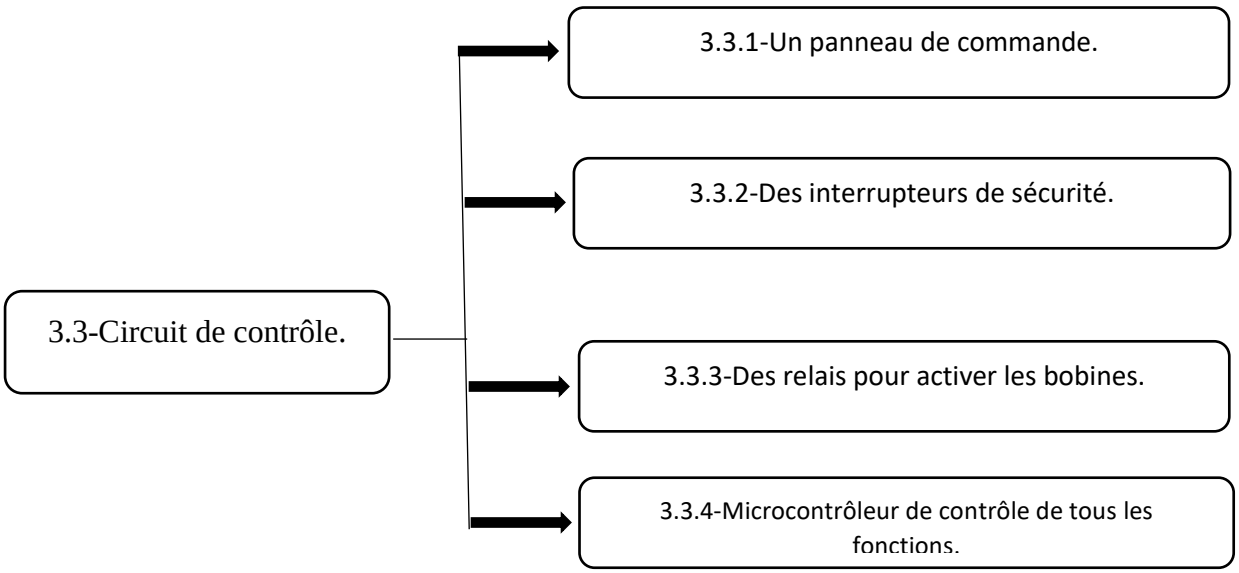


Figure N°26 : Le circuit de contrôle.

-Carte ETR (Échangeur Thermique à Récupération) **à décomposé :**

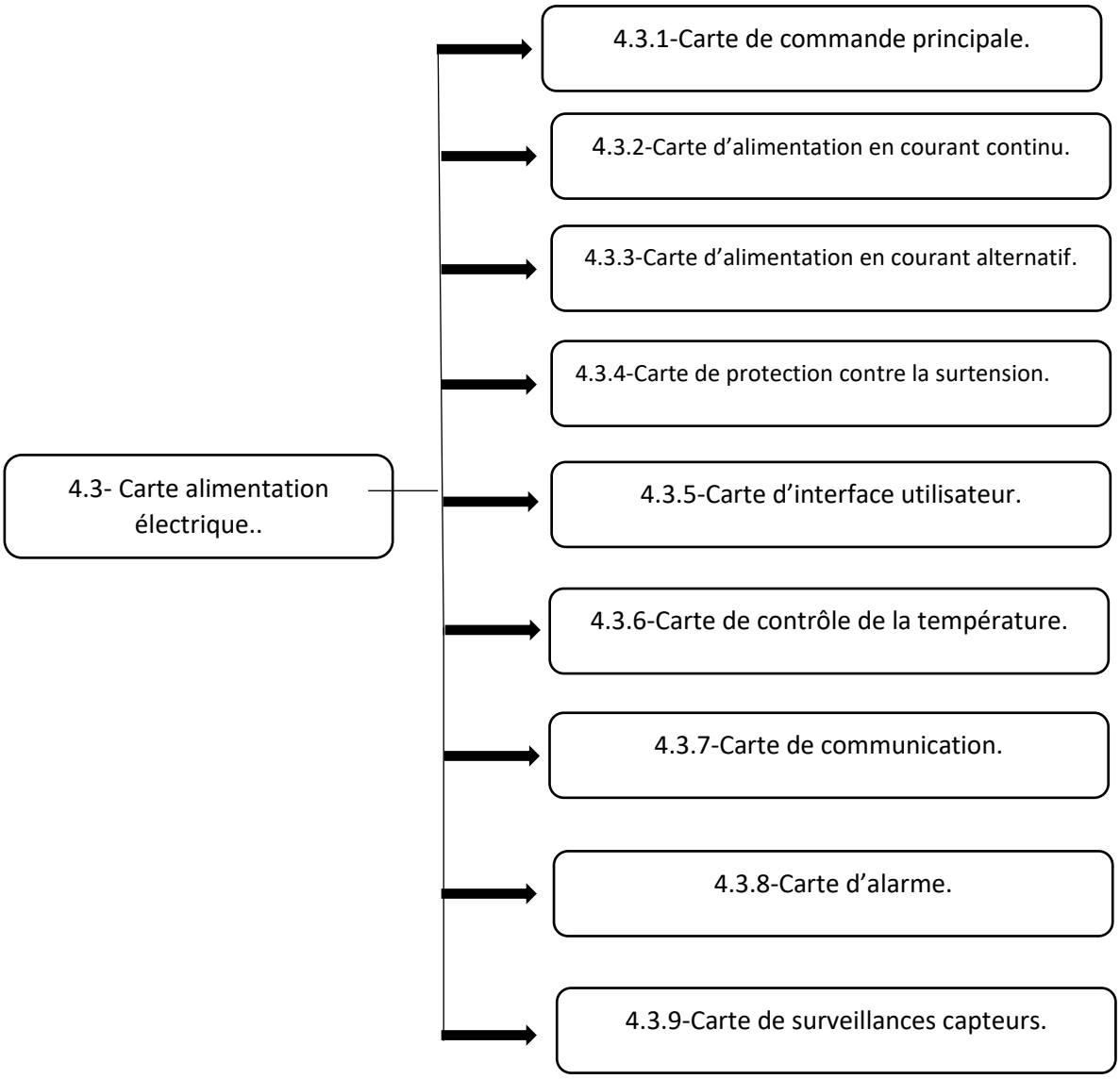


Figure N°27 : Échangeur Thermique à Récupération

Les composent d'un système d'alarme :

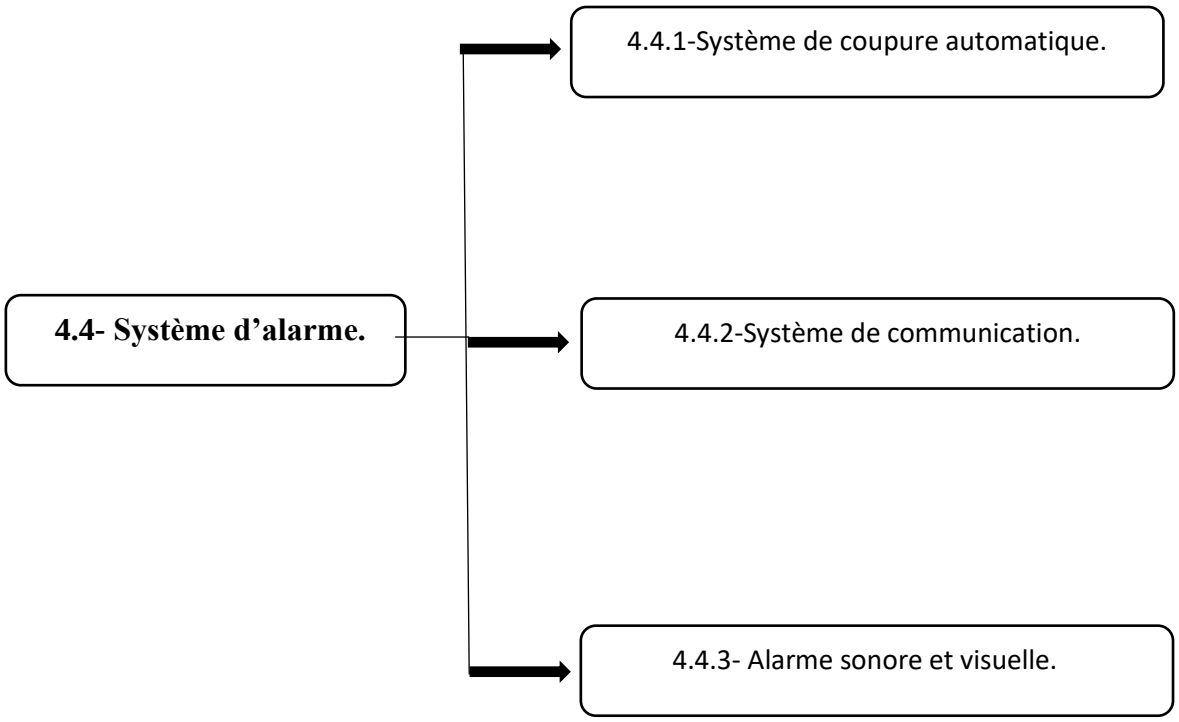


Figure N°28 : un système d'alarme .

