

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Parcours : Master

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème

**L'étude et la réalisation de
l'automatisation d'un four industriel
avec l'intégration d'un système de
maintenance**

Préparé par :

MANSOUR Rachid et BENDJAZIA Moulay Ahmed Mustapha

Soutenu publiquement le : 13/ 07 / 2021, Devant le jury composé de :

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| Mlle. SLIMANI Halima | Maître de Conférences "B"(Univ. Ibn Khaldoun) | Président |
| Mme. ASRI Aicha | Maître de Conférences "B"(Univ. Ibn Khaldoun) | Examineur |
| M. BEY Mohamed | Maître Assistant "B" (Univ. Ibn Khaldoun) | Examineur |
| M. BENSATTALAH A | Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun) | Encadreur |

2020-2021

Remerciements

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à dieu qui nous a donné le courage et la volonté d'achever ce travail.

*Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements à notre promoteur : **Dr. BENSATTALAH Aissa**, pour ses conseils, ses encouragements, sa patience, sa compétence, sa gentillesse, ses qualités humaines et scientifique resteront pour nous un exemple qui nous permis de bien mener ce travail. Le suivi et l'orientation dont nous avons pu bénéficier nous sommes constamment impressionnés de contacter à quel que point il nous a poussé pour atteindre nos buts et d'avoir identifié et stimulé nos potentiels.*

*Nous tenons à remercier nos parents qui ont été vigilants pour éduquer et pourvoir à toutes les exigences de la vie à ce jour, et à tous nos professeurs de l'école primaire à l'université spécialement **M. GUEMMOUR Mohammed**.*

*Nous exprimons notre plus profonde estime et reconnaissance a «**Melle Halima SLIMANI**, **Mme Aicha ASRI** et **M. Mohammed BEY** d'avoir accepté de jury de ce travail.*

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tout proche et amis

Enfin nous remercierons tous les enseignants du département de génie mécanique.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, à mes frères, à ma sœur et à tous mes amis surtout M. BELHADJ qui m'ont aidé beaucoup pendant mon parcours.

A mon binôme Moulay BENDAJIA.

A mes professeurs sans exception surtout M. BEY Mohammed.

A tous ceux qui me connaissent de près ou de loin je dédie ce modeste travail.

Mansour Rachid

DÉDICACE

Tout d'abord, je remercie ALLAH de m'avoir donné la force d'accomplir ce travail, que je dédie :

À Mes très chers parents, pour leur amour, leur soutien et leur confiance. Rien n'aurait été possible sans eux qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir toute obstacle durant toutes mes années d'études, que dieu me le garde en très bonne santé.

La personne qui a partagé ce travail avec moi dans les bons et mauvais

*À très cher binôme **Mansour Rachid** et toutes sa famille.*

À toute ma famille.

À toute la promo

Et à tout qui m'a supporté pour terminer mon projet de fin d'étude.

Tous ceux que j'ai oubliés.

Bendjazia Moulay Ahmed Mustapha

Table des matières

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES FOURS INDUSTRIELS

| | | |
|-------|--|----|
| I.1 | INTRODUCTION | 3 |
| I.2 | DEFINITION DE FOUR | 3 |
| I.3 | NOTION DE BASE DES COMPOSANTS DES FOURS | 3 |
| I.3.1 | COMBUSTION1 | 3 |
| I.3.2 | COMBUSTION2 | 3 |
| I.4 | THEORIE DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION | 3 |
| I.5 | Effets des champs électromagnétique..... | 4 |
| I.6 | ELEMENTS CONSTITUTIFS TYPIQUES D'UN FOUR | 6 |
| I.7 | LES DOMAINES D'APPLICATION DES FOURS | 7 |
| I.7.1 | LES FOURS DE L'INDUSTRIE SIDERURGIQUE | 7 |
| I.7.2 | LES FOURS DE TRAITEMENT THERMIQUE DES METAUX | 7 |
| I.7.3 | LES FOURS DE CIMENTERIE | 8 |
| I.7.4 | LES FOURS DE L'INDUSTRIE VERRIERE | 8 |
| I.7.5 | LES FOURS DES INDUSTRIES CERAMIQUES | 9 |
| I.8 | LES TRAVAUX SUR LA CONCEPTION ET REALISATION DES FOURS | 10 |
| I.9 | LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE FOUR | 10 |
| I.10 | CONCLUSION | 17 |

CHAPITRE II : LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE

| | | |
|--------|--|----|
| II.1. | Introduction | 18 |
| II.2 | DEFINITION MAINTENANCE | 19 |
| II.3 | MANAGEMENT DE LA MAINTENANCE | 19 |
| II.4 | LES OBJECTIFS DE LA FONCTION MAINTENANCE | 19 |
| II.5 | STRATEGIES DE MAINTENANCE : | 19 |
| II.6 | MAINTENANCE PREVENTIVE | 19 |
| II.6.1 | CHAMPS D'APPLICATION | 19 |

| | | |
|------------|--|----|
| II.6.2 | LES MOYENS DE DETECTIONS----- | 19 |
| II.7 | LES MOYENS DE SURVEILLANCE----- | 20 |
| II.7.1. | Analyse vibratoire----- | 20 |
| II.7.1.1. | Ponctuellement----- | 21 |
| II.7.1.2. | Manière continue----- | 21 |
| II.7.2. | La thermo vision infrarouge----- | 22 |
| II.8.1. | LE SUIVI PERIODIQUE----- | 24 |
| II.9. | LA MAINTENANCE CORRECTIVE----- | 24 |
| II.9.1. | Maintenance palliative----- | 24 |
| II.9.2. | Maintenance curative----- | 25 |
| II.10. | Défaillance----- | 25 |
| II.10.1. | Fonction requis----- | 25 |
| II.10.2. | Dégradation----- | 25 |
| II.11. | Les outils de la maintenance----- | 26 |
| II.11.1. | Méthode ABC (Diagramme Pareto)----- | 26 |
| II.11.2. | Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)----- | 27 |
| II.11.2.1. | La fonction de GMAO en entreprise----- | 28 |
| II.12 | CONCLUSION----- | 29 |

CHAPITRE III : LES SYSTEMES D'INFORMATIONS ET LES SYSTEMES EMBARQUE

| | | |
|---------|---|----|
| III.1. | Introduction----- | 31 |
| III.2 | GENERALITE LES SYSTEMES D'INFORMATIQUE----- | 31 |
| III.3 | LES METHODES DE CONCEPTION DU SYSTEME D'INFORMATION DE MAINTENANCE ---- | 31 |
| III.3.1 | LA METHODE UML----- | 31 |
| III.3.2 | LES 10 PRINCIPAUX DIAGRAMMES D'UML----- | 32 |
| III.4 | LA METHODE DE MERISE----- | 33 |
| III.5 | CYCLE D'ABSTRACTION DE CONCEPTION DES SYSTEMES D'INFORMATION----- | 33 |
| III.6 | LES BASES DE DONNEES DES SYSTEMES D'INFORMATIONS----- | 34 |
| III.6.1 | MICROSOFT ACCESS----- | 34 |
| III.6.2 | ORACLE :----- | 35 |
| III.6.3 | MYSQL :----- | 35 |
| III.6.4 | POSTGRESQL :----- | 36 |

| | | |
|-----------|--|----|
| III.6.5 | MICROSOFT SQL SERVER : ----- | 36 |
| III.7 | LES LANGAGES DE DEVELOPPEMENT DES SYSTEMES D'INFORMATION ----- | 36 |
| III.8 | LES SYSTEMES ELECTRONIQUES EMBARQUES :----- | 37 |
| III.8.1 | LA CARTE D'ARDUINO :----- | 37 |
| III.8.1.1 | Arduino UNO----- | 37 |
| III.8.2 | LES CAPTEURS----- | 39 |
| III.9 | CONCLUSION----- | 41 |

CHAPITRE IV : ETUDE DE FOUR D'ALEAT

| | | |
|-----------|---|----|
| IV.1 | INTRODUCTION ----- | 43 |
| IV.2 | ALFET ----- | 43 |
| IV.2. | Présentation de l'entreprise ----- | 44 |
| IV.2.2 | MOYENS DE PRODUCTION----- | 45 |
| IV.3. | L'automate programmable industriel (API ou PLC) ----- | 46 |
| IV.2.3. | Secteur de production----- | 47 |
| IV.3.1. | FAMILLE DE LANGAGE DE PROGRAMMATION ----- | 47 |
| IV.3.2. | Les éléments communs des langages----- | 47 |
| IV.3.2.1. | API semence s7-300----- | 47 |
| IV.2.4. | Principe de fonctionnement de four ALFAT----- | 48 |
| IV.4. | Etude de cas au niveau ALFET----- | 50 |
| IV.4.1 | APPLICATION DE LA METHODE DE PARETO----- | 50 |
| IV.5. | La maintenance du four inductive EGES----- | 52 |
| IV.5.1. | Décomposition de four----- | 52 |
| IV.5.2. | Découpage de système----- | 54 |
| IV.5.3. | Arborescence fonctionnelle----- | 59 |
| IV.6 | CONCLUSION ----- | 63 |

CHAPITRE V : LA REALISATION DE L'AUTOMATISATION DE FOUR

| | | |
|--------|---|----|
| V.1 | INTRODUCTION----- | 65 |
| V.2 | LA CONCEPTION DE GMAO ALFET PAR UML ----- | 65 |
| V.2.1 | L'APPLICATION----- | 65 |
| V.2.2. | Automatisation ----- | 67 |

| | |
|-----------------------------|----|
| V.2.2.1. Partie 1----- | 67 |
| V.2.3. Partie software----- | 71 |
| V.3 CONCLUSION ----- | 75 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure I. 1 La loi de Lenz ----- | 5 |
| Figure I. 2 Illustration de la loi de Lenz ----- | 6 |
| Figure I. 3 Couplage inductif sur un barreau ferreux ----- | 6 |
| Figure I. 4 Four sidérurgique ----- | 7 |
| Figure I. 5 Four traitement thermique ----- | 8 |
| Figure I. 6 Les fours de cimenterie ----- | 8 |
| Figure I. 7 Four fours de l'industrie verrière ----- | 9 |
| Figure I. 8 Four d'industries céramique ----- | 10 |
| Figure I. 9 Four du laboratoire de chimie ----- | 10 |
| Figure I. 10 Fenêtre pour le calcul pour une couche d'isolant ----- | 12 |
| Figure I. 11 Le schéma du Four composé de quatre parties essentielles ----- | 13 |
| Figure I. 12 Propagation de la chaleur au cours de la variation de la température ----- | 14 |
| Figure I. 13 Four de Trempe Horizontal ----- | 15 |
| Figure I. 14 Etat du four ----- | 15 |
| Figure I. 15 Le schéma synoptique ----- | 16 |
| Figure I. 16 Principe de la régulation TOR à hystérésis. ----- | 17 |
| | |
| Figure II. 1 Organigramme des stratégies de maintenance ----- | 20 |
| Figure II. 2 Représente les paramètres caractéristiques ----- | 22 |
| Figure II. 3 Défaillance ----- | 25 |
| Figure II. 4 Triptyque (faute-défaut-défaillance) ----- | 26 |
| Figure II. 5 Diagramme de Pareto ou courbe ABC ----- | 27 |
| | |
| Figure III. 1 Les 10 principaux diagrammes UML | 32 |

| | |
|--|----|
| Figure III.2 Cycle d'abstraction pour la conception des systèmes d'information | 33 |
| Figure III.3 Base de données Microsoft Access..... | 34 |
| Figure III. 4 Base de données Oracle | 35 |
| Figure III. 5 Base de données MySQL..... | 35 |
| Figure III. 6 Postgresql logo..... | 36 |
| Figure III. 7 SQL logo..... | 36 |
| Figure III. 8 Arduino Uno | 38 |
| Figure III. 9 Représentation fonctionnelle de capteur | 39 |
| Figure III .11 Capteur ADXL 632..... | 38 |
| Figure III. 12 Accéléromètres : Capteur de vibrations pour machine | 40 |
| Figure III. 13 DHT1 | 39 |
| Figure III. 14 ST0454..... | 40 |
| Figure III. 15 HC-SR04..... | 40 |
| | |
| Figure IV.1 Organisation d'ALFET | 44 |
| Figure IV. 2 Magnétique | 45 |
| Figure IV.3 Le métal à fondre..... | 45 |
| Figure IV.4 La seconde grue | 46 |
| Figure IV.5 Explosion cas d'humidité et La poche..... | 46 |
| Figure IV. 6 Architecteur d'un api et son environnement [30]..... | 48 |
| Figure IV. 7 Installation de S7-300[31] | 49 |
| Figure IV. 8 Montage de l'api S7-300 | 50 |
| Figure IV. 9 Api S7-300..... | 51 |
| Figure IV. 10 ABC par excelle..... | 52 |
| Figure IV.11 Pipeter eges..... | 53 |
| Figure IV. 12 Transformateur électrique haute tension | 53 |
| Figure IV. 13 Armoire électrique four EGES | 54 |
| Figure IV. 14 Bobine de fusion..... | 54 |
| Figure IV. 15 Group de fusion | 55 |
| | |
| Figure V. 1 Interface d'application Pareto pour le secteur de production ----- | 65 |
| Figure V. 2 Résultat d'application de Pareto ----- | 66 |
| Figure V. 3 Deuxième application pour arborescence de four ----- | 66 |
| Figure V. 4 Tat de sortie de l'application d'arborescence fonctionnelle ----- | 67 |

| | |
|--|----|
| Figure V. 5 Datasheet ds1820----- | 68 |
| Figure V. 6 Step motor 28BYJ 48 5 v dc ----- | 69 |
| Figure V. 7 Datasheet adx335 ----- | 70 |
| Figure V. 8 Couplage moteur 1 avec arduino uno ----- | 69 |
| Figure V. 10 Capteur d'eau st045 ----- | 70 |
| Figure V. 11 Emplacement de LCD avec uno ----- | 71 |
| Figure V. 14 Capteur de température ds18d2----- | 72 |
| Figure V. 15 Affichage ----- | 73 |
| Figure V. 16 Porter de la charge ver la bobine de fusion ----- | 74 |
| Figure V. 17 Descendez la charge et libérer ----- | 75 |

Introduction Générale

Les fonderies en générale se basent sur la technologie des fours industriels pour transformer la matière première à la matière finale utilisable (le produit final), par chauffage, fusion et traitement sur ce produit ; tel que les fours (inductive, arc, a gaze, a résistance ...).