5.2.2.1.2.identification des fonctions des sous-systèmes :

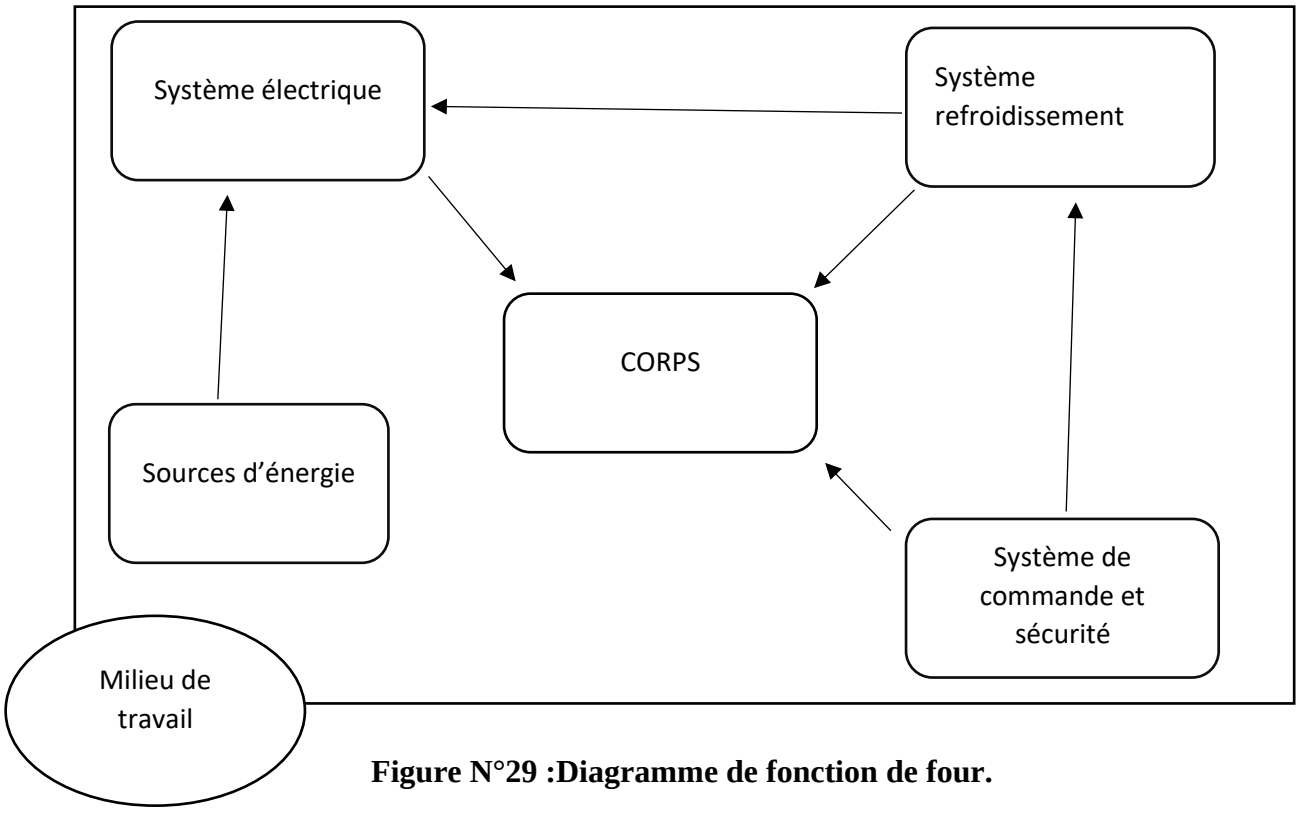


Figure N°29 :Diagramme de fonction de four.

Tableau AMDEC(support de l'étude) :

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction	Système ; **four à induction** Sous système :			Phase de fonctionnement : Normale							Page :	
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective	
				Local	General		F	N	G	C		
Indiquer premier élément	Lister toute la fonction devient être assurer par l' éléme nt	Pour la premier des fonctions : lister tus les modes de défaillanc e	Pour la première des modes de défaillance lister toute s les causes primaires possible	Pour la premier des causes : lister successivement les effets les plus grave et les plus probables. Evaluer niveau de fréquence ,graviter , probabilité de non détection et criticité de la combinaison cause -mode -effet Lister les propositions d'action corrective Pour chaque cause suivante :Effectuer la même opération Pour chaque mode suivant : effectuer les opérations ci-dessus Pour chaque fonction suivante : effectuer les opérations ci-dessus							

L'évaluation dans la criticité a été réalisée à partir des grilles de cotation suivantes :

Grille de cotation de la probabilité de non détection sur 4 niveaux N :

Niveau de la probabilité de non détection		Définition
Détection évidente	**1**	Défaillance détectable à 100% -Détection à coup sûr de la cause de défaillance -Signe avant-coureur évident d'une dégradation -Dispositif de détection automatique d'incident
Détection possible	**2**	Défaillance détectable -Signe avant-coureur de la défaillance facilement décelable mais nécessitent une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel...)
Détection improbable	**3**	Défaillance Difficilement détectable -Signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable, peut exploitable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage ou appareillage)
Détection impossible	**4**	Défaillance indétectable -Aucun signe avant-coureur de la défaillance

Tableau N°2 : Grille de cotation de la probabilité de non détection

Grille de gravité sur 5 niveaux G :

Niveau de Gravité		Définition
Gravité mineure	**1**	Défaillance mineure : - Arrêt de fonction inférieur à 2 minutes - Aucune dégradation notable du matériel
Gravité significative	**2**	Défaillance significative: - Arrêt de production de 2 à 20 minutes au rapport possible d'intervention -Remise en état de courte durée ou réparation sur place nécessaire
Gravité moyenne	**3**	Défaillance moyenne : -Arrêt de production de 20 à 60 minutes -Changement de matériel défectueux nécessaire
Gravité majeure	**4**	Défaillance majeure : -Arrêt de production de 1 à 2 heures -Intervention importante sur sous- ensemble
Gravité catastrophique	**5**	Défaillance catastrophique : -Arrêt de production supérieur à 2 heures -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux -Problème de sécurité du personnel ou d'environnement

Tableau N°3 : Grille de gravité

Grille de cotation pour la fréquence :

Niveau de fréquence		Définition
Fréquence faible	**1**	Défaillance rare: moins d'une défaillance par ans.
Fréquence faible	**2**	Défaillance possible: Moins d'une défaillance par trimestre
Fréquence moyenne	**3**	Défaillance fréquente: moins d'une défaillance par semaine
Fréquence forte	**4**	Défaillance très fréquente: Plusieurs défaillance par semaine

Tableau N°4 : Grille de cotation pour la fréquence

* Recherche des actions correctives: Pour chaque combinaison cause-mode- effet les actions correctives sont des moyens, dispositifs, procédures ou documents permettant la diminution de la valeur d'un ou plusieurs niveaux (fréquence, gravité, probabilité de non-détection) et par la suite la réduction de la criticité.