La maintenance joue un rôle très important dans n'importe quelle structure organisationnelle d'une entreprise industrielle en particulier les fours industriels. L'entreprise met des dépenses importantes pour la maintenance, des stratégies et des plans de maintenance, des systèmes de management de maintenance. Sans outil de gestion d'information de maintenance, il est difficile de gérer la maintenance ; même presque impossible où il y a des grandes zones industrielles. Le besoin d'un outil informatique pour la gestion de cette information devient de plus en plus important avec l'émergence de l'échange de l'information numérique pour améliorer la qualité de production et réduire le coût de maintenance...etc. Notre travail s'inscrit dans le contexte de proposition d'une solution automatisé avec un GMAO (gestion de maintenance assisté par ordinateur) pour le four de L'Entreprise Publique Economique Algérienne des Fonderies de Tiaret (ALFET).Elle située à sud-ouest de Tiaret, la zone industrielle Zaaroura. Pour réaliser notre objectif, nous avons fait une étude sur le fonctionnement de four inductif au niveau de l'entreprise ALFET afin de détecter et d'éviter ces défauts qui génèrent des dégâts et dégradation sur la productivité.

Ce travail est structuré en cinq chapitres :

Dans le premier chapitre nous allons présenter une généralité sur les fours industriels

Le deuxième chapitre est consacré à la gestion de la maintenance assistée par ordinateur GMAO, nous faisons une étude sur les différents types de maintenance (Maintenance préventive, maintenance conditionnelle, maintenance corrective...etc.), puis nous présentons les méthodes et les outils d'analyse de maintenance.

Dans le troisième chapitre nous présentons une étude sur les systèmes d'informations et les systèmes embarqués.

Dans le quatrième chapitre nous allons présenter une étude de fonctionnement du four de L'Entreprise Publique Economique Algérienne des Fonderies de Tiaret (ALFET) avec son système de maintenance.

Le cinquième chapitre est consacré à la réalisation d'un four inductif automatisé d'une part, et d'autre part le développement d'une application de GMAO. L'automatisation de four inductif et en utilisant la programmation de l'Arduino avec différents capteurs électroniques et des composants électromécaniques, Et le système de GMAO est développé en utilisant le SGBD Microsoft Access et langage de programmation Visual Basic (VBA).

*Chapitre I : Généralité sur les fours
industriels*

I.1 Introduction

Les fours industriels sont des véritables composants pour les entreprises industrielles où l'on peut réchauffer des produits élémentaires c'est à dire la matière première sidérurgiques, pétroliers, etc ..., pour les transformer à des produits finis. Dans ce chapitre nous présentons les fours industriels pour bien connaître leurs mécanismes de fonctionnement et aussi pour connaître leurs principes d'automatisation.

I.2 Définition de four

Selon le dictionnaire français, Un **four** est une enceinte maçonnée ou un appareil, muni d'un système de chauffage puissant, qui transforme, par la chaleur, les produits et les objets [1]. Selon [2] Un four est un outil utilisé pour élever la température d'un produit. Il peut être soit :

- Un équipement destiné uniquement au chauffage (exemple : réchauffage de l'acier avant déformation plastique, réchauffage de pétrole brut avant distillation) ;
- Un véritable réacteur dans lequel on élabore les produits (exemple : four de fusion de verre, four de vapocraquage de la pétrochimie).

Les fours ont été d'abord chauffés au bois, puis au charbon, au gaz, au pétrole, à l'électricité, et plus récemment par micro-ondes ou à l'énergie solaire.

I.3 Notion de base des composants des fours

I.3.1 Combustion1

La combustion est une réaction exothermique d'oxydoréduction. Lorsque la combustion est vive, elle se traduit par une flamme ou par une explosion [3].

I.3.2 Combustion2

Une réaction chimique entre des substances, comprenant généralement de l'oxygène et généralement accompagnée de la génération de chaleur et de lumière sous forme de flamme. Ou la vitesse à laquelle les réactifs se combinent est élevée, en partie à cause de la nature de la réaction chimique elle-même et en partie parce que plus d'énergie est générée qu'il ne peut s'échapper dans le milieu environnant, de sorte que la température des réactifs est élevée pour accélérer encore plus la réaction [4].

I.4 Théorie de chauffage par induction

L'électricité gagne la Sidérurgie avec le four à arc (1815) et ensuite la fonderie avec les

fours à induction (1899). Parmi les pionniers de cette technologie, citons Kjell in, Rodenhauser, Wyatt et Russ. A partir de 1920, les progrès apportent aux condensateurs statiques et aux convertisseurs permettent la poursuite du développement des fours à induction. Il faut attendre 1930 pour voir apparaître en fonderie des fours jusqu'à 4 tonnes de capacité [1]. A partir de 1955, la progression est rapide, notamment en fonderie de fonte et d'alliages cuivreux. Grâce à la crise du Pétrolé de 1973, il faut économiser l'énergie en améliorant le rendement de la fusion électrique. La maturité du développement des diodes et des thyristors de puis- sancie autorise le développement de la moyenne fréquence, notamment en fonderie d'acier et de fonte. Ces nouvelles possibilités, la stabilité du coût de l'électricité et le renforcement des contraintes environnementales des années 1990 orientent définitivement les investissements, en fonderie, vers la fusion électrique à induction [5].

I.5 Effets des champs électromagnétiques

Les mécanismes de transformation de l'énergie magnétique en énergie thermique ne sont pas encore totalement vulgarisés, ils ont pourtant été établis dès le début de l'année 1830 à partir des travaux d'Oersted.

Ce sont Maxwell, Faraday et Lenz qui ont plus défini précisément les principales lois de l'électromagnétisme. Les équations de Maxwell permettent de calculer tous les phénomènes électro -magnétiques. Les lois de Faraday et Lenz permettent de les expliquer et de les démontrer.

Ces phénomènes sont respectivement appelés : champ électrique, champ magnétique, induction électrique et induction magnétique.

Equations fondamentales. D'après Maxwell, la puissance électro magné tique peut s'écrire

$$P = H \cdot E \cdot J + E \cdot \frac{\partial D}{\partial t} \quad (1.1)$$

Avec :

H : champ magnétique ;

B : Induction magnétique ;

E : champ électrique ;

J : densité du courant ;

D : induction électrique

Le premier terme représente la puissance magnétique ; le deuxième correspond aux pertes dues au passage du courant ; le troisième représente la densité de puissance électrique. Ce

sont les pertes E_J qui produisent, par effet Joule, un échauffement du matériau.

Le champ magnétique H est dû au déplacement des charges mobiles ou à la présence d'un moment magnétique tel que celui créé par un aimant à l'intérieur d'un solénoïde. Ce déplacement crée une force électromotrice induite.

La figure I.1 visualise le champ magnétique d'un aimant en mouvement alternatif à l'intérieur d'un solénoïde et la force électromotrice induite. Un champ magnétique constant ne produit pas de courant (figure 1b), par contre le mouvement alternatif de l'aimant à l'intérieur de la bobine crée une sinusoïde (figures 1c, d, e) dont la force électromotrice est : soit positive, soit négative et ce, à la fréquence du mouvement de l'aimant. L'énergie transmise est sensiblement égale à la puissance du champ magnétique de l'aimant utilisé.

Sur la base de l'exemple de la figure (I.1), la loi de Lenz permet d'expliquer qu'en cas de variation du flux magnétique à l'intérieur d'un circuit, il apparaît une force contreélectromotrice. La définition principale de cette loi est la suivante :

« La force électromotrice induite produit un courant qui s'oppose à la cause qui l'a produite ». Elle peut encore s'écrire de la manière suivante :

« Le courant induit circule de manière à produire un champ magnétique induit dont l'effet est de contrer la variation de flux du champ extérieur qui produit ce courant ».

La figure 2a montre cette opposition de champ entre un solénoïde et un aimant entrant, le courant est positif.

La figure 2b montre le changement de polarité du courant lorsque l'aimant est sortant, le courant est alors négatif [5].

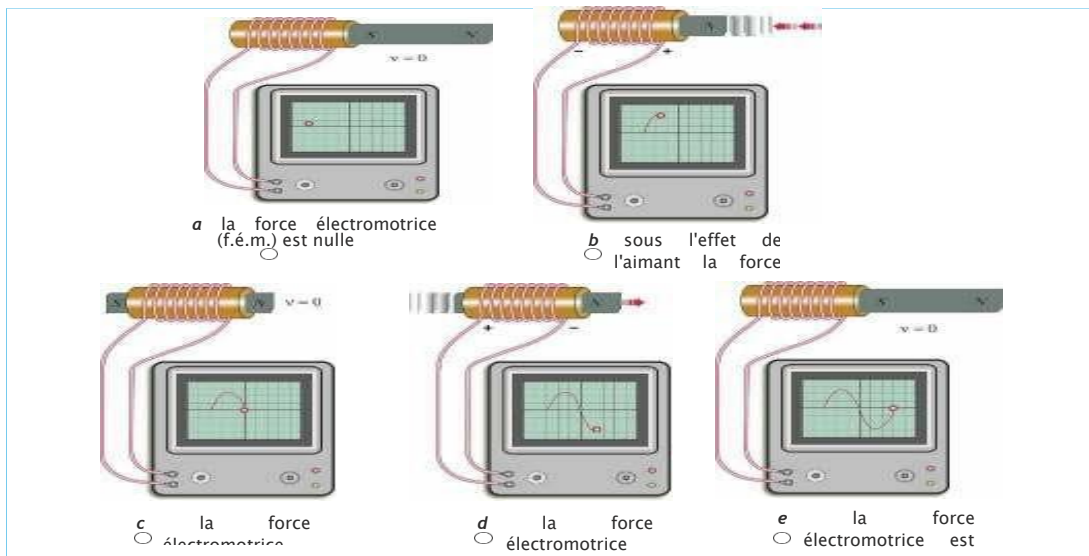


Figure I.1 La loi de Lenz [5]

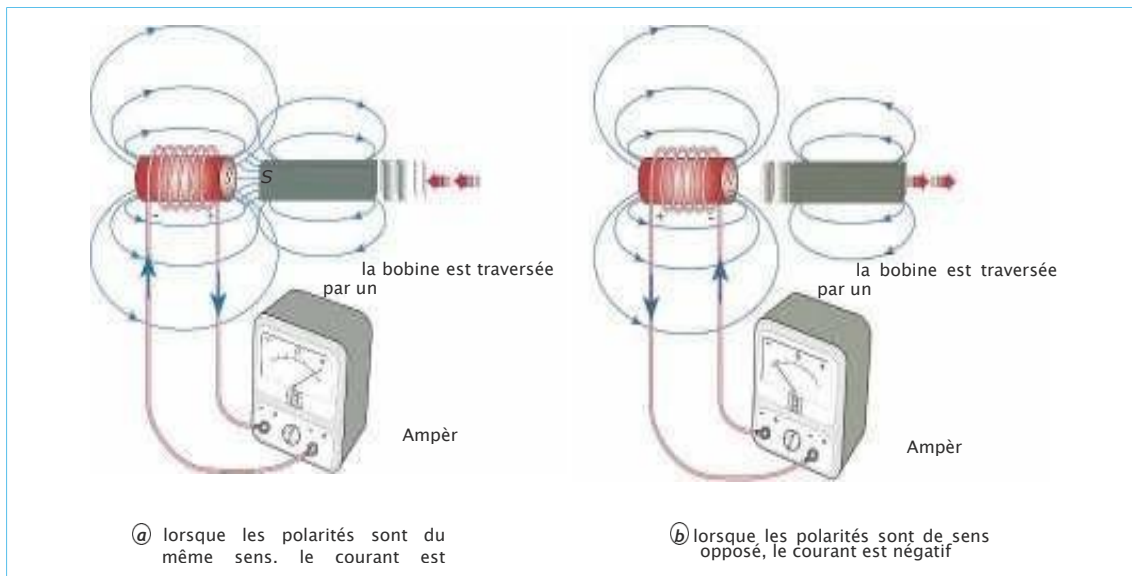


Figure I.2. Illustration de la loi de Lenz [5]

Le phénomène d'induction se produit non seulement à partir d'un aimant mobile dans une bobine, mais également dans les masses métalliques des conducteurs. Les courants induits qui y prennent naissance sont appelés « courants de Foucault ». Ils dissipent de l'énergie sous forme d'effet Joule, c'est le principe du chauffage par induction.

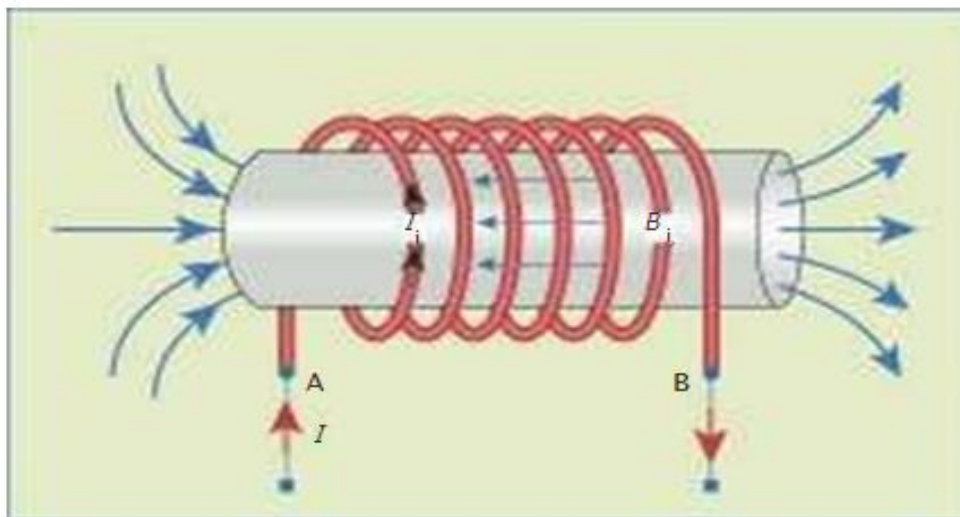


Figure I.3 Couplage inductif sur un barreau ferreux [5]

I.6 Eléments constitutifs typiques d'un four

Le four est essentiellement composé d'un foyer, des appareils d'alimentation, de système d'évacuation de fumées et des accessoires pour le chargement et le déchargement [5].

I.7 Les domaines d'application des fours

On trouve des fours dans un très grand nombre d'activités industrielles, nous citons quelques fours :

I.7.1 Les fours de l'industrie sidérurgique

Les fours de l'industrie sidérurgique utilisés pour la fabrication du fer et de l'acier .La fabrication du fer s'organise essentiellement autour du haut-fourneau à l'intérieur duquel s'opère la fusion (réduction) du minerai pour produire de la fonte. Le haut-fourneau est chargé par le gueulard en minerai, en coke et en castine, tandis que de l'air chaud, souvent enrichi en oxygène, est injecté par le bas. Le monoxyde de carbone produit grâce à la combustion du coke transforme le minerai en fonte, la castine jouant le rôle de fondant. A la température de 1 600 °C, la fonte se fluidifie et s'accumule à la partie inférieure du haut-fourneau, tandis que la castine se combine à la gangue pour former le laitier. La fonte est soutirée périodiquement du haut-fourneau pour être coulée sous forme de gueuses qui seront transformées ultérieurement (par exemple, dans des fonderies) ou déversée dans des poches qui permettent son transfert, à l'état liquide, jusqu'à l'aciérie [6].

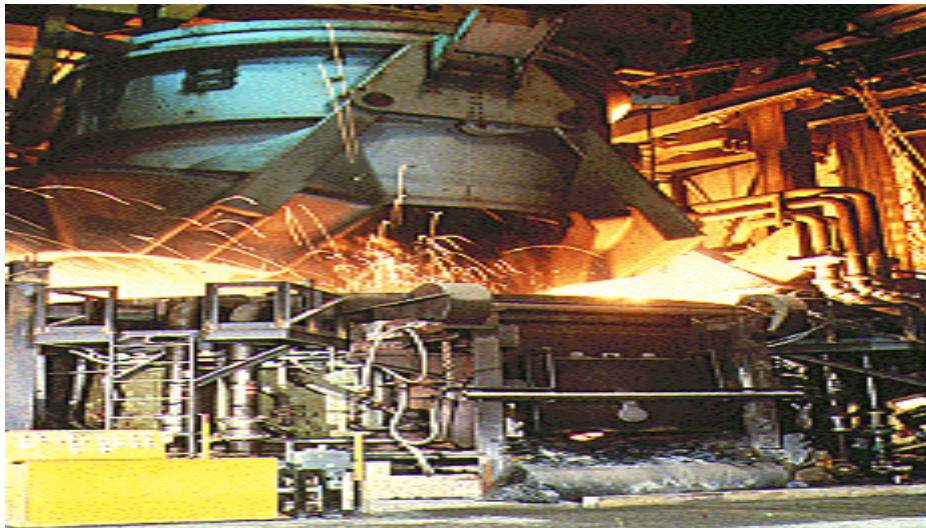


Figure I.4 Four sidérurgique [6]

I.7.2 Les fours de traitement thermique des métaux

Le four traitement thermique des matériaux comme l'acier, l'aluminium, le céramique, le titane. Il existe plusieurs types de fours qui diffèrent selon le procédé, selon les types et le volume des matériaux à traiter. Ainsi, il y a les fours ou étuves électriques avec des températures très élevés pouvant atteindre les 350°C et qui peuvent être utilisés pour

différentes sortes d'applications. Ensuite, les fours à gaz qui sont moins grands et adaptés pour des traitements des pièces de moindre volume. Certains fours fonctionnent grâce à la technique de la pyrolyse, un procédé par lequel il y a une décomposition des molécules d'hydrocarbures qui sont beaucoup moins stables lorsqu'il y a de la chaleur [7].



Figure I.5 Four de traitement thermique

I.7.3 Les fours de cimenterie

D'un point de vue conception, il existe des invariants quelle que soit la dimension du four. Le four est un tube en appui sur des stations de roulement (deux, trois, ...huit) ayant une inclinaison de l'ordre de 3.5 % par rapport à l'horizontale, imprimé par une translation axiale assurée par une butée mobile entraînée par un poussoir hydraulique [8].

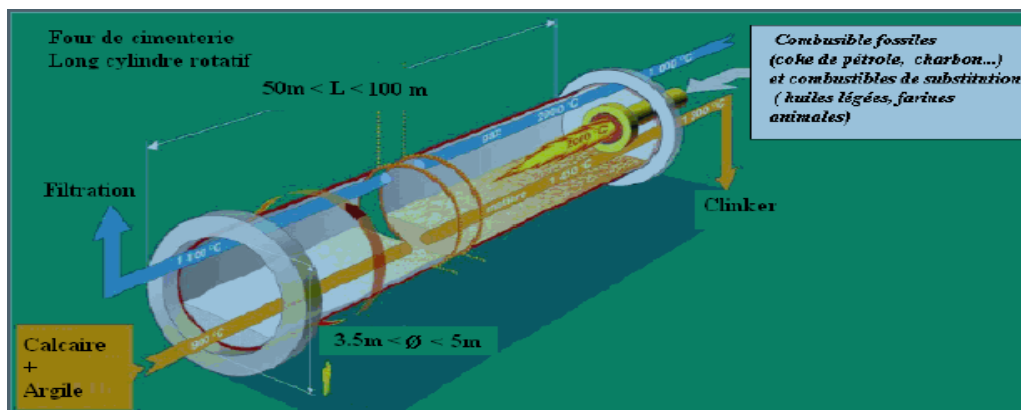


Figure I.6 Les fours de cimenterie [8]

I.7.4 Les fours de l'industrie verrière

Le four de verrier ou four de verrerie est un four destiné à la préparation du verre pour la verrerie. On distingue les fours de fusion qui permettent de créer la matière du verre (four à pot, four à bassin), de ceux utilisés dans des opérations ultérieures de mise en forme du verre que ce soit le thermoformage ou la fusion (four à cloche) ou le refroidissement après soufflage

(four à temporiser).

Le four de fusion permet l'élaboration du verre à partir du mélange des matières vitrifiables appelé « composition » par les verriers. Cette élaboration comporte quatre phases : la fusion à proprement parler (passage de l'état pulvérulent du mélange à l'état liquide), l'affinage (élimination des composés gazeux), l'homogénéisation de la masse vitreuse, puis le conditionnement thermique aussi appelé « braise » (abaissement à une température permettant ensuite son formage) [9].



Figure I.7 Four de l'industrie verrière [9]

I.7.5 Les fours des industries céramiques

Fonctionnement par flamme renversée et un réglage d'air primaire par bague coulissante muni d'une cheminée placée à l'arrière du four, équipée d'un registre manuel coulissant permettant de modifier l'atmosphère de cuisson. Le four céramique professionnelle est équipé d'un manodétendeur débit 15 kg/h, réglable de 0 à 3 bars .avec isolation en briques et fibres réfractaires légères avec une température maxi de 1300° [10].



Figure I.8 Four d'industries céramique [10]

I.8 Les travaux sur la conception et réalisation des fours

Dans cette partie nous présentons des travaux sur la conception et la réalisation des fours et aussi sur l'automatisation des fours pour comprendre les différentes technologies utilisées pour réaliser et automatiser les fours : il a fait La conception et réalisation d'un four du laboratoire de chimie de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, parce que le laboratoire dispose d'un seul four utilisable pour plusieurs utilisateurs. Alors, le nombre de four est insuffisant. L'objectif de ce travail est la réalisation d'un four électrique de laboratoire atteignant une température de 1000°C (figure I.8) [11].



Figure I.9 Four du laboratoire de chimie [11]

I.9 Les caractéristiques techniques de four

La première partie de réalisation s'est articulée autour de l'élaboration de réfractaire en tant que revêtement du four. Il est constitué de deux couches de réfractaire dont la première

couche réfractaire à base de nullité a été obtenue par la cuisson à 1100°C de kaolin et vingt pourcent de silice ; et la deuxième couche réfractaire silicoargileux jouant le rôle d'isolant thermique a été obtenue par la cuisson à 1100°C de kaolin à vingt-cinq virgule huit pourcent, de la silice à soixante virgule deux pourcent et de la sciure de bois de quatorze pourcent.

La deuxième partie de réalisation se focalise sur la régulation de la température à l'intérieur du four. Pour cela il a utilisé une résistance électrique pour assurer le chauffage à l'intérieur du four. Elle est régulière par un régulateur de type PID qui offre une stabilité et une régulation de haute précision. La mesure de la température est assurée par un thermocouple de type K [11].

Selon [12], plusieurs paramètres déterminent alors le choix de l'épaisseur de l'isolant utilisé dans un four. Il a conçu un logiciel intitulé "kajy1.0". Ce programme permet une approche facile pour la détermination de l'épaisseur des différentes couches, de la quantité de chaleur, des coefficients de transferts thermiques ainsi que les paramètres utilisés pour les fours électriques.

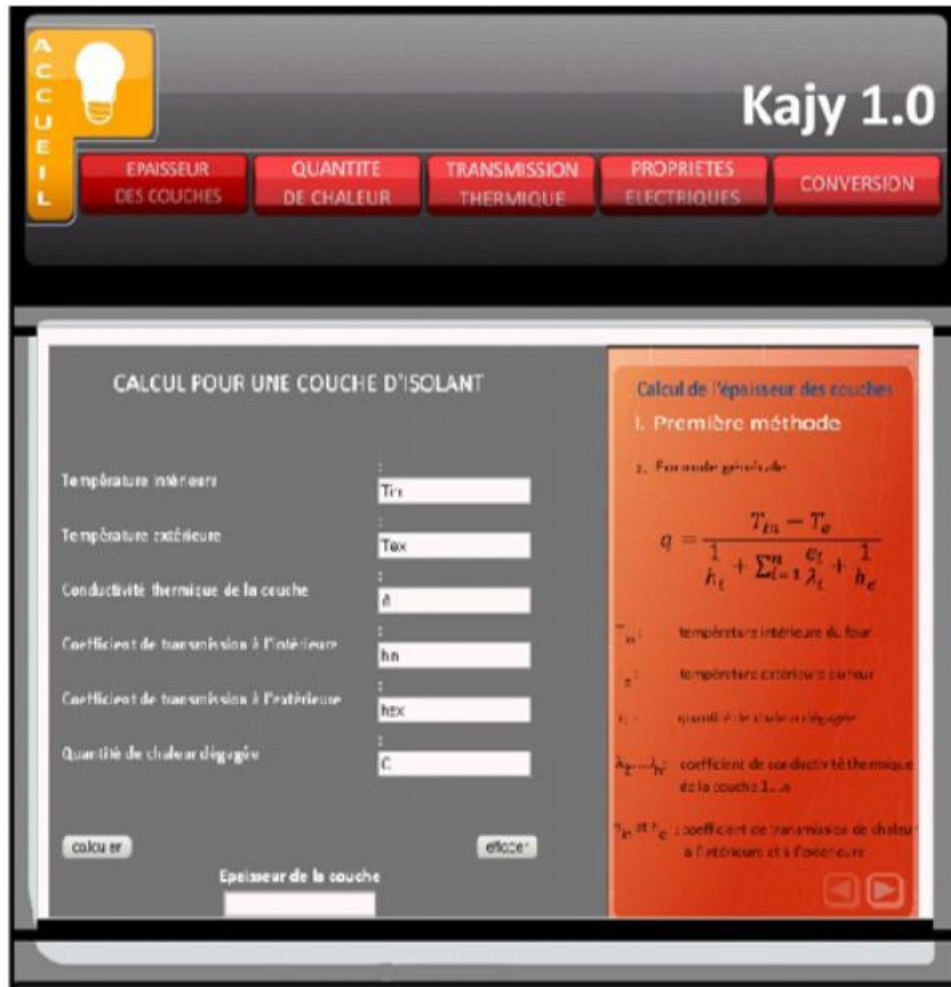


Figure I.10 Fenêtre pour le calcul pour une couche d'isolant [12]

Le travail consiste à la modélisation et la commande des systèmes d'alimentation du chauffage par induction, par un régulateur proportionnel intégral « PI » classique. Ils ont modélisé d'une charge entourée par une bobine, et de proposer une approche de contrôle des convertisseurs statiques qui alimentent ce système. Ils ont utilisé une simulation des régimes permanents des différentes configurations réalisée par l'environnement Matlab / Simulink. [13].

Selon [13] un schéma (figureI.11) synoptique du système de chauffage par induction de four qui se compose de quatre parties essentielles.