* Elles sont en trois types:

- Action de prévention de défaillances

- Action de détection préventive des défaillances

- Action de réduction des effets.

*Plusieurs possibilités existantes dans la recherche des actions selon les objectifs de l'étude :

- On ne s'intéresse qu'aux défaillances critiques

- On s'intéresse à toutes les défaillances systématiquement - On oriente l'action à engager selon le niveau de criticité obtenu (voir tableau ci-dessous)[11]

Niveau de criticité	Action corrective a engagé
$1 \leq C < 12$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$12 \leq C < 16$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
$16 \leq C < 20$ Criricité élevéé	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments, surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
$20 < C < 80$ Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

Tableau N°5 : grille de criticité

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.1	Le creuset réfractaire.	Contenir le métal fondu et de le maintenir à une température constante pendant la fusion.	Fissuration Usure Érosion Déformation	Mauvaise installation Utilisation excessive ou inappropriée du four Vieillisse-Ment naturel Chocs thermiques	Fuite de métal en fusion .	Des dommages à l' équipement et des risques pour la sécurité des travailleurs. -Diminution de la qualité du produit.	Visuelle.	2 1	1 1	5 5	10 5	**MC :** Utilisez le bon type de creuset. Évitez les chocs thermiques. Nettoyer régulièrement le creuset.

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.2	Un isolant thermique	Limiter les pertes de chaleur et de protéger les composants du four contre la chaleur excessive.	Érosion Détériorati on chimique Fissuration	Surchauffe Usure mécanique Mauvaise installation Exposition à des gaz corrosifs	Risque d' incendi e. Réduction de la durée de vie.	Perte d' efficacit é. Qualité des produits.	Visuelle. Visite.	2 1	2 2	5 5	20 10	**MPS :** Réparation ou remplacement des composants endommagés. Inspection et maintenance régulières. Formation et sensibilisation des opérateurs Réparation ou remplacement de l' isolant thermique.

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système ; **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.3	Une couche de sécurité en réfractaire.	Protection contre les dommages thermiques. Réduction de la perte de chaleur.	L' usure La corrosion Le vieillissement	L' exposition à des températures élevées - Les chocs thermiques - Les produits chimiques	Fuite de métaux en fusion	Endommager la structure du four et entraîner une perte de production. Coûts de réparation élevés	Visuelle La mesure de l'épaisseur L' évaluation de la performance.	2 1	2 2	4 4	16 8	**MPS :** Remplacement de la couche, La réparation des dommages mineurs, L' inspection et la maintenance régulières,

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :	**four à induction** Corp				Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.4	Bobine de puissance.	Permettant de générer un champ magnétique alternatif qui induit un courant électrique dans le matériau conducteur pour produire de la chaleur de manière efficace et contrôlée.	Court-circuit Surchauffe Rupture	Le fil électrique de la bobine contact avec un autre partie du système électrique Défaillance de système de refroidissement	Perte de puissance Dommages matériels	Arrêt complet Risque Explosion et risque Incendie	Visuelle arrêt de four	3 2	1 1	5 4	15 8	**MPS :** Remplacement et Réparation. Amélioration du système de refroidissement et l'isolassent.

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.5	Des spires refroidies	Réduire la température des bobines et éviter leur surchauffe. Leur fonction principale est donc d'assurer un refroidissement efficace de la bobine de puissance.	Corrosion Fuites d'eau Défaut de fabrication Corrosion Obstruction du circuit de refroidissement	Mauvaise qualité de l'eau Surutilisation Installation incorrecte Maintenance insuffisante Exposition à des produits chimiques corrosifs	Perte de puissance Dommages matériels	Arrêt complet Risque Explosion et risque incendie	Visuelle -arrêt de four	2 1	2 2	4 4	16 8	**MPC :** La surveillance quotidienne Réparation ou changement

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.6	Dessus de four	Protéger les composants électriques et électroniques du four des contaminants et de servir de support pour les charges à fondre.	à fissuration ou la rupture La corrosion La corrosion La déformation ou la dégradation thermique	Les chocs mécaniques ou thermiques Hautes températures L'utilisation de produits chimiques corrosifs	Contamination du produit Risques de sécurité	Perte de productivité Coûts de réparation	Visuelle Thermographie Surveillance de la pression	1 1	1 1	4 4	4 4	**MC** : Aucune modification de conception Maintenance corrective Avec la surveillance

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					Page :
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.7	Bec de verseur	Permet de contrôler la vitesse et la direction de la coulée de métal fondu dans un moule ou une forme de coulée, de protéger contre les éclaboussures et les impuretés, et de résister à des températures élevées.	Corrosion Fissuration Détachement de revêtement Obstruction	Qualité de fabrication Pression du métal fondu ou les vibrations Températures élevées Mauvaise conception	Fuites de métal fondu Pièces coulées de mauvaise qualité	Temps d'arrêt de la production Coûts de réparation	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de la température	1 1	1 1	3 3	3 3	**MC** : Aucune modification de conception Maintenance corrective Avec la surveillance

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.8	Bec de décrassage	D' élimi ner les impuretés de la surface du métal fondu pour améliorer la qualité de la pièce coulée.	Corrosion Déformat ion Fissures Usure	Matériaux corrosifs Températu res élevées, des pressions élevées, des chocs ou des vibrations Utilisation incorrecte	Fuites de métal Augmentat ion des impuretés L' arrêt de la coulée	Augmentatio n des coûts de maintenance Diminution de la qualité du produit final	I Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de la température	1 1	1 1	3 3	3 3	MC : Aucune modification de conception Maintenance corrective Avec la surveillance

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.9	D' écrans magnétiques	Minimiser les pertes magnétiques Réduire les interférences électromagnétiques. Protéger les bobines contre les projections de métal fondu . Améliorer l'efficacité énergétique.	Déformation Endommagement par des projections de métal Érosion	Chocs mécaniques Usure Contraintes thermiques Exposition à des produits chimiques	Diminution de l'efficacité énergétique Risques de contamination	Risques pour la sécurité Augmentation des coûts de maintenance	Inspection visuelle Mesure du champ magnétique Analyse des pertes énergétiques Analyse des particules de métal fondu	2 1	2 2	3 3	12 6	MPS : Réparation ou le remplacement des écrans magnétiques

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.10	Absorbeur de vibration	Minimiser les dommages causés aux équipements et aux structures environnantes en réduisant les vibrations et le bruit les bobines de l'inducteur et les mouvements du métal fondu dans le four	Rupture des ressorts Fuite d'huile Dommages aux masses oscillantes Corrosion	Surcharge Usure normale Mauvaise installation Défaut de fabrication Mauvaise maintenance	Vibration excessive Réduction de la durée de	Bruit excessif	Inspection visuelle Mesures de vibrations Surveillance des bruits Analyse de la performance	3 2	2 2	2 2	12 8	MPS : Inspection et vérification Remplacement de l'absorbeur défectueux Maintenance préventive

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Corp					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.11	Les antennes	Détecter les défauts dans le processus de fusion et pour assurer la sécurité des opérateurs en cas de panne ou de dysfonctionnement du système.	Cassée ou endommagée Connecteur défectueux	Manipulation incorrecte Chocs physiques Connecteur défectueux	Mauvaise réception ou transmission des signaux Risque sur le four Diminution des performances	Risque d' incendie Risque de l' explosion	Inspection visuelle Test de performance	2 1	3 1	5 5	30 5	Remplacement ou la réparation des antennes défectueuses Résolution des problèmes de câblage ou de connectivité Ajouter un câble de secoure Programmation dans ETR de l' arrêt urgence en cas de défaillance de l' antenne

Analyse de mode de défaillance leur effet et leur criticité												
AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :		**four à induction** Corp			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
1.12	Le col-cage (ou collier de refroidissement)	Une pièce du four à induction qui a pour fonction de refroidir la bobine de l'inducteur.	Corrosion Obstruction Fuite Mauvaise installation	Produits chimiques corrosifs Obstrué par des débris, des sédiments ou des minéraux Chocs mécaniques	Fusion du creuset ou des bobines	Perte de production Les coûts de réparation Perte de revenus pour l'entreprise	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance de la pression Surveillance acoustique	1 1	3 2	5 3	15 6	MPS : Réparation ou remplacement du collier de refroidissement Nettoyage et entretien réguliers Vérification du système