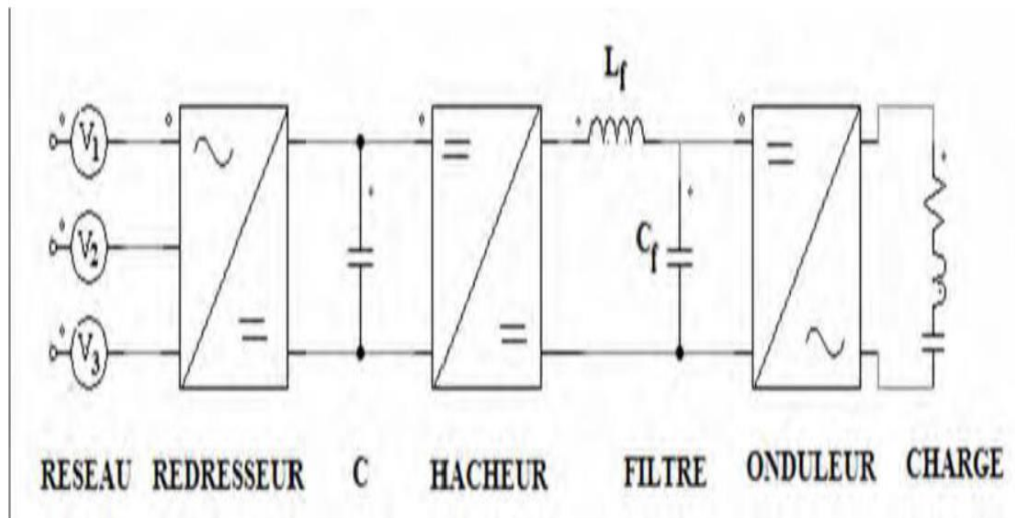


Figure I.11 Le schéma du Four composé de quatre parties essentielles [13]

1. Un redresseur à pont de diode triphasé « double alternance » suivi d'une capacité C pour filtrer la tension su sortie.
2. Un convertisseur DC-DC hacheur dévolteur, dont le rôle est d'ajuster la tension d'entrée de L'onduleur.
3. Un onduleur en pont monophasé fonctionnant à la fréquence désirée pour alimenter l'inducteur.
4. La charge à laquelle est ajoutée la capacité pour former un circuit résonant.

Ce travail cherche à déterminer la quantité des fumées équivalente à L'énergie perdue par un four de traitement thermique au sein de SIDER TUBERIE SANS SOUDURE. Pour cela il a évalué les pertes énergétiques à travers les ouvertures et les parois du four, après détermination de la quantité d'énergie perdue, il a calculé le volume des fumées, et enfin il a proposé une solution pour améliorer le rendement de la combustion.

Ce travail il utilise Le logiciel Comsol avec les méthodes des éléments finis (voir la figure I.12) pour effectuer la simulation de la variation de la température. Cette étude s'est concentrée sur la négligence et l'ignorance des pertes énergétiques du four de traitement thermique, et il a pu prouver que ces pertes représentent une fatale source de pollution et une énorme perte économique [14].

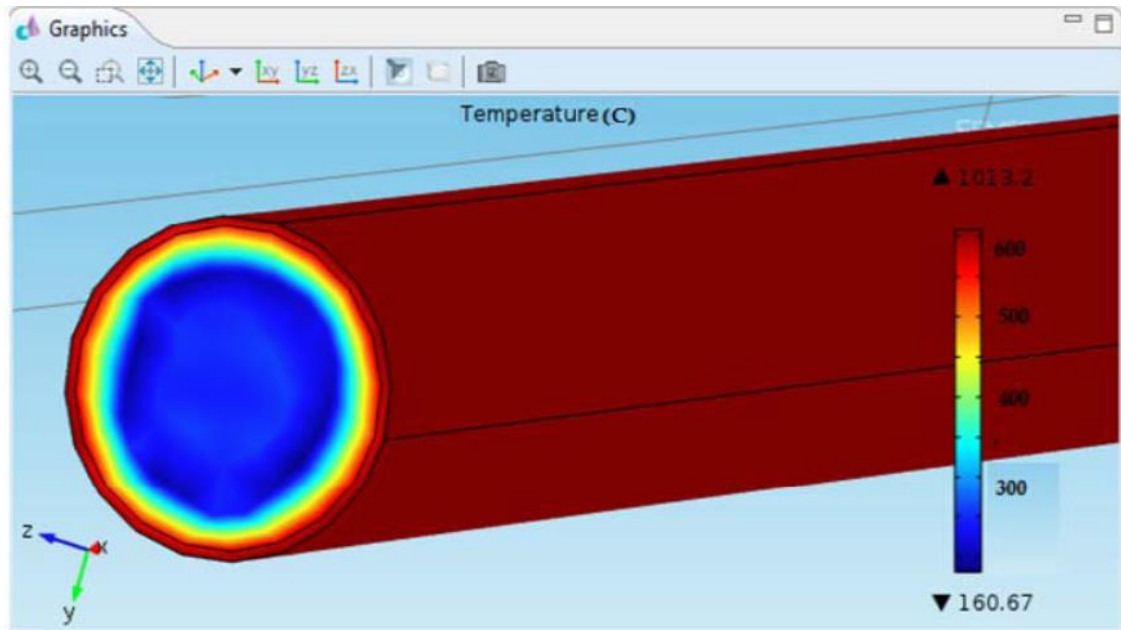


Figure I.12 Propagation de la chaleur au cours de la variation de la température [14].

Il a réalisé un travail qui consistait à rendre la commande du système de chauffage du four de trempe entièrement automatisée et accessible aux différentes modifications, car à la base la commande se faisait à l'aide d'un programme intégré, et ce dernier n'étant pas accessible. Ce travail à déroulé au sein de l'entreprise MFG, filiale du groupe CEVITAL. MFG a mis en place une unité de transformation des produits verriers (voir figure) pour couvrir le marché algérien notamment en vitrage isolant, destiné à la fenêtre et à la façade des bâtiments. MFG répond aussi aux besoins de plusieurs secteurs économiques tels que l'électroménager, l'énergie, les panneaux solaires, le mobilier urbain et domestique. La fabrication du verre est un procédé qui permet la transformation de plusieurs matériaux, le sable essentiellement en verre, par le biais de longs chauffages, Le mélange est ensuite passé au four et porté à une température de quelques 1500°C , c'est la température à laquelle le mélange sableux se transforme en verre liquide [15].

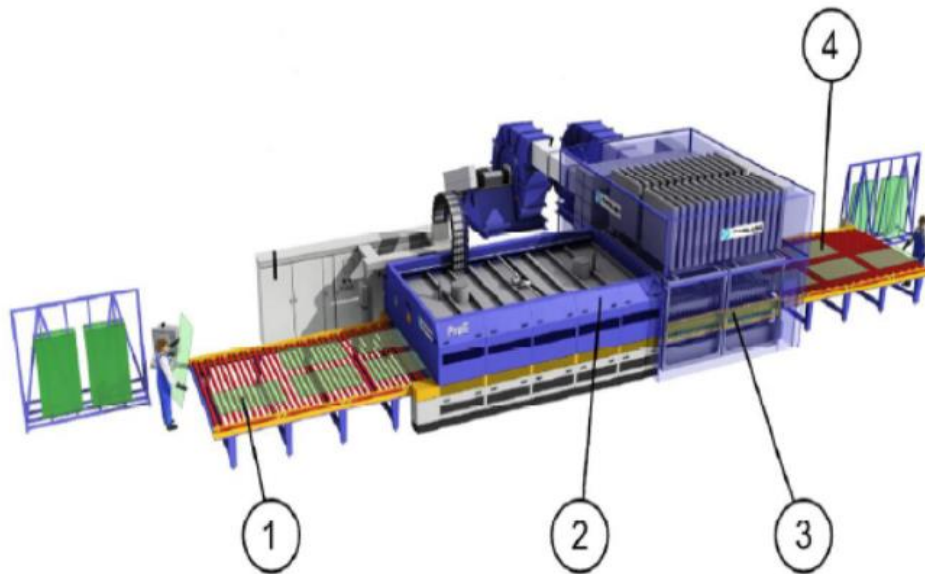


Figure I.13 Four de Trempe Horizontal [15]

1. Convoyeur de chargement
2. Section de chauffage (Four)
3. Sections de trempe et de refroidissement (Refroidisseur)
4. Convoyeur de déchargement

Pour réaliser ce travail [15], il a utilisé d'un automate programmable industriel Siemens S7-300, le fonctionnement du compartiment Four (chauffage) sous STEP7, en plus d'une interface graphique homme machine, réalisée avec le logiciel SIMATIC Win CC flexible. L'interface homme-machine permettra aux opérateurs d'assurer un suivi à temps réel du déroulement des différentes séquences du fonctionnement de système automatisé (figureI.14).

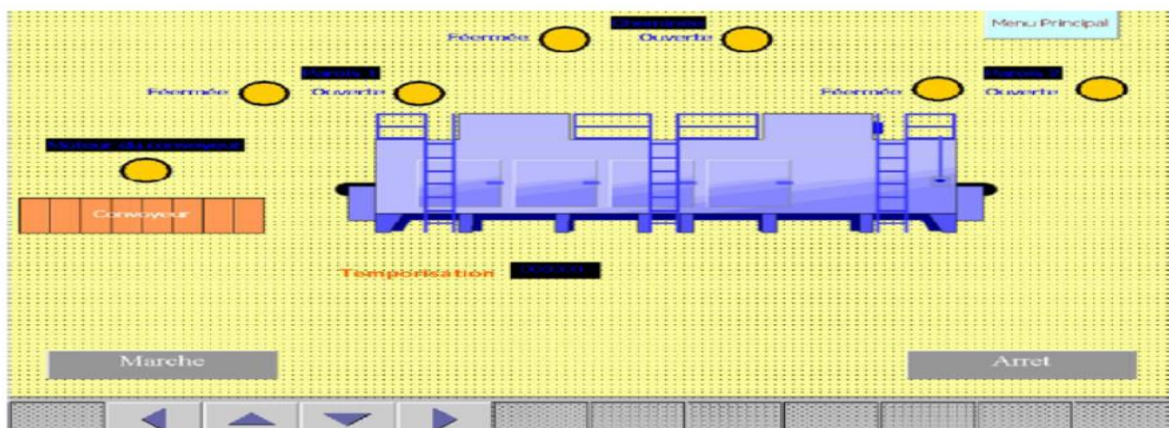


Figure I.14 Etat du four [15]

Ce projet consiste à commander et assurer la régulation de la température d'un four électrique. Il s'agit de développer un système de commande numérique basé sur un microcontrôleur PIC 16F877 associé à un capteur de température LM35Z et à un système de chauffage (four électrique) associé à un potentiomètre. Pour commander la température d'un four électrique de manière plus performante. Un algorithme tout-ou-rien à hystérésis a été implémenté et un affichage sur écran LCD permet le suivi de la température interne du four.

Selon [16] Au démarrage le chauffage du four est déclenché par le microcontrôleur, et la température interne du four va augmenter. Le capteur de température LM35DZ transmet un signal électrique amplifié à l'unité de traitement. Celle-ci convertit ce signal en numérique et exécute l'algorithme TOR à hystérésis. Cet algorithme consiste à comparer la mesure à deux seuils de température (T_{sup} et T_{inf}) encadrant la valeur de consigne T_c . Tant que la mesure est à l'intérieur de cet intervalle $[T_{inf}, T_{max}]$ le chauffage du four est maintenu. Si par contre la température est supérieure à T_{max} ou inférieure à T_{inf} , le chauffage est soit coupé respectivement rétabli.

La figure (I.15) présente un synoptique du système de régulation de [16] :

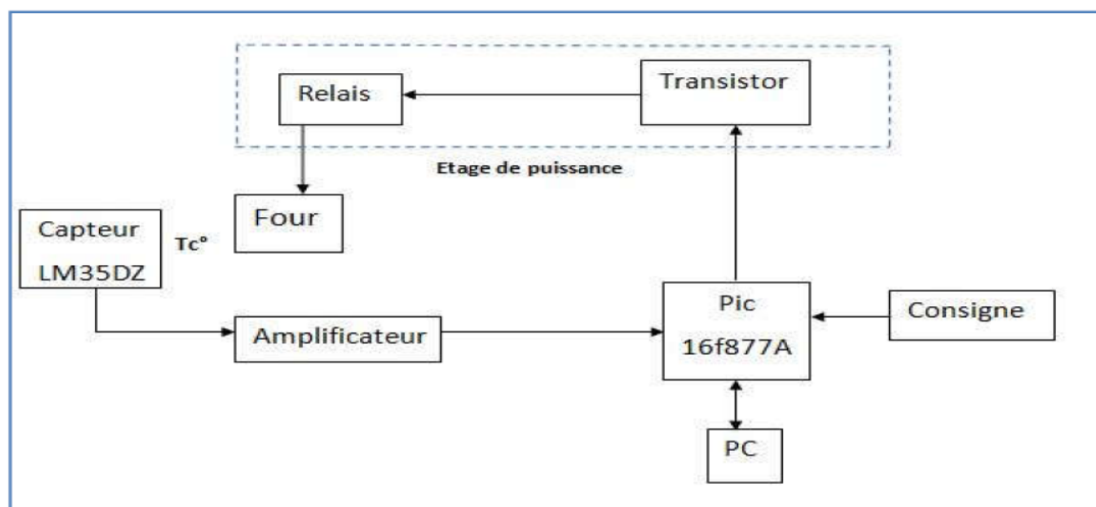


Figure I.15 Le schéma synoptique [16]

Il a implémenté une régulation TOR (Tout Ou Rien) à hystérésis afin de contrôler la température du four. Pour le régulateur TOR à hystérésis on définit la consigne et l'écart entre ses deux seuils appelé l'hystérésis.

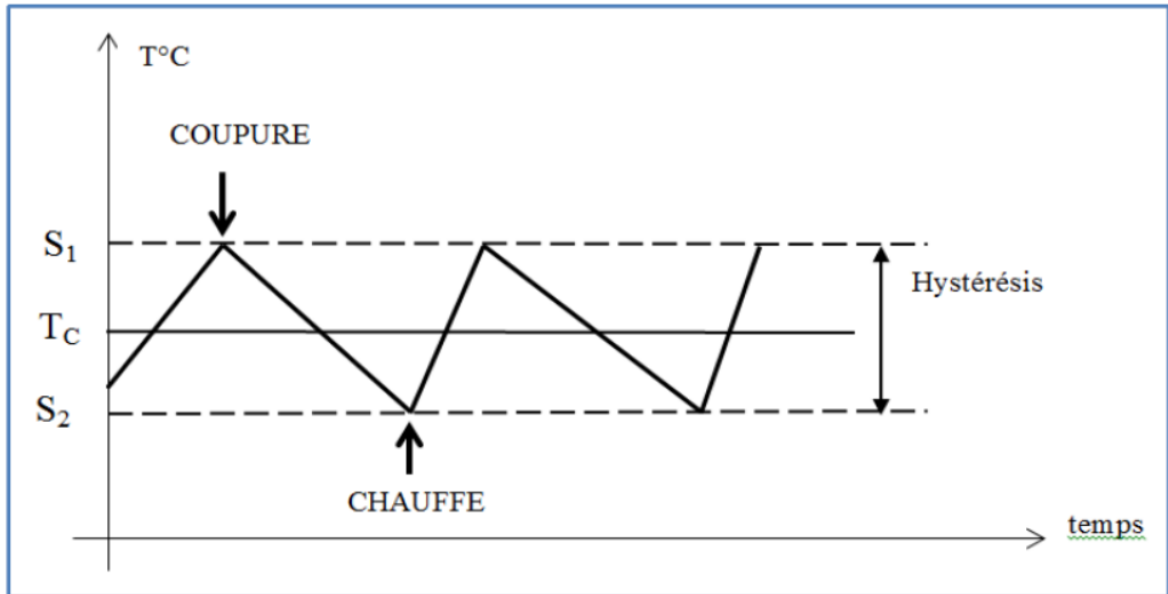


Figure I.16 Principe de la régulation TOR à hystérésis. [16]

Dans cette régulation la température augmente progressivement jusqu'au seuil supérieur S_1 . Le relais est alors désactivé et le four n'est plus alimenté, une phase de refroidissement démarre. La température va donc décroître jusqu'au seuil inférieur S_2 . Le microcontrôleur détecte le seuil S_2 , il active le relais et le four est alimenté. Une nouvelle phase de réchauffement démarre et le cycle recommence [16].

I.10 Conclusion

Les fours industriels sont des véritables composants pour les entreprises industrielles où l'on peut réchauffer des produits élémentaires c'est à dire la matière première sidérurgiques, pétroliers.... pour transformer à des produits finis. A travers ce chapitre nous avons vu que les fours industriels exploitent les technologies avancées dans tous les domaines tel que la mécanique, l'électronique, automatique, l'informatique et chimique pour améliorer leurs productivités. Dans ce chapitre, Nous avons présenté premièrement une généralité sur les fours, puis les domaines d'application industrielle des fours pour voir leurs importances pour l'économie industrielle à payer, enfin nous avons terminé ce chapitre par des travaux sur la conception et la réalisation des fours et aussi sur l'automatisation des fours pour comprendre les différentes technologies utilisées pour les fours de l'industrie.

***Chapitre II : La maintenance
industrielle***

II.1. Introduction

La maintenance joue un rôle très important dans n'importe quelle structure organisationnelle d'une entreprise industrielle, l'entreprise met des dépenses importantes pour la maintenance, des stratégies et des plans de maintenance, des systèmes de management de maintenance. Dans ce chapitre nous allons présenter une généralité sur la maintenance et sur le Management de la maintenance puis nous finalisons par une présentation de quelques outils de GMAO.

II.2. Définition maintenance

La maintenance est un ensemble d'actions techniques administratives et de management durant ce cycle de vie, destiné à le maintenir ou rétablir dans un état le quel il peut accomplir sa fonction requise.

II.3. Management de la maintenance

Toutes les activités des instances de directions ont des objectives stratégies, les responsabilités concernant la maintenance qui les mettent en application par les moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle [17].

II.4. Les objectifs de la fonction maintenance

Au niveau d'une entreprise industrielle, la fonction maintenance doit être :

- Assurer la rentabilité des équipements en tenant compte de la politique définie par l'entreprise
- Procéder à des études préalables afin de permettre la réduction des coûts et des interventions
- Préparer le travail.
- Etudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'intervention [18].

II.5. Stratégies de maintenance

D'après la définition de la norme de AFNOR, la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Les interventions pour remettre aux équipements en bon état peuvent être effectuées par l'utilisateur, par le manufacturier ou par sous-traitance. L'ensemble de l'organisation de ses actions décrivent les stratégies, elles sont illustrées par la figure(II.1)

suivante :

Les actions de maintenance s'exercent lors de la phase d'utilisations du bien et ont pour le but de grader un niveau de fonctionnement acceptable d'un point de vue sécurité, fiabilité, qualité du service rendu et coûts de fonctionnement [17].

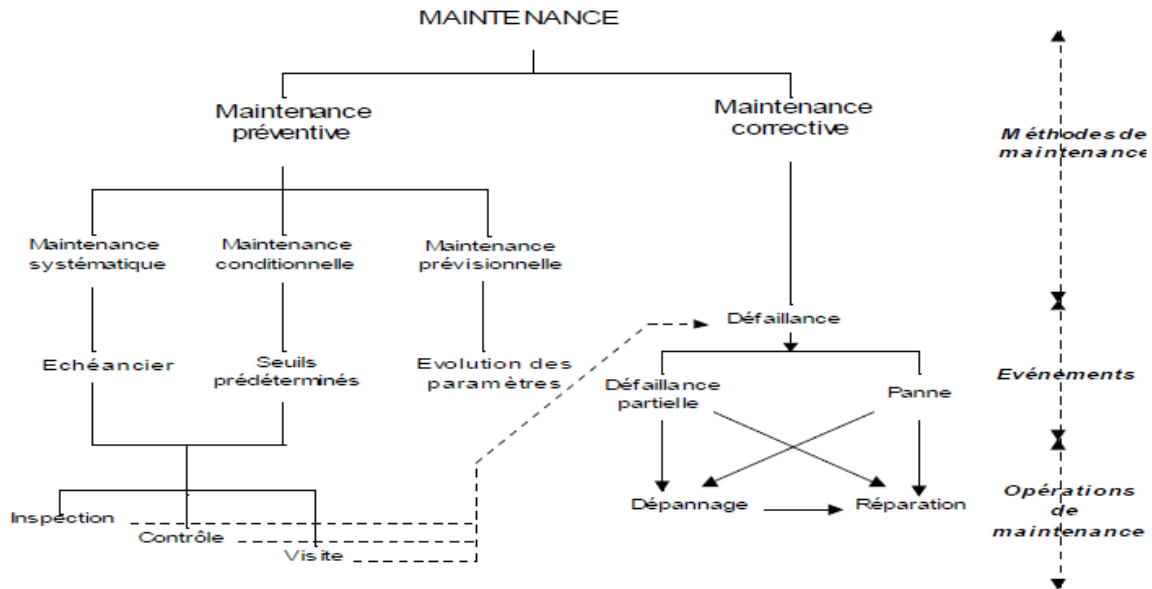


Figure II.1 Organigramme des stratégies de maintenance [17]

II.6. Maintenance préventive

Selon la définition afnor (norme x 60-010), la maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédétermine significatif de état de dégradation du bien [19].

II.6.1. Champs d'application

La maintenance préventive conditionnelle repose sur une caractéristique incontournable : Le développement de la technologie des capteurs a permis d'étendre considérablement le domaine des paramètres mesurables. La variété des d état observables est donc régulièrement croissante [19].

II.6.2. Les moyens de détections

Détecter une modification c'est constater un écart entre un état réel et un état référence .ce sont les capteurs, qu'ils soient analogique ou numérique, qui permettent ces comparaisons aussi ne faut-il pas oublier l'homme lui-même équipé de capteurs sensitifs puissants et fiables pourvu qu'ils soient exercés L'homme, l'utilisateur du système, avec ses 5 sens est le premier

capteur capable de détecter une dérive de fonctionnement. La vue, l'ouïe, l'olfaction, le toucher peuvent être exploités avec bénéfice pour la détection de toutes sortes d'anomalies comme un mouvement, un bruit, une odeur, une vibration inhabituelle. Seule la sensation gustative ne peut que très difficilement être utilisée.

II.7. Les moyens de surveillance

La surveillance consiste à effectuer des contrôles réguliers ou continus de l'état d'un organe ou d'un système complet par rapport à un état de référence. A priori, les moyens de détection existants permettent de surveiller les caractéristiques.

Seules les odeurs restent délicates à surveiller. Dans ces cas, le suivi peut se faire de manière indirecte par enregistrement de la température, par thermographie infrarouge, mesure de concentration de composants de gaz... [19]

L'analyse vibratoire, la thermographie infrarouge et l'analyse des huiles sont trois moyens de suivi et de surveillance qui connaissent un véritable essor. Ceci est dû, notamment, à la diminution du prix des appareillages et à la simplification de leur mise en œuvre.

II.7.1. Analyse vibratoire

Les vibrations sont des déplacements d'une masse entre sa position initiale (équilibre) et une position maximale ou minimale par exemple (disque – arbre) qui génèrent un balourd qui affecte négativement le fonctionnement de la machine.

Les vibrations peuvent être divisées en 2 types principaux :

- Stationnaire :
 - Continu ;
 - Transitoire ;
- Non stationnaire :
 - Aléatoire ;
 - Déterminé ;
 - Périodique ;
 - Quasi périodique

Dans la réalité ce sont en fait des combinaisons de ces deux principes formes que l'on observe communément [20].

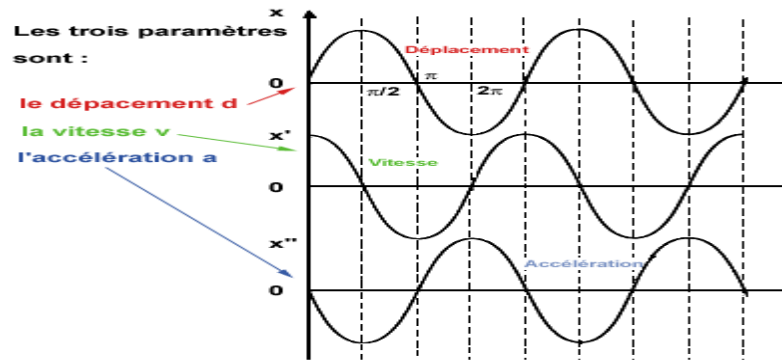


Figure II. 2 les paramètres caractéristiques [20]

Néanmoins, chaque allure générale peut être interprétée comme étant la caractéristique d'un défaut et difficulté, lors de telles analyses réside dans la distinction à faire entre les formes et les sources des différentes vibrations. Dans le cadre de l'analyse vibratoire, outre l'allure vibrations, il faut s'intéresser à leur intensité et de leur évolution dans le temps. Le franchissement d'un seuil d'alarme déclenche une opération correctrice. Dans la pratique, suivant le niveau de précision souhaité, le suivi peut être effectué :

II.7.1.1. Ponctuellement

Par un technicien muni d'un appareil portatif équipé d'une sonde et d'un enregistreur. Les plus perfectionnés de ces appareils permettent la connexion à un ordinateur ou system microcontrôleur ou Arduino ou api (system embarque) pour une exploitions approfondie des données [19].

II.7.1.2. Manière continue

Par une chaine de mesure résidente sur le système surveillé. L'implantation des capteurs est parfois prévue conception. On parle alors de surveillance intégrée [19]. Dans tous les cas, la précision de la mesure est directement liée à la qualité du choix de l'emplacement et de la prise de mesure. La difficulté suivante est l'analyse du spectre vibratoire .la direction des vibrations radiale ou/et axiale est un élément instructif pour l'analyse des phénomènes et des cause a dérive de fonctionnement. Les types d'anomalies doivent être repartis en trios famille caractérisées ; **par leur synchronisme a la fréquence de rotation de l'organe surveille :** Balourd, désalignement, serrage imparfait, engrenage, dégradation de courroies.

Défauts non synchronises a la fréquence de rotation :

- Les vibrations environnement.
- Les vibrations d'origine électrique

Défauts à fréquence aléatoires :

- **La cavitation** est la formation de cavités de gaz dans un fluide en mouvement. C'est un phénomène hydrodynamique fréquemment rencontré dans le cas des pompes.

Lorsqu'un roulement connaît un écaillage d'une de ses pistes, la détérioration se généralise rapidement aux autres éléments du roulement. L'ensemble de ces détériorations provoque une vibration aléatoire qui croît en fonction de l'extension de la dégradation ; Toutes les surfaces, usinées ou non, présentent un relief micro géométrique. Par la vibration rencontre des aspérités, le frottement de surface entre elles génère une vibration aléatoire que le graissage peut atténuer [19].

II.7.2. La thermo vision infrarouge

L'analyse thermographie est une technique pour mesurer la température d'un organe par une caméra infrarouge. Elle mesure l'intensité du rayonnement pour détecter le Corp. le plus chauffé. L'analyse des huiles (ou analyse de fluides). Elle a deux objectifs :

- ✓ La dégradation d'un fluide est généralement provoquée par son oxydation sous l'effet conjugué de la température et oxygène de l'air. L'oxydation d'un fluide se traduit par des modifications de ses caractéristiques propre (pouvoir lubrifiant, pouvoir caloporteur, viscosité, résistance aux hautes températures et à l'oxydation, abaissement du point éclair, capacité de transport des particules métalliques). [19]
- ✓ La contamination est la pollution d'un fluide par des corps étrangers tels que des particules provenant de l'usure des organes en contact de l'eau de l'air ou d'autres fluides doubles ou non.

C'est donc leur évolution que l'on mesure la dégradation d'un fluide ces caractéristiques sont entre autre :

- ✓ -la viscosité
- ✓ -oxydation
- ✓ -l'indice d'acidité ou d'alcalinité
- ✓ -le pourcentage l'eau ;
- ✓ -le pourcentage de carbone ;
- ✓ -la valeur du point éclair.... [19].

II.8. La maintenance préventive conditionnelle en pratique

Le suivi en maintenance préventive conditionnelle peut être pratiqué selon deux modalités :

le suivi périodique et le suivi continu. Le choix entre ces deux pratiques dépende de plusieurs paramètres dont les principaux sont :

- ✚ -la soudaineté de manifestation de la dérive d'état ;
- ✚ -la gravité de la dérive ;
- ✚ -l'importance des moyens (humains et financiers) ;
- ✚ -la facilité de la prise de mesure ;
- ✚ -le nombre de points à contrôler ...

II.8.1. Le suivi périodique

Il procéder par pressés de mesure espacées dans le temps par un programme précis et détaillé, précisant le fréquence, les moyens, le point à contrôler...