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :		**four à induction** Système de refroidissement			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.1	Pompe	Fonction de faire circuler le liquide de refroidissement dans les différents éléments du four pour évacuer la chaleur produite.	Usure mécanique Blocage Cavitation Fuite de liquide Défaillance électrique	Les pièces mobiles de la pompe Les particules étrangères Les joints d'étanchéité Courts-circuits	Une surchauffe des composants et des fuites d'eau.	Arrêt complet du four Des réparations coûteuses et prolongées	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance de la pression Surveillance acoustique	1 1	3 2	5 3	15 6	MPS : Nettoyage et entretien de la pompe Réparation ou remplacement les éléments défaillantes Remplacer la pompe Maitre une deuxième pompe de secoure

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système de refroidissement					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.2	Réservoir	Stocker de l' eau ou un autre liquide de refroidissement et de le fournir au système de refroidissement pour maintenir une température stable pendant le fonctionnement du four.	Fuit Corrosion Obstruction Déformation Vieillissement	Fissures, de joints défectueux ou d' une mauvaise installation L' exposition à des produits chimiques agressifs Des particules étrangères	Dommages au système de refroidissement du four Une surchauffe des composants	Arrêt complet du four Des réparations coûteuses et prolongées	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance de la pression Surveillance acoustique	1 1	2 1	3 3	6 3	MC : Maitre un deuxième réservoir secours Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système de refroidissement					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.3	Echangeur des chaleurs	Transférer la chaleur d'un fluide chaud à un fluide plus froid en utilisant un échangeur de chaleur pour maintenir une température de fonctionnement optimale du système	Corrosion Déformation Vieillissement Défaillance de la pompe Obstruction Encrassement	L’ usure normale due à l'utilisation prolongée L'accumulation de dépôts de calcaire ou de corrosion sur les tubes Maintenance inadéquate	Une surchauffe des composants Déformation des pièces de travail Augmentation de la production de fumées et de gaz toxiques	Arrêt complet du four Des réparations coûteuses et prolongées Diminution de la capacité de production Impact négatif sur l'environnement et la santé des travailleurs	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance de la pression Surveillance acoustique	2 2	5 3	1 1	10 6	MC : Réparation ou remplacement de l'échangeur de chaleur Surveillance continue Nettoyage Vérification

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système de refroidissement					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.4	Les tuyaux de circuit de refroidissement	Servent à assurer le refroidissement de différents éléments du système et d'évacuer cette chaleur afin d'éviter une surchauffe et une défaillance, conçus pour résister aux températures et pressions élevées du système.	Fuites Obstruction Usure Corrosion Cassure Gonflement	Fissurer ou se perforer Obstrués par des débris, de la corrosion ou des dépôts minéraux La nature corrosive du liquide de refroidissement Gonfler en raison de la pression ou de la température élevées	Peut entraîner une diminution de l'efficacité du refroidissement Conduire à une surchauffe du four	Arrêt complet du four Des réparations coûteuses et prolongées Diminution de la capacité de production Endommager l'environnement de travail et présenter un risque pour la sécurité des travailleurs.	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance de la pression Surveillance acoustique	2 1	2 2	4 2	16 8	MPC : Réparation des fuites Remplacement des tuyaux endommagés Surveillance continue Vérification

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système de refroidissement					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.5	Capteurs de température	Mesurer et de surveiller la température à différents endroits du four, notamment la température de la charge métallique, la température du matériau réfractaire, la température de l'eau de refroidissement.	Défaillance mécanique Usure Encrassement Problèmes de connexion Problèmes d'alimentation électrique Vieillissement	En raison de leur emplacement dans le four Des températures élevées et à des conditions corrosives Desserrer ou se corroder Qui peut être sujette à des pannes ou à des fluctuations de tension	Une surchauffe ou une sous-chauffe du four Difficile de détecter les problèmes de température du four	Arrêt complet du four Affecter la qualité de la production Réduire sa durée de vie	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance acoustique	1 1	2 2	3 3	6 6	MC : Remplacement des capteurs défectueux Vérification Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système de refroidissement					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
2.6	Les ventilateurs	Refroidir les composants électroniques tels que les condensateurs et les transformateurs, ainsi que pour évacuer la chaleur générée par le processus de fusion du métal et de minimiser l'accumulation de gaz toxiques et de fumée à l'intérieur du four.	Blocage Usure des roulements Déséquilibre Surcharge Mauvais câblage électrique Défaillance du moteur	Une usure, une corrosion User avec le temps Un câblage électrique défectueux ou mal dimensionné Une surchauffe, une surcharge, une mauvaise lubrification, une usure des balais de charbon ou des enroulements	Une réduction de l'efficacité de refroidissement du système Une augmentation du bruit de fonctionnement du four à induction	Arrêt complet du four Affecter la qualité de la production Réduire sa durée de vie Une augmentation de la consommation d'énergie	Inspection visuelle Mesures de température Surveillance acoustique	1 1	4 3	2 2	8 6	MC : Remplacement les ventilateurs défectueux Vérification Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :		**four à induction** Système électrique			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.1	Transformateur	Fournir l'énergie électrique nécessaire à la génération du champ magnétique utilisé pour le chauffage par induction et des fonctions de régulation de tension et de protection contre les surtensions pour assurer un fonctionnement stable et fiable du four à induction.	Court-circuit entre les enroulements Défaillance de l'isolation Défaillance du refroidissement Vieillissement des matériaux Surcharge	Défaillance de l'isolation électrique entre les enroulements Des fuites de courant électrique Une surchauffe Dégradation avec le temps	Inclure des perturbations dans l'alimentation électrique des bobines d'induction Diminution de la puissance de chauffe du four ou même son arrêt complet	Arrêt complet du four Pertes importantes en termes de temps et de coûts de réparation	Inspection visuelle Surveillance acoustique La surveillance du courant	1 1	1 1	5 4	5 4	MC : Remplacement les Transformateur défectueux Réparation Vérification Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :		**four à induction** Système électrique			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.2	Condensateur	Sa fonction principale est de stocker de l'énergie électrique pour alimenter le circuit oscillant du four.	Court-circuit Circuit ouvert Perte de capacité Fuite de courant	Se produit lorsque les deux broches d'un condensateur sont reliées ensemble Choc électrique D' une surtension Une détériorati on de l'isolant	Une surcharge électrique dans le système Perturber les signaux de commande et de mesure	Pertes importantes en termes de temps et de coûts de réparation	Inspection visuelle Surveillance acoustique La surveillance du courant	1 1	2 2	3 3	6 6	MC : Remplacement les Condensateur défectueux Réparation Vérification Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous système : Système électrique					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.3	Circuit de contrôle	Responsable de la régulation de la puissance électrique fournie à l'inducteur . Il surveille également le fonctionnement du système de refroidissement et de la température de fusion du matériau dans le four. En fonction des signaux de capteurs tels que les capteurs de température, les capteurs de pression, les capteurs de débit, etc.	Panne de composants électroniques Défaillance de la carte de circuit imprimé Problèmes de câblage Erreur de programmation Problèmes de communication	La défaillance des circuits intégrés, des transistors, des diodes, des capteurs, des relais, etc... Surtensions, des surintensités, des vibrations, des chocs mécaniques, etc.	Une surchauffe et une défaillance des autres composants. Perturber les signaux de commande et de mesure	Un retard de production et une perte de temps. Provoquer des problèmes de qualité de production Problèmes de sécurité	Inspection visuelle Surveillance acoustique Vérification de l'état des fusibles Mesure des signaux de sortie	1 1	3 2	5 4	15 8	MPS : Réparation et remplacer les Circuit défectueux Vérification Surveillance continue