Exemple : dans une Entreprise de fabrication de panneaux de particules de bois

Tableaux II.1 Entreprise de fabrication de panneaux de particules de bois [19]

| Organe surveillé | Technique | Fréquence |
|------------------------------------|---------------------|----------------|
| Câblages et Equipment électrique | Thermo vision IR | 1 fois par ans |
| Roulement de l'aménage des matelas | Analyse vibratoires | 3000 heures |
| Réducteur | | 2000 heures |
| Moteur (guidage) | | 4000 heures |
| Pompes hydrauliques | | 1500 heures |
| Circuit hydraulique | Analyse des huiles | 2 fois par ans |

II.9. La maintenance corrective

Selon [21] c'est Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement : ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, le remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement. Les différents types de maintenance corrective.

II.9.1. Maintenance palliative

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

II.9.2. Maintenance curative

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives [21].

II.10. Défaillance

Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise ».

La défaillance est divisée par 3 catégories :

- Partielle : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Complète : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Intermittente : si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action corrective externe [22].

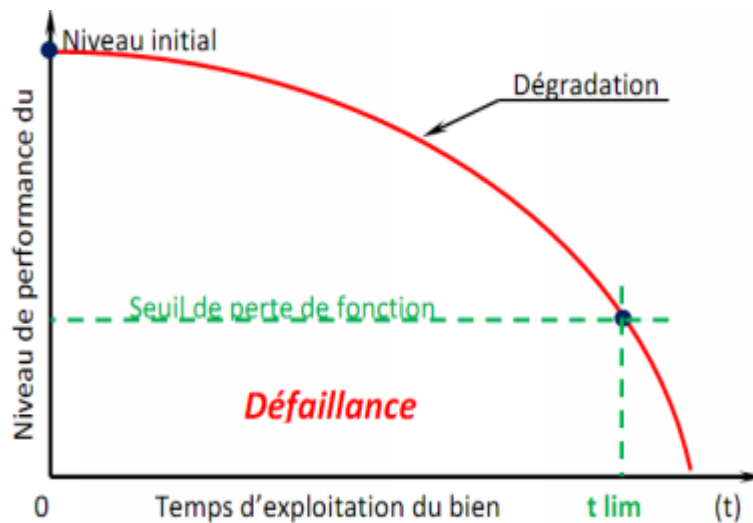


Figure II.3 Défaillance [22]

II.10.1. Fonction requise

La fonction requise c'est le bon fonctionnement d'un seul ou un ensemble de fonction dans intervalle du temps donnée.

II.10.2. Dégradation

C'est la perte de performance d'un fonctionnement assurées par celle-ci ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé.

Triptyque « faute-défaut-défaillance » :

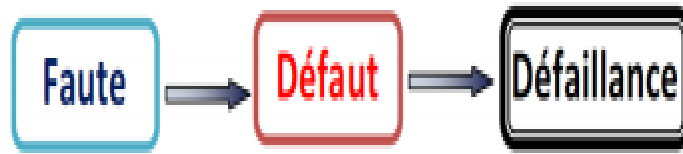


Figure II.4 Triptyque (faute-défaut-défaillance) [22]

Faute : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M : Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur.7

Défaut : au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif. Le défaut peut être : - Soudain : s'il était imprévisible. - Catalectique : s'il est soudain et irréversible. - Progressif : s'il était prévisible et éventuellement réversible (exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape). - Précoce : s'il se manifeste en début de vie de l'équipement. - D'usure : s'il se manifeste en fin de vie de l'équipement.

Panne : État d'un produit le rendant inapte à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'utilisation : c'est un état. Elle résulte toujours d'une défaillance [22].

II.11. Les outils de la maintenance

II.11.1. Méthode ABC (Diagramme Pareto)

Parmi la multitude de préoccupations qui se posent à un responsable maintenance, il faut décider quelles défaillances doivent être étudiées et/ou améliorées en premier. Pour cela, il faut déceler celles qui sont les plus importantes et dont la résolution ou l'amélioration serait le plus rentable, en particulier en termes de coûts d'indisponibilité. La difficulté réside dans le fait que ce qui « est important » et ce qui « l'est moins » ne se distinguent pas toujours de façon claire.

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence. Les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités.

On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc.), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite

Un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types des pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma figure, on observe trois zones.

1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts ;
2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires ;

3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les Pannes de la zone A.

En maintenance cette méthode est très utile pour déterminer les urgences ou les tâches les plus

Rentables, par exemple :

S'attacher particulièrement à la préparation des interventions sur les défaillances les plus

Fréquentes et/ou les plus coûteuses (documentation, gammes opératoires, contrats, ordonnancement, etc...) [22].

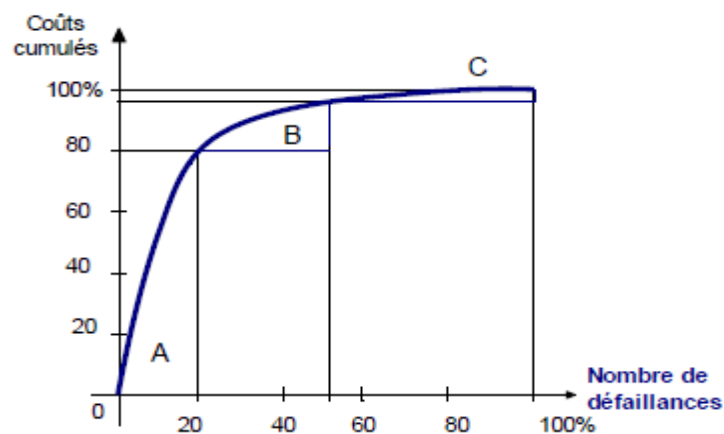


Figure II.5 Diagramme de Pareto ou courbe ABC [22]

Rechercher les causes et les améliorations possibles pour ces mêmes défaillances,

- Organiser un magasin en fonction des fréquences de sortie des pièces (nombre de pièces et emplacement),
- Décider de la politique de maintenance à appliquer sur certains équipements en fonction des heures et des coûts de maintenance.
- cette méthode ne résout pas les problèmes, mais elle attire l'attention du technicien sur les groupes d'éléments à étudier en priorité [22].

II.11.2. Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

GMAO signifie la gestion de maintenance assistée par ordinateur il s'agit d'un logiciel spécialisé pour réaliser la gestion d'un service technique. Dans cette section nous présentons quelques outils de GMAO.

Selon [23] Un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous les trois

aspects techniques, budgétaire et organisationnel, toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (services, lignes, ateliers, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, ateliers, magasins et bureaux d'approvisionnement. ».

II.11.2.1. La fonction de GMAO en entreprise

Selon [24] La GMAO vise avant tout à améliorer la fiabilité des équipements et à optimiser le budget affecté à la maintenance. En règle générale, les applicatifs couvrent les besoins suivants :

Gestion des équipements : inventaire, localisation, gestion d'information dédiée par type d'équipement (production, bâtiments, véhicules, réseaux, ordinateurs, etc.)

Gestion de la maintenance : corrective avec OT (ordre de travaux), BT (bon de travaux), ou ODM (ordre de maintenance), préventive, etc. Ce module comporte souvent des fonctionnalités ouvertes à des utilisateurs au-delà du service de maintenance, comme une gestion des demandes d'intervention (DI), permettant à toute personne autorisée, le signalement d'une anomalie devant être prise en considération par la maintenance.

Gestion de la mise en sécurité des installations pour les travaux de maintenance (consignation, centralisation, autorisation de sécurité, déconsignation, etc.) pour permettre le verrouillage optimal d'une installation pendant des opérations de maintenance

Gestion des stocks : magasins, quantités minimum ou maximum de réapprovisionnement, listes de sélection (*pick-lists*), référencement et recherche, articles de rechange, catalogue fournisseurs, etc.

Gestion des achats : de pièces détachées ou de services (sous-traitance, forfait ou régie), cycle devis / demande d'achat / commande / réception & retour fournisseur, facturation, etc.

Gestion du personnel et planning : activités, métiers, planning de charge, prévisionnel, pointage des heures, etc.

Gestion des coûts et budget : de main d'œuvre, de stocks, d'achat, de location de matériel, etc., préparation des budgets, suivi périodique, rapports d'écart, etc.

Indicateurs clés de performance (*key performance indicators, KPI*) : cockpit de pilotage ou tableau de bord pour le manager (requêtes de base de données concernant des statistiques, des alertes, etc.).

La GMAO permet de suivre des indicateurs tels que le temps moyen de réparation (*Mean Time to Repair, MTTR*) ou le temps moyen entre deux défaillances (*Mean Time Between*

Failure, MTBF) [25]

Dans notre travail la tâche numéro 9 de la GMAO a été exploitée pour réaliser une application de maintenance d'un four industriel (four inductif). La base de données statistique de temps d'arrêt (Visite, graissage, Révision partielle, Révisions général) ont été utilisées pour alerter si la durée de la vie d'une pièce est passée.

II.12. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons démontré l'importance de la maintenance dans n'importe quelle structure organisationnelle d'une entreprise industrielle. Et aussi nous avons vu que sans outil de gestion d'information de maintenance, il est difficile de gérer la maintenance même presque impossible où il y a des grandes zones industrielles.

**Chapitre III : Systèmes
d'informations et les systèmes
embarqués**

III.1. Introduction

L'information c'est le cours de n'importe quel système de gestion de maintenance, le besoin d'un outil informatique pour la gestion cette information devient de plus en plus important avec l'émergence de l'échange de l'information sous format numérique, Améliorer la qualité de production, réduire le cout de maintenance...etc. Dans ce chapitre nous présentons les Systèmes d'Informations et comment les utilisés pour la gestion de maintenance et ainsi nous allons présenter les technologies des systèmes électroniques embarqués afin d'utiliser pour automatiser la collecte d'informations pour le suivi de l'état contrôle de la maintenance à distance.

III.2. Généralité sur les systèmes d'informatique

Selon [1], le système d'information (SI) est un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et distribuer de l'information. Et selon Un SI est chargé, en effet, de stocker et de traiter les informations relatives au « système opérant » afin de les mettre à disposition du « système de pilotage » [26]. L'apport des nouvelles technologies de l'information est à l'origine du regain de la notion de système d'information. L'utilisation combinée de moyens informatiques, électroniques et de procédés de télécommunication permet aujourd'hui, selon les besoins et les intentions exprimés, d'accompagner, d'automatiser et de dématérialiser quasiment toutes les opérations incluses dans les activités ou procédures d'entreprise [27].

III.3. Les méthodes de conception du système d'information de maintenance

Il y a plusieurs de méthode conception des system d'informe nous focalisons sur les plus utilisé, etc...

III.3.1. La méthode UML

Le langage de modélisation unifié, de l'anglais Unified Modeling Language (UML), est un langage de modélisation graphique à base de pictogrammes conçu pour fournir une méthode normalisée pour visualiser la conception d'un système. Il est couramment utilisé en développement logiciel et en conception orientée objet [CoursUML]. Un diagramme UML est une représentation graphique, qui s'intéresse à un aspect précis du modèle ; c'est une perspective du modèle [28].

III.3.2. Les 10 principaux diagrammes d'UML

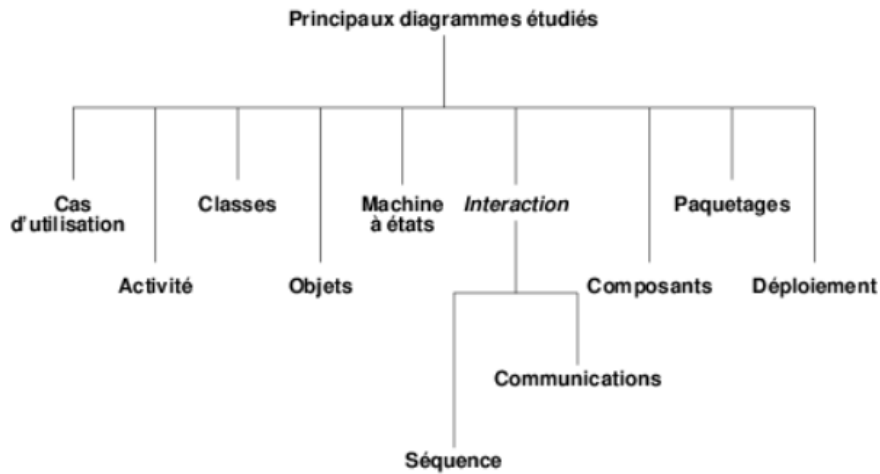


Figure III. 1 Les 10 principaux diagrammes UML [29]

Cas d'utilisation : interactions entre le système et les utilisateurs (et autres systèmes externes).

Il aide dans la visualisation des exigences / besoins ;

- activité : séquence et parallélisme dans les activités du système ; autrement dit, modélisation des processus métier avec les échanges de données
- classes : classes, types, interfaces et relations entre eux ;
- objets : instances de classes définissant une configuration importante du système ;
- machine à états³ : états des classes à travers leur cycle de vie (de la création / instanciation des objets à leur destruction) et les événements qui provoquent les transitions / changements d'états ;
- interaction, qui se décline en deux types de diagrammes :
- séquence : interactions entre des objets pour lesquelles l'ordre des interactions est important ;
- communications⁴ : interactions entre objets pour lesquels les connexions entre objets sont importantes ;
- composants : rassemblements de classes ou de composants tels que vus par l'équipe de développement pour décomposer le système en parties de logiciel gérables (du point de vue développement en gestion de projet) ;
- paquetages : rassemblement d'éléments de modélisation par exemple pour les distribuer entre membres de l'équipe de développement ;

- Déploiement : unités d'installation, de configuration et de déploiement du produit fini sur un parc de machines [29].

III.4. La méthode de Merise

Selon [28], MERISE est une méthode de conception, de développement et de réalisation de projets informatiques. Le but de cette méthode est d'arriver à concevoir un système d'information. La méthode MERISE est basée sur la séparation des données et des traitements à effectuer en plusieurs modèles conceptuels et physiques.