AMDEC FOUR à induction		Système ; **four à induction** Sous système : Système électrique					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.4	Les bobines d' induction	Ils sont responsables de la création d'un champ électromagnétique qui génère de la chaleur à partir de l'objet métallique à chauffer.	Court-circuit Surchauffe Fissuration Oxydation Déformation	Surtension ou d'une surintensité Augmentation de la température Vibrations excessives Exposition prolongée à l'air ou à l'humidité	Augmentation de la consommation d'énergie	Diminution de la production Risques de sécurité Coûts de réparation	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de température	1 1	2 2	5 4	10 8	MC : Réparation des bobines Remplacement des bobines défaillantes Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :		**four à induction** Système électrique			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.5	Les éléments de refroidissement	Sont conçus pour évacuer la chaleur du four en utilisant de l'eau ou d'autres liquides de refroidissement circulant à travers des tubes ou des canaux autour des composants chauds.	Obstruction des conduits de refroidissement Fuites dans les conduits de refroidissement Usure et corrosion des éléments de refroidissement Défaillance des pompes de circulation	Dépôts minéraux, de saletés ou d'autres matériaux étrangers La pression Des produits chimiques Court-circuit	Une surchauffe du four Défaillance des composants de four	Réduire la durée de vie du four Diminution de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de température	1	2	3	6	MC : Réparation des éléments de refroidissement Remplacement éléments de refroidissement défaillant Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous système :	**four à induction** Système électrique				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.6	Les dispositifs de sécurité	Conçus pour protéger les opérateurs et le four lui-même contre les risques pour garantir la sécurité des personnes et des équipements pendant le fonctionnement du four à induction.	Les interrupteurs de sécurité peuvent se bloquer Les détecteurs de fumée ou de gaz peuvent ne pas fonctionner Blocage des systèmes de verrouillage de sécurité Dysfonctionnement d'arrêt d'urgence	S' user au fil du temps Surcharge Défaillance de l'alimentation électrique Erreurs de conception Mauvaise utilisation	Une surchauffe du four Défaillance des composants de four	Arrêts imprévus et des temps d'arrêt coûteux pour les opérations de production Diminution de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de température	2 1	2 2	4 3	16 6	MPC : Réparation les dispositifs de sécurité Remplacement les dispositifs de sécurité défaillantes Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : le système de commande et sécurité					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.1	Les capteurs de température	Mesurer la température de l'objet en chauffe et de fournir des informations précises pour un contrôle précis de la production et une optimisation des performances du four.	Dé calibration Défaillance du circuit de câblage Défaillance physique Défaillance de la sonde	Mal calibré Endommagé de câblage Une surchauffe, une corrosion ou une exposition à des substances corrosives Rupture du fil de thermocouple Une défaillance de l'électronique interne,	Une surchauffe du four Défaillance des composants de four	Arrêts imprévus et des temps d'arrêt coûteux pour les opérations de production Diminution de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de température	2 1	1 1	3 4	6 4	MC : Réparation les capteurs de température Remplacement les capteurs de température défaillantes Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système le système de commande et sécurité					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.2	Les capteurs de pression	Surveiller et contrôler la pression dans le système, assurer la sécurité, réguler la combustion et le refroidissement, et garantir un fonctionnement efficace et fiable du four.	Dé calibration Défaillance du circuit de câblage Défaillance physique Défaillance électronique	Mal calibré Endommagé de câblage Décalage au fil du temps Une défaillance de l'électronique interne Vibrations ou des chocs	Arrêt du four Erreurs de mesure Défaillance des composants de four	Arrêts imprévus et des temps d'arrêt coûteux pour les opérations de production Diminution de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de pression	2 1	1 1	3 4	6 4	MC : Réparation les capteurs de pression Remplacement Les capteurs de pression défaillantes Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : le système de commande et sécurité					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3	Carte alimentation électrique.	Surveiller et contrôler la pression dans le système, assurer la sécurité, réguler la combustion et le refroidissement, et garantir un fonctionnement efficace et fiable du four.	Dé calibration Défaillance du circuit de câblage Défaillance physique Défaillance électronique	Mal calibré Endommagé de câblage Décalage au fil du temps Une défaillance de l'électronique interne Vibrations ou des chocs	Arrêt du four Erreurs de mesure Défaillance des composants de four	Arrêts imprévus et des temps d'arrêt coûteux pour les opérations de production Diminution de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Surveillance de pression	2 1	2 2	5 3	20 6	RCC : Réparation des éléments défaillante Remplacement des éléments défaillante Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : le système de commande et sécurité					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.4	Dispositif d' arrêt d' urgence	Le dispositif d'arrêt d'urgence est un élément essentiel de la sécurité des fours à induction, car il permet de réagir rapidement en cas de situations dangereuses	Défaillance mécanique. Défaillance électrique Erreur de câblage ou de connexion Déclenchement intempestif Non activation	Se rompre, se bloquer ou se corroder avec le temps. Les contacteurs ou les fusibles Une mauvaise installation ou un câblage incorrect Déclencher de manière inattendue	Risques d'incendie Dommages matériels	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement Surveillance des indicateurs	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation Dispositif d' arrêt d' urgence Remplacement des éléments défaillante Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; Sous-système		**four à induction** Circuit de contrôle			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.3.1	Un panneau de commande	Offre un contrôle convivial et intuitif des différentes fonctionnalités du four, permettant à l'utilisateur de personnaliser les réglages de cuisson en fonction de ses besoins spécifiques.	Panne d'affichage Boutons défectueux Problèmes de connexion Défaillance du système de contrôle Panne de l'alimentation électrique	L'écran du panneau de commande peut cesser de fonctionner, Une perte de communication entre les deux composants. Une coupure de courant ou une instabilité de l'alimentation électrique	Perte de contrôle Inaccessibilité aux fonctionnalités avancées Difficulté à suivre le processus de cuisson	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation des éléments défaillante Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : Circuit de contrôle					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.3.2	Des interrupteurs de sécurité	Fonction principale de garantir la sécurité de l'utilisateur et de prévenir les accidents	Défaillance de contact Défaillance mécanique Défaillance électrique Défaillance de détection	L s'user ou se corroder avec le temps Se desserrer ou se casser les composants mécaniques de l'interrupteur Soumis à des surtensions, des surintensités ou des variations de tension	Perte de contrôle Pannes électriques ou dommages au système Difficulté à suivre le processus de cuisson	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	3 3	6 3	MC : Réparation des éléments défaillante Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; Sous-système		**four à induction** Circuit de contrôle			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.3.3	Des relais pour activer les bobines	Les relais sont responsables de la commutation de puissance, du contrôle de la température, de la séquence de démarrage, de la protection contre les surcharges et de l'isolation électrique dans un four à induction. Ils garantissent le bon fonctionnement et la sécurité du système en activant les bobines selon les besoins.	Défaut d'activation Défaut de désactivation Contacts collés Contacts oxydés Surcharge thermique Défaillance de l'isolation	Ne pas commuter correctement l'alimentation vers les bobines Ne pas couper correctement l'alimentation des bobines lorsque cela est nécessaire Lorsque le courant électrique traversant le relais dépasse sa capacité nominale	Perte de chauffage Chauffage excessif Arrêt complet du fonctionnement Problèmes de commutation	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	2 1	2 2	4 3	16 6	MPC : Réparation relais défaillante Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; Sous-système		**four à induction** Circuit de contrôle			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
3.3.4	Microcontrôleur de contrôle de toutes les fonctions.	Le microcontrôleur de contrôle de toutes les fonctions d'un four à induction joue un rôle essentiel dans la gestion du fonctionnement, du contrôle de la puissance, de la régulation des températures, de la programmation des modes de cuisson, de l'interface utilisateur et de la sécurité globale du four.	Panne matérielle Panne logicielle Problèmes de communication Défaillance de l'alimentation électrique Défaillance thermique	Court-circuit Une surtension Une défaillance des composants électroniques D' erreur de programmation De corruption du firewire D' une coupure de courant Mauvaise dissipation de la chaleur	Perte de contrôle des fonctions Fonctionnement erratique Problèmes de commutation	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement	1 1	2 2	5 3	10 6	MC : Réparation Microcontrôleur de contrôle de toutes les fonctions défaillantes Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous-système	**four à induction** Carte alimentation électrique.				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.1	Carte de commande principale	La carte de commande principale est le cerveau du four à induction, responsable du contrôle, de la coordination et de la sécurité de toutes les fonctions du four pour assurer une cuisson précise, efficace et sécurisée.	Panne matérielle Court-circuit Surcharge thermique Problèmes de connectivité Erreurs de programmation	Défaillance de des transistors, des condensateurs ou des circuits intégrés Défaillance de l'isolation Températures élevées Des connexions lâches	Perte de contrôle des fonctions Erreurs d'affichage Pannes Perte totale du fonctionnement	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes Carte de commande principale Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : Carte alimentation électrique.					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.2	Carte d' alimentation en courant continu	La carte d'alimentation en courant continu joue un rôle essentiel dans la fourniture de l'alimentation électrique nécessaire au fonctionnement du four à induction. Elle convertit l'alimentation secteur en courant continu, alimente les composants électriques du four et assure la protection et la gestion de l'alimentation électrique.	Panne de l'alimentation électrique Court-circuit Surchauffe Défaillance des composants électroniques Problèmes de régulation de tension Problèmes de protection	Une coupure de courant ou une fluctuation de tension excessive Une surcharge électrique D' une mauvaise dissipation thermique Défaillance fusible ou les relais	Perte de contrôle des fonctions Arrêt complet du fonctionnement Perte de puissance Instabilité du courant	Une interruption de la production Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte d' alimentation en courant continu Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; **four à induction** Sous-système Carte alimentation électrique.					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.3	Carte d' alimentation en courant alternatif	La carte d'alimentation en courant alternatif d'un four à induction assure la conversion, la régulation et la protection de l'alimentation électrique pour garantir un fonctionnement stable et sécurisé du four. Elle est essentielle pour fournir une alimentation électrique adéquate aux différents composants du four à induction et pour contrôler la puissance de chauffage et la température de cuisson.	Court-circuit Surchauffe Défaillance des composants Problèmes de régulation de tension ou de fréquence Défaillance de la communication avec d'autres composants	Défaillance de l'isolation D' une surcharge prolongée L' usure, de la surutilisation, de la surtension ou de la qualité inférieure des composants. L' usure, vieillissement, surtensions	Arrêt complet du fonctionnement Incapacité à chauffer Incohérence de la puissance de chauffage	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte d' alimentation en courant alternatif Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; Sous-système	**four à induction** Carte alimentation électrique.				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.4	Carte de protection contre la surtension	La fonction de la carte de protection contre la surtension dans un four à induction est de surveiller et de réguler la tension d'alimentation pour protéger les composants électriques contre les surtensions potentielles et assurer un fonctionnement sûr et fiable du four.	Défaillance de la détection de surtension Défaillance de la réaction de protection Défaillance de la régulation de tension Défaillance du circuit de protection	Dysfonctionnement des capteurs de tension ou des circuits de détection Défaillance des dispositifs de décharge de surtension ou des circuits de commutation Défauts dans les composants électroniques Courts-circuits ou des connexions défectueuses.	Endommager les composants électriques sensibles du four, Risque d'incendie ou d'explosion	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte de protection contre la surtension Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; **four à induction** Sous-système Carte alimentation électrique.					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.5	Carte d' interface utilisateur	La carte d'interface utilisateur dans un four à induction facilite l'interaction entre l'utilisateur et le four, en permettant la programmation, la sélection des paramètres de cuisson, l'affichage des informations pertinentes et la gestion des fonctions spéciales. Elle améliore ainsi l'expérience d'utilisation et la convivialité du four à induction.	Écran défectueux Problèmes de connectivité Dysfonctionnement des boutons ou des commandes Perte de communication avec le système de contrôle Erreurs logicielles	Se détériorer avec le temps en raison de l'usure, de la chaleur, de l'humidité ou de problèmes de connexion Des courts-circuits, des surtensions ou des fluctuations de tension Les erreurs de programmation Une utilisation incorrecte	Endommager les composants électriques sensibles du four Perte de fonctionnalité Affichage incorrect ou défectueux Erreurs de communication	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle. Surveillance acoustique Tests de fonctionnement.	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte d' interface utilisateur Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; Sous-système	**four à induction** Carte alimentation électrique.				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.6	Carte de contrôle de la température	La carte de contrôle de la température dans un four à induction est responsable de surveiller et de réguler la température de fonctionnement du four. Sa fonction principale est de maintenir une température constante et précise pour assurer une cuisson efficace et sécurisée.	Surcharge électrique Court-circuit Surchauffe Défaut des composants Mauvaise manipulation ou maintenance inadéquate	Surchauffe et endommager les composants électroniques. Défaillance de l'isolation. Défauts de fabrication ou d'utilisation. Une manipulation inappropriée. Exposition à des environnements corrosifs. Non-respect des instructions de nettoyage.	Perte de contrôle de la température Température excessive Température insuffisante Erreurs d'affichage ou de communication	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement Surveillance de la température	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte de contrôle de la température Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système ; **four à induction** Sous-système Carte alimentation électrique.					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.7	Carte de communication	La carte de communication joue un rôle essentiel dans la coordination et le contrôle global du four à induction. Elle permet une intégration harmonieuse des différentes fonctionnalités du four et facilite la surveillance, la régulation et la gestion efficace des processus de cuisson ou de chauffage.	Défaillance des composants électroniques Problèmes de connectivité Interférences électromagnétiques Erreurs de programmation ou de configuration	Surtensions Surintensités Variations de température Courts-circuits Erreurs de conception Des connexions desserrées Les variations de température, l'humidité, la poussière, les vibrations	Perte de communication Erreurs de commande Perte de fonctionnalités	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement.	Inspection visuelle. Surveillance acoustique. Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte de communication Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : **four à induction** Sous-système : Carte alimentation électrique.					Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.8	Carte d' alarme	La fonction principale de la carte d'alarme dans un four à induction est de surveiller les paramètres et les conditions de fonctionnement, et de déclencher des alarmes en cas de dépassement de limites prédéfinies ou de situations anormales. Cela permet de garantir la sécurité, d'éviter les dommages aux équipements et d'attirer l'attention des opérateurs sur les problèmes potentiels.	Défaillance de la détection Faux positifs ou faux négatifs Défaillance du circuit d'alarme Erreur de communication Dysfonctionnement de l'alimentation électrique	Dysfonctionnement du capteur Erreur de calibration Problème de circuit de détection Mauvaise qualité des signaux détectés Une connexion défaillante ou un court-circuit Coupure de courant La surtension, ou la fluctuation	Absence d'alerte Retard dans la prise de mesures Perte de contrôle du système	Une interruption de la production Coûts de réparation élevés Risques de sécurité des travailleurs et de l'environnement	Inspection visuelle Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes carte d' alarme Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous-système :	**four à induction** Système d' alarme				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.4.1	Système de coupure automatique	Détecter les conditions anormales ou dangereuses, de réagir rapidement en coupant l'alimentation électrique et d'assurer la sécurité des utilisateurs et du four lui-même.	Non-détection de surchauffe Défaillance du mécanisme de coupure	Dysfonctionnement des capteurs Le mécanisme de coupure automatique peut se bloquer ou se coincer	Des dégâts matériels ou des blessures	Risque incendie et explosion	Inspection visuelle Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes de système de coupure automatique Remplacer un système neuf Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous-système :		**four à induction** Système d' alarme			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.4.2	Système de communication	Faciliter la transmission d'informations entre le four à induction et d'autres systèmes ou dispositifs.	Problèmes logiciels Erreurs de transmission de données	Les composants matériels du système de communication Erreurs de transmission de données	L' incapacité de contrôler le four à induction à distance Incapacité à communiquer correctement avec d'autres appareils ou systèmes	Disfonctionnement de four Des erreurs de fonction	Inspection visuelle Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes de système de communication Remplacer un système neuf Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous-système :		**four à induction** Système d' alarme			Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.4.3	Alarme sonore et visuelle	La fonction de l'alarme sonore et visuelle dans un four à induction est d'alerter les utilisateurs en cas de situations anormales, de fin de cuisson, d'erreurs ou de dysfonctionnements, de surchauffe ou de notifications importantes. Cela contribue à assurer la sécurité, à optimiser l'utilisation du four à induction et à maintenir son bon fonctionnement.	Non déclenchement de l'alarme Dysfonctionnement des voyants lumineux	Problème au niveau du circuit de détection ou de l'alimentation électrique de l'alarme Manque de nettoyage Défaillance des lampes de détection	Perte de l'avertissement sonore Manque de notification visuelle	Difficulté à diagnostiquer les problèmes	Inspection visuelle Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l' élément défaillantes de système d' alarme sonore et visuelle Remplacer un système neuf. Maintenance préventive

AMDEC FOUR à induction		Système : Sous-système :	**four à induction** Carte ETR				Phase de fonctionnement : Normale					
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance		Détection	Criticité				Action corrective
					Local	General		F	N	G	C	
4.3.9	Carte de surveillances capteurs	La carte de surveillance des capteurs est responsable de la collecte, de l'analyse et du contrôle des données provenant des capteurs du four à induction. Elle joue un rôle essentiel dans le maintien des performances, de la sécurité et de la fiabilité du four en surveillant les paramètres clés et en prenant les mesures appropriées en cas de déviations ou de problèmes détectés.	Défaillance du capteur Problèmes de câblage Interférences électromagnétiques Panne de la carte de surveillance	La rupture des fils de connexion Présence de dispositifs électriques puissants, d'équipements de soudage, de champs magnétiques puissants Des composants défectueux, des erreurs de programmation, des pannes de l'alimentation électrique	Une surveillance incorrecte des paramètres du four à induction. Une perte de données de surveillance	Une augmentation des risques de sécurité ou des dysfonctionnements du four à induction	Inspection visuelle. Surveillance acoustique Tests de fonctionnement	1 1	2 2	4 3	8 6	MC : Réparation l'élément défaillantes carte de surveillances capteurs Remplacer une carte neuve Maintenance préventive