La méthode MERISE date de 1978-1979, et fait suite à une consultation nationale lancée en 1977 par le ministère de l'Industrie dans le but de choisir des sociétés de conseil en informatique afin de définir une méthode de conception de systèmes d'information. Les deux principales sociétés ayant mis au point cette méthode sont le CTI (Centre Technique d'Informatique) chargé de gérer le projet, et le CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement) implanté à Aix-en-Provence.

III.5. Cycle d'abstraction de conception des systèmes d'information

La conception du système d'information se fait par étapes, afin d'aboutir à un système d'information fonctionnel reflétant une réalité physique. Il s'agit donc de valider une à une chacune des étapes en prenant en compte les résultats de la phase précédente. D'autre part, les données étant séparées des traitements, il faut vérifier la concordance entre données et traitements afin de vérifier que toutes les données nécessaires aux traitements sont présentes et qu'il n'y a pas de données superflues. Cette succession d'étapes est appelée cycle d'abstraction pour la conception des systèmes d'information [28].

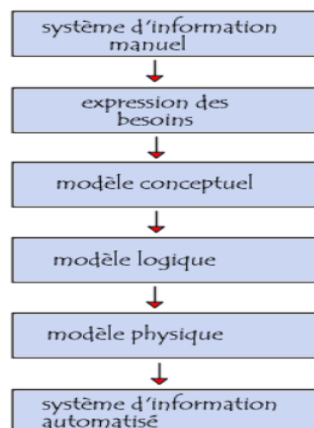


Figure III.2 Cycle d'abstraction pour la conception des systèmes d'information [28]

L'expression des besoins est une étape consistant à définir ce que l'on attend du système

d'information automatisé, il faut pour cela : Faire l'inventaire des éléments nécessaires au système d'information délimiter le système en s'informant auprès des futurs utilisateurs. Cela va permettre de créer le **MCC** (Modèle conceptuel de la communication) qui définit les flux d'informations à prendre en compte. L'étape suivante consiste à mettre au point le **MCD** (Modèle conceptuel des données) et le **MCT** (Modèle conceptuel des traitements) décrivant les règles et les contraintes à prendre en compte. Le modèle organisationnel consiste à définir le **MOT** Le modèle logique représente un choix logiciel pour le système d'information. Le modèle physique reflète un choix matériel pour le système d'information [28], (Modèle organisationnel des traitements) décrivant les contraintes dues à l'environnement (organisationnel, spatial et temporel).

III.6. Les bases de données des systèmes d'informations

Pour implémenter un système d'information il faut une base de données associée pour stoker ces informations. Dans cette partie nous présentons quelques outils de gestion des bases de données les plus utilisés.

III.6.1. Microsoft Access

Microsoft Access est une base de données relationnelle éditée par Microsoft. Ce logiciel fait partie de la suite Microsoft Office. La figure suivante présente l'interface principale de Microsoft Access qui permet de la création des tables, des relations entre les tables, les requêtes SQLetc.

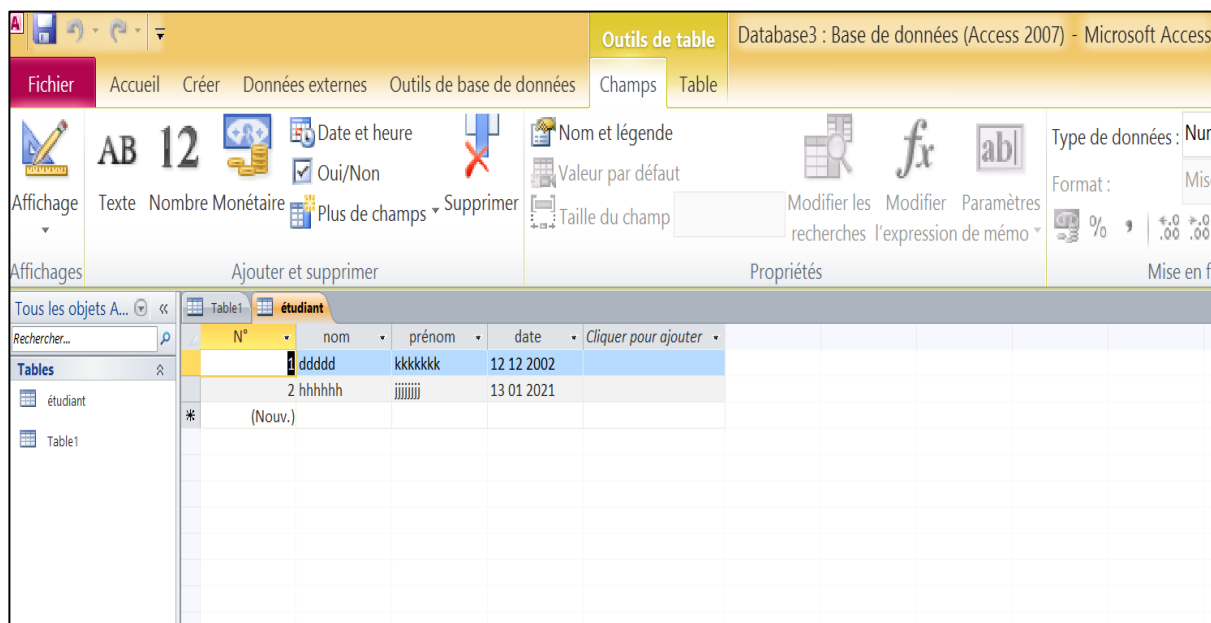


Figure III.3 Base de données Microsoft Access

III.6.2. Oracle

Est un système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR) qui depuis l'introduction du support du modèle objet dans sa version 8 peut être aussi qualifié de système de gestion de base de données relationnel-objet (SGBDRO). Fourni par Oracle Corporation, il a été développé par Larry Ellison, accompagné entre autres, de Bob Miner et Ed Oates.



Figure III. 4 Base de données Oracle

III.6.3. MySQL

Est un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR). Il est distribué sous une double licence GPL.



Figure III. 5 Base de données MySQL

III.6.4. Postgresql

Est un système de gestion de base de données relationnelle et objet. C'est un outil libre disponible selon les termes d'une licence de type BSD. Ce système est concurrent d'autres systèmes de gestion de base de données.



Figure III. 6 Postgresql logo

III.6.5. Microsoft SQL Server

Est un système de gestion de base de données (SGBD) en langage SQL incorporant entre autres un SGBDR (SGBD relationnel ») développé et commercialisé par la société Microsoft.



Figure III. 7 SQL logo

II.7. Les langages de développement des systèmes d'information

On a plusieurs langage de programmation pour développer une application de gestion d'information pour n'importe quel domaine soit pour la gestion de maintenance, gestion de santé, gestion de stock, gestion de pharmacien ...etc. Nous citons les langages les plus

utilisées telles que : Java, c++, Visual basic et pour les applications web nous citons HTML, PHP, JavaScript

- ❖ **Visual Basic** : est un langage de programmation événementielle de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation COM.
- ❖ C++ est un langage de programmation compilé permettant la programmation sous de multiples paradigmes, dont la programmation procédurale, la programmation orientée objet et la programmation générique.
- ❖ **Java** : est un langage de programmation orienté objet, employés de Sun Microsystems, Une particularité de Java est que les logiciels écrits dans ce langage sont compilés vers une représentation binaire intermédiaire qui peut être exécutée dans une machine virtuelle Java (JVM) en faisant abstraction du système d'exploitation.
- ❖ **PHP**: Hypertext Preprocessor, plus connu sous son sigle PHP, est un langage de programmation libre, principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale. PHP est un langage impératif orienté objet
- ❖ **HTML** : HyperText Markup Language, est le langage de balisage conçu pour représenter les pages web. Ce langage permet : d'écrire de l'hypertexte.
- ❖ **JavaScript** : est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web interactives et à ce titre est une partie essentielle des applications web. Avec les technologies HTML et CSS, JavaScript est parfois considéré comme l'une des technologies cœur du World Wide Web.

III.8. Les systèmes électroniques embarqués

Les systèmes embarqués sont utilisés pour capter les réponses vibratoires, le contrôle d'eau, huile, température des machines, etc ...

III.8.1. La carte d'Arduino

Arduino est une carte électronique en matériel libre (**open hardware**) pour la création artistique interactive. Il est un projet créé par une équipe de développeurs, composée de six personnes : Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et

Nicholas Zambetti.

III.8.1.1 Arduino UNO

Cette carte convient pour n'importe quel débutant et elle convient pour tous les petits projets. L'image de cette carte est ci-dessous. (La carte que nous avons utilisée dans notre réalisation)



Figure III. 8 Arduino Uno

L'Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source comme interface de programmation. L'injection du programme déjà converti par l'environnement sous forme d'un code « HEX » dans la mémoire du microcontrôleur se fait d'une façon très simple par la liaison USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties. Cette carte est basée sur un microcontrôleur ATméga 328 et des composants complémentaires. La carte Arduino contient une mémoire morte de 1 kilo. Elle est dotée de 14 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), 6 entrées analogiques et un cristal a 16 MHz, une connexion USB et Possède un bouton de remise à zéro et une prise jack d'alimentation. La carte est illustrée dans la figure III.8 ci- dessus.

III.8.2. Les capteurs

Un capteur est une interface entre un processus physique et une information manipulable. Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique...), ont besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, humidité, vibration, force, position, vitesse, luminosité, ...). La figure suivante présente le fonctionnement de capteur [29]

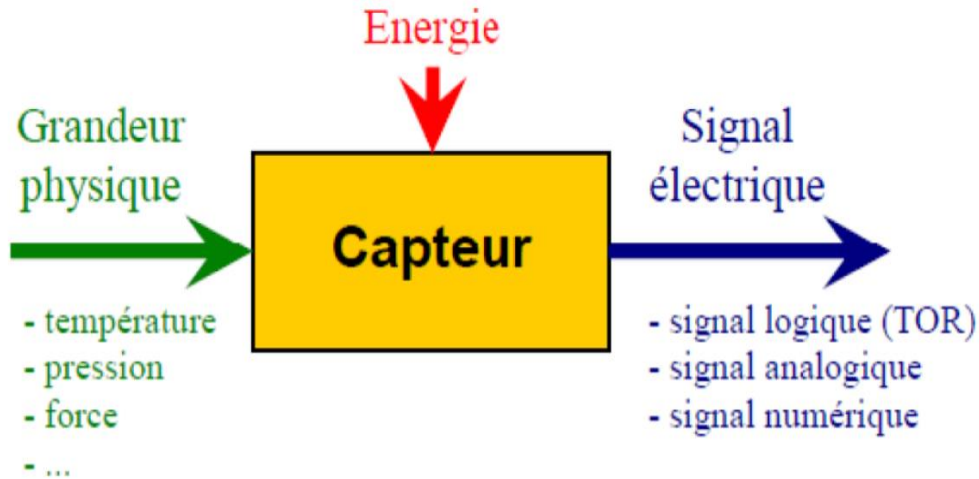


Figure III. 9 Représentation fonctionnelle de capteur [29]

Nous citons quelques capteurs que nous allons utiliser pour réaliser notre travail, Pour capter les réponses vibratoires on utilise des accéléromètres. Parmi les accéléromètres qu'on cite :

Capteur MPU6050 : Le gyro-accéléromètre 3 axes est un composant combinant un gyroscope 3 axes et un accéléromètre 3 axes, il est très utile pour détecter la vitesse angulaire pour pouvoir calculer l'angle de rotation.

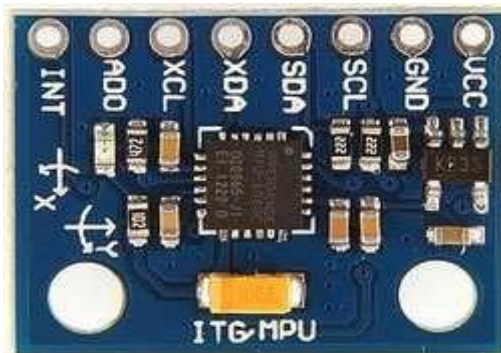


Figure III. 10 MPU605re

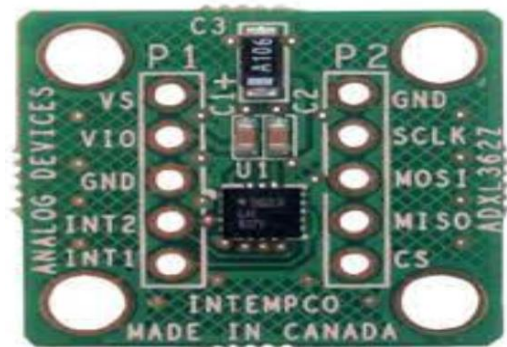


Figure III. 11 Capteur ADXL 632



Figure III. 12 Accéléromètres : Capteur de vibrations pour machine

Pour le capteur de températures, le capteur de niveaux huile et d'eaux et le capteur de distance, nous avons utilisé les suivants :



Figure III. 13 DHT1

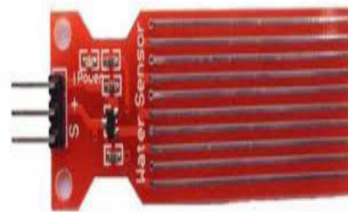


Figure III. 14 ST0454



Figure III. 15 HC-SR04

III.9. Conclusion

L'information c'est le cours de n'importe quel système de gestion de maintenance, pour cela dans ce chapitre nous avons fait une étude sur les différentes méthodes utilisées pour la conception d'un système d'information, nous avons fait ensuite une étude sur les différents outils utilisés pour la création des bases de données, puis nous avons présenté les différents langages de programmation utilisées pour créer des interfaces homme machine pour la manipulation de l'information. Vu l'importance d'automatiser la collecte d'information pour bien suivre l'état de fonctionnement des fours, nous avons présenté les différents technologies utilisé pour réaliser un système embarqué en particulier les cartes d'Arduino et les capteurs électroniques. Le chapitre suivant présente la réalisation d'un système de maintenance en utilisant UML pour la conception et Microsoft Access pour la création de base de données et Visual Basic pour l'implémentation des interfaces. L'Arduino et les capteurs sont utilisés pour automatiser le four et la collecte d'information de la maintenance conditionnelle.