Grille de synthèse AMDEC :

Criticité interdite 80 Remise en cause de la conception « Choix des éléments » 20	-choc thermique, Corrosion 1.2 -couper 1.11			4.3
Criticité élevée Maintenance conditionnelle 16	Corrosion 1.3 1.5	2.4	3.6 3.3.3	
Criticité moyenne Maintenance préventive systématique 12	Rupture 1.4 Erosion 1.9 Corrosion 1.10 Rupture 1.12	2.1	3.3	
Criticité négligeable Maintenance corrective	Fissuration 1.1 Corrasion 1.6 1.7 1.8	2.2 2.3 2.5 2.6	3.2 3.3.1 3.4 3.3.2 3.5 3.3.4	4.1 4.3.7 4.2 4.3.8 4.4 4.3.9 4..3.1 4.4.1 4.3.2 4.4.2 4.3.3 4.4.3 4.3.4 4.3.5 4.3.6

Sous système N°1	Sous-système N°2	Sous-système N°3	Sous-système N°4

COMMENTAIRE:

La grille AMDEC nous a permis une meilleure classification de la criticité et des actions à engager au niveau de chaque sous système

Nous devons nous orienter davantage sur les problèmes situés aux repères 1.3 1.2, 1.4 ceux-ci ont dépassé le seuil de la criticité limite (C=16) et par conséquent nécessitent d'une part une révision de la conception de l'installation et d'autre part une surveillance particulière, ceci- dit nous tenons à signaler, que nous avons constaté un mauvais choix de la conception, celle-ci Ces équipements sont exposés à des températures élevées et à une forte pression de travail.

Aussi nous avons remarqué que la majorité des Rupture et corrasion sont décelées au niveau de corp du four , dues aux conditions sévères de température élever et exposition au les produits chimiques et aussi à l'absence d'une maintenance efficace de l'équipement.

En ce qui concerne les autres éléments du système ils se situent dans la zone de la criticité acceptable, étant donné les quelques actions de maintenance préventives tenues ultérieurement.

Nos actions seront basées sur les modes de défaillance et leurs effets, ceci en agissant sur leurs causes dans le but d'évité ou éliminer leur apparition, et aussi en agissant sur leur effet afin d'interrompre l'enchaînement des défaillances.

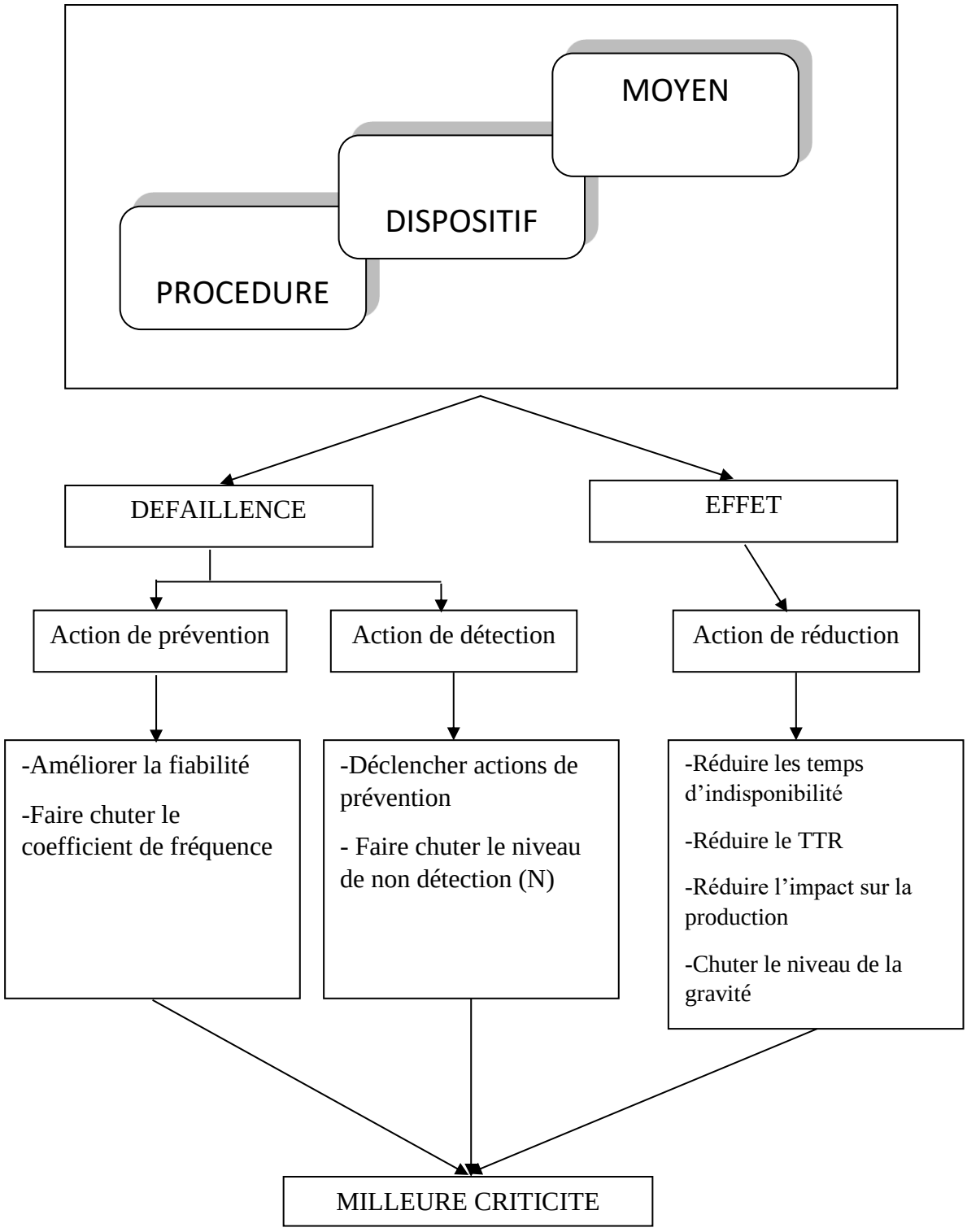


figure N 30 :shima réprésenté les actiones corective pour milleure criticite

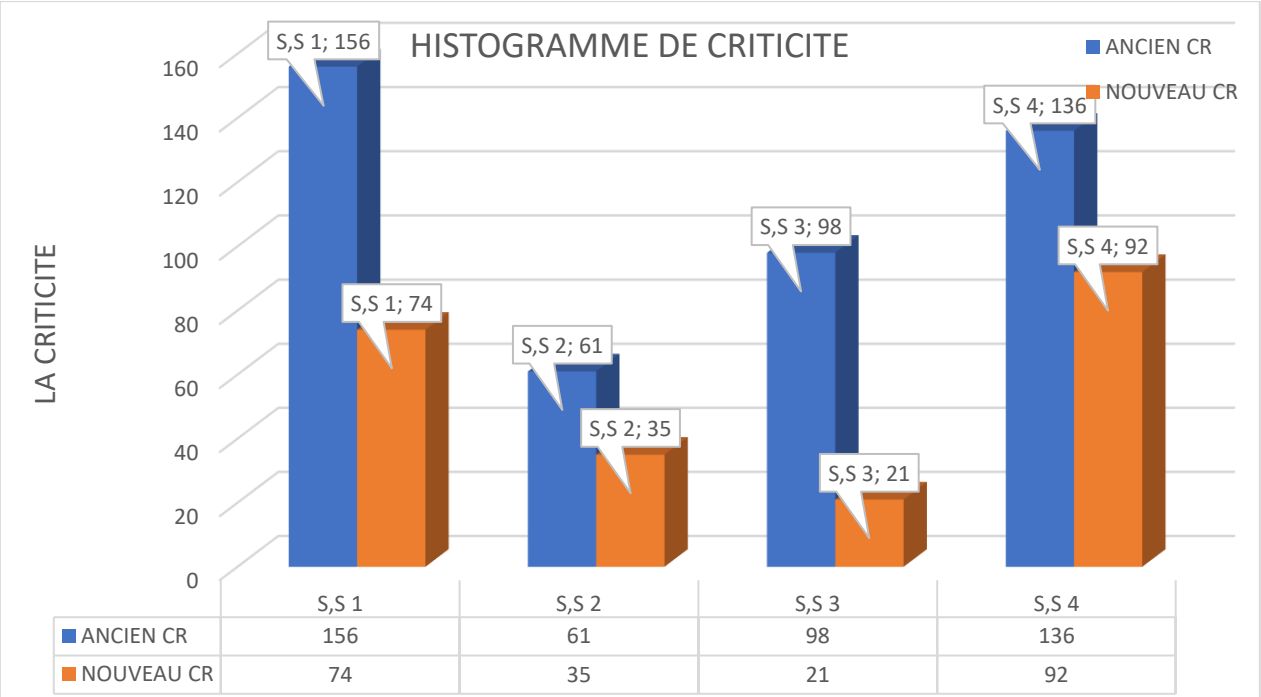


figure N°31: histogramme presenté la défirence entre la somme de criticité de les élements de chaque sous systéme avant et apres l'application de l'AMDEC

L'étude de histogrammes obtenue par les données de déffailence dégagent l'observations suivantes :

1er analyse de l'histogramme : **la corp du four à induction**
Il présente une criticité élevée causé par les conductions sévères d'exploitation et par la méconnaissance de l'outil de production, celle-ci est réduire en engageant :

Action : Application de maintenance conditionnelle et le suivi des analyses ,la surveillance quotidienne obligatoire et le diagnostic.

2éme analyse de l'histogramme : **Système de refroidissement de four à induction**

Ils présentent une criticité importante car ils assurent le refroidissement des équipements du système, néanmoins celle - ci est réduite en engageant :

Actions : La surveillance quotidienne et la maintenance conditionnelle, vérification et nettoyage.

3éme analyse de l'histogramme : **Systéme electrique de four a induction**

Ils présentent une criticité peu et importante car ils assurent l'affichage des donnée et la procédure de marche des équipements du système, néanmoins celle - ci est réduite en engageant :

Actions : Réalisation et Suivi des réglages systématiques.

4éme analyse de l'histogramme :**Systéme de commande**

Il présente une criticité trop élevée causé par les conductions de mouvement de commande et le responsable de sécurité des équipements du système par la méconnaissance de l'outil de production, celle-ci est réduire en engageant :

Actions : Application de maintenance conditionnelle et le suivi des analyses et la surveillance quotidienne obligatoire et le diagnostic.

CONCLUSION :

L'analyse de mode de défaillance effet et leur criticité AMDEC nous a permis de détecter les défaillances qui peuvent survenir au niveau de four à induction. Cette analyse nous a permis aussi d'évaluer le niveau de la criticité de chaque défaillance et orienter le choix du type de maintenance à adopter , aussi durant cette étude nous avons constaté que la fréquences des pannes qui sollicite les différents éléments de notre équipement est faible dans l'ensemble , ceci nous conduit à conclure qu'il faut agir sur la gravité , en appliquant une maintenance préventive systématique ou conditionnelle , et en diminuant le coefficient de non détection en plaçant des dispositifs de surveillance

L'exploitation de ces mesures et leur résultat nous permet de déceler les signes d'anomalies, de mieux comprendre le comportement de l'équipement et donc sa meilleure exploitation.

Conclusion générale

La fonderie est un processus crucial dans la fabrication de nombreux produits industriels. Elle permet de créer des pièces en métal avec une grande précision et une grande résistance. Cependant, pour que ce processus soit efficace et rentable, il est essentiel d'avoir un équipement de qualité, tel qu'un four à induction.

Un four à induction est un outil indispensable pour la fonderie car il permet de chauffer rapidement le métal à des températures très élevées, ce qui facilite le processus de coulée. De plus, les fours à induction sont plus économes en énergie que les autres types de fours, ce qui les rend plus rentables à long terme.

L'application AMDEC machine est un outil important pour garantir la sécurité et l'efficacité du fonctionnement d'un four à induction. Elle permet d'identifier les risques potentiels liés au fonctionnement du four et de mettre en place des mesures préventives pour éviter les accidents ou les pannes.
A cause de notre étude AMDEC nous pouvons classée la criticité de chaque sous système par les niveaux suivants:
sous système 1 : criticité inaccetable :obligation de forcer la surveillence et la mainetenance préventive et corrective
sous système 2 & 3 : criticité acceptable
sous système 4 : criticité acceptable avec condition de surveillence et maintenance prévetive systématique.

La fonderie est un processus clé dans l'industrie manufacturière et un four à induction est un élément essentiel pour garantir sa réussite. L'utilisation d'une application AMDEC machine peut aider à améliorer la sécurité et l'efficacité du fonctionnement du four, ce qui peut avoir des répercussions positives sur l'ensemble du processus de production.

Référence bibliographique :

[1] :http://dspace.univ-bouira.dz/mimoire de fin de etuide

[2] : dspace.univ-medea.dz / Etude sécuritaire d'un réseau anti-incendie par la combinaison des

méthodes AMDEC et ADD –Cas d'étude : (Poval)

[3] : mimoire de fin de etuide Calcul du manqué à produire (MAP) des deux chantiers de moulage de l'unité Fonderie Berrouaghia

[4] : ; https://french.alibaba.com/product-gs/small-furnace-heat-treatment-fur... 28/11/2013 22 :22

[5] : FONDERIE MAGAZINE 44avenue de la division leclerc nov 10 Mensuel (Focus le fours électrique de fusion,de maintien et de coulée*

[6] : httpsdspace.univ-guelma.dzjspuibitstream1234567895741Cours_FRIHI_Djamel.pdf

[7] : memoire-finale-MAHFOUD-BRAHIM.pdf (univ-annaba.dz)

[8] : cours maintnance industielle univ medea

[9] : mimoire -application AMDEC machine (https.univ-boumerdes.dz)

[10] . https://www.cours-gratuit.com/cours-divers/cours-sur-les-definitions-methodes-et-operations-de-la-maintenance

[11] : http://193.194.87.117/handle/123456789/4091

[12] : http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/12286

[13] : http://dspace.univ-ghardaia.dz:8080/xmlui/handle/123456789/489

[14] : http://dspace.univ-medea.dz/handle/123456789/1853

[15] prof. Joseph Kélada. École des HEC - 1994 - Reproduction strictement interdite pp. 3-8

[16] : Four à creuset induction, BA 70-010-FR, Version : 1.0 Copyright © 06.12.2013

[17] ; https://french.alibaba.com/product-gs/hyigh-reputation-small-furnace-petit... 05/2023

- L'AFNOR : (Association Française de Normalisation)