Chapitre IV : Etude de four d'ALFET

IV.1. Introduction

Notre étude s'inscrit dans le contexte de proposition d'une solution automatisée et aussi un GMAO pour le four ALFET. Dans ce chapitre nous commençons par la présentation de l'entreprise ALFET. ALFA est une entreprise algérienne situé dans la zone Tiaret. Puis nous présentons en détail le fonctionnement de fours pour bien analyser les tâches à automatiser et pour réaliser un système de GMAO dédié à l'entreprise ALFET.

IV.2. ALFET

IV.2.1. Présentation de l'entreprise

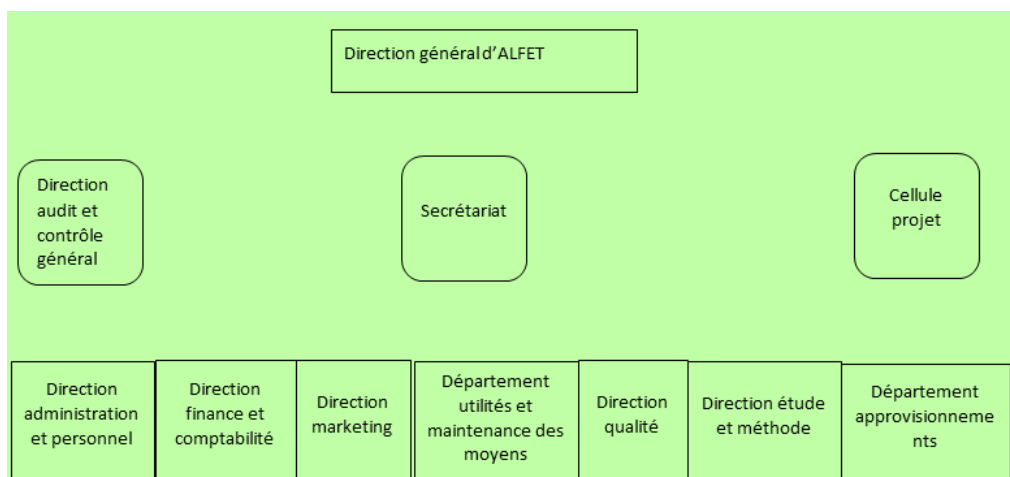
Il a y plusieurs méthodes de chauffage dans le domaine de l'industrie, La méthode de chauffage par induction est largement utilisée dans de nombreux procédés technologiques comme la fusion, le traitement thermique,...etc. mais principalement dans l'industrie des métaux, La fusion par induction est composée par des fours électriques qui sont transférés en énergie électrique à une énergie thermique très élevée.

En Algérie, il existe plusieurs entreprises qui utilisent ce principe d'industrie des métaux telle que l'Entreprise Publique Economique Algérienne des Fonderies de Tiaret (ALFET), qui a été créée en 1999 après avoir ressorti de sa société mère qui était sous le nom de l'Entreprise Nationale de Fonderie ; le démarrage de l'activité en 1983, puis restructuration en trios filiales sous la tutelle du groupe FONDAL en décembre 1999. Le principe d'activité est la production et commercialisation des produits de fonderie (les pièces moulées en acier et fonte).

Elle est située au sud-ouest de Tiaret, la zone industrielle zaaroura, avec une capacité de production :

- Fonderie fonte est 8000 tonnes/ans
- Fonderie acier est 4000 tonnes/ans

Le Chemin de la figure IV.1 ci-dessous représente l'organisation d'ALFET :



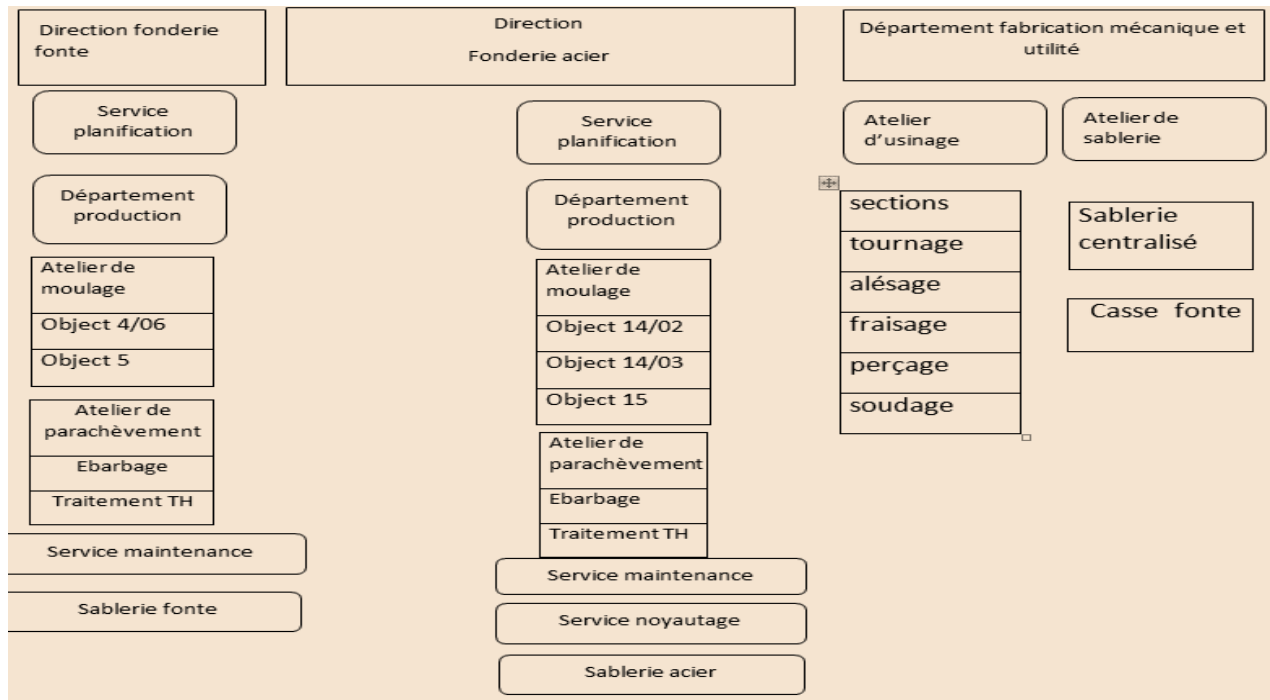


Figure IV.1 Organisation d'ALFET

IV.2.2. Moyens de production

Il y a deux secteurs de production, cellule projet qui composé d'un atelier de fusion fonte contient de deux fours à induction de capacité 10 tonnes pour la fusion et une sablerie automatisation et une chaîne de moulage automatisation et un atelier de traitement thermique automatisation.

IV.2.3. Secteur de production

Il contient :

- Un atelier de fusion acier de 02 fours à arc de 05 tonnes chacun et 02 fours à moyenne fréquence de 1000 kg chacun.
- Un atelier de fusion fonte de 02 fours à induction de 10 tonnes à chacun.
- Une sablerie centralisée et deux sableries au niveau des chantiers de moulage.
- Un atelier de modelage
- Service de maintenance (acier et fonte)
- Un atelier de moulage d'acier.
- Un atelier de moulage de fonte.
- Un atelier de traitement thermique.

IV.2.4. Principe de fonctionnement de four ALFAT

La figure IV.2 suivante représente le démarrage de système. Au début, le métal qui est fondu est sous forme de gros morceaux, et il n'entre pas dans la buse du four, donc il est soulevé par une grue magnétique (casse fonte) jusqu'à 6 mètres, puis laissé le tomber en chute libre, puis le processus est répété plusieurs fois, de sorte qu'il devient petites pièces.



Figure IV. 2 Magnétique

La figure IV.3 présente le métal c'est la matière première.



Figure IV.3 Le métal à fondre

Après il est soulevé par une seconde grue, pour entrer dans la ligne de production, pour commencer le processus de fusion, où le conducteur de la grue met l'un sur l'autre voir la figure IV.4 :



Figure IV.4 La seconde grue

En cas d'humidité sur la surface du métal, il conduit à une explosion (voir la figure IV.5) à l'intérieur du four. La coquille vole, qui peut frapper un opérateur dans l'océan. Enfin le métal en fusion à haute température 1700 °C degrés, l'opérateur du four ouvre la bouche de four et décharge le métal sur des poches spéciales.



Figure IV.5 Explosion cas d'humidité et La poche

Finalement, la troisième grue est supervisée par un technicien, qui l'emmène à l'endroit de vidange pour le coulage de la pièce (le moulage). L'entreprise ALFET utilise plusieurs équipements pour la production tels que :

- Les API sameness s300 –s700 -s500
- Four Eges 10 tonne
- Les grues de 6 tonne
- Les poches

Nous avons remarqué qu'il y a un risque que le liquide fondu cause des brûlures et des blessures mène à la vie du technicien, donc notre objectif est de proposer quelques solutions qui peuvent réduire le risque et augmenter le rendement.

IV.3. L'automate programmable industriel (API ou PLC)

Selon[30] Un automate programmable industriel, ou API (en anglais programmable logic controller, PLC), est un dispositif électronique numérique programmable destiné à la commande de processus industriels permettent gérer des systèmes automatisés ou automatiques à l'aide de langage normaliser(littéraires et graphique) dans des ambiance industriel , mêmes sévères (température ambiante jusqu' à 70C avec module de vibration ventilations ...). Ils peuvent gérer un grand nombre des entrées et des sorties en temps réels, de types TOR, analogique ou numérique. Les tableaux IV.1 suivant montre un exemple de gamme de partie commande programmable et des constructeurs.

Tableau IV.1. Exemples de gamme de partie commande programmable

| Modules programmables | Contrôleurs programmables | Automates de commande bas de gamme haut de gamme | |
|--|--|---|---|
| pour petits automatismes de moins de 40 E/S * possibilité de communications réseau | Installations simple et unitaire, machine répétitives et compact -jusqu' a 252 E/S -communication réseau | -pour machines de complexité moyenne -jusqu' a 480 E/S -248 E/S bus AS-i -fonctions comptage rapide 500 KHZ, analogique et régulation -sécurité machine -communications bus et réseau | -pour machines et installations complexes -plusieurs milliers de voies TOR E/S - plusieurs milliers de voies analogiques E/S -fonctions comptage rapide 1MHZ, logique et régulation - sécurité machines -architecture redondante -multitraitement multi communication |
| constructeur Schneider télémechanique | | | |
| Zelio logic | | Twido | Tsx micro Premium/quantum |
| constructeur siemens | | | |
| Module logo | | Sima tic S7-200 | Sima tic S7-400 |

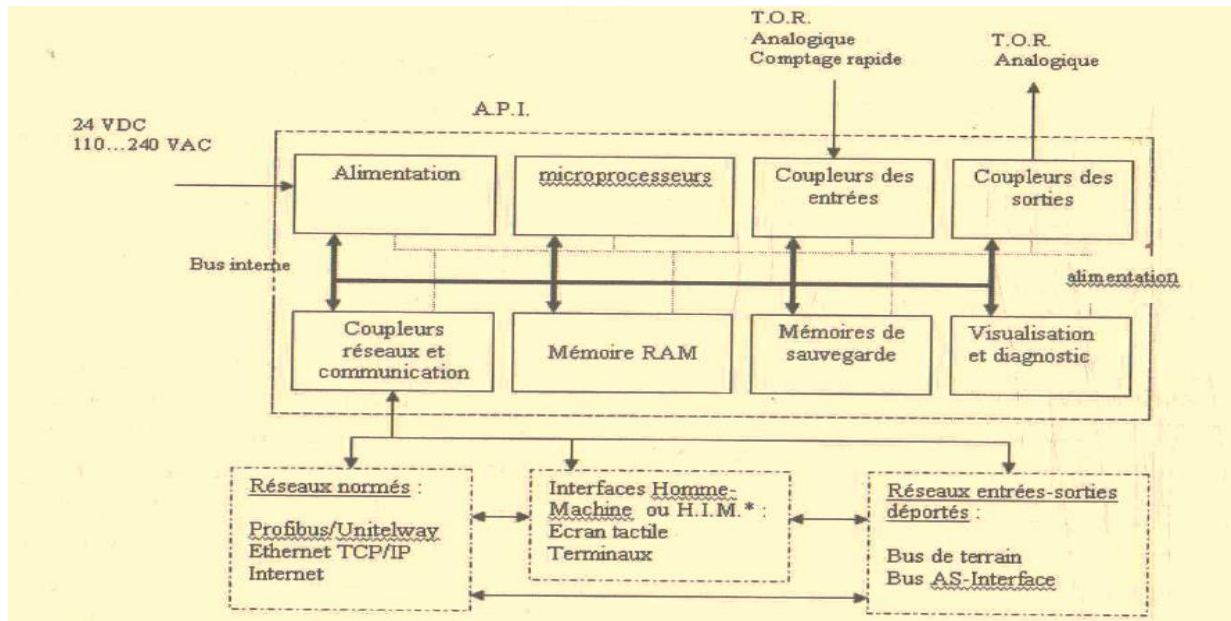


Figure IV. 6 Architecteur d'un api et son environnement [30]

IV.3.1. Famille de langage de programmation :

Les langages de programmation sont régis par CEI 1131-3. Cette norme et plus ou moins appliquée par la majorité des constructeur d'API .elle propose deux types de langage :

Langages littéraux :

- IL (instruction liste) liste d'instruction, proches du langage assembleur.
- ST (structured text) texte structure, programmation algorithmique proche de langage pascal, ce dernier est un langage évolué, permettant de définir des traitements et algorithmes complexes.

Les langages graphiques :

- LD (ladder diagram) ou langage à contacts ou en échelle (issu des schémas de câblage électrique).
- FBD (fonction block diagram) : blocs fonctionnel.
- SFC (séquentiel fonction charte) formalisme graphique inspire du GRAFCET.

IV.3.2. Les éléments communs des langages

IV.3.2.1. API semence s7-300

Un S7-300 est composé de plusieurs constituants. La figure suivante présente un montage possible [31] :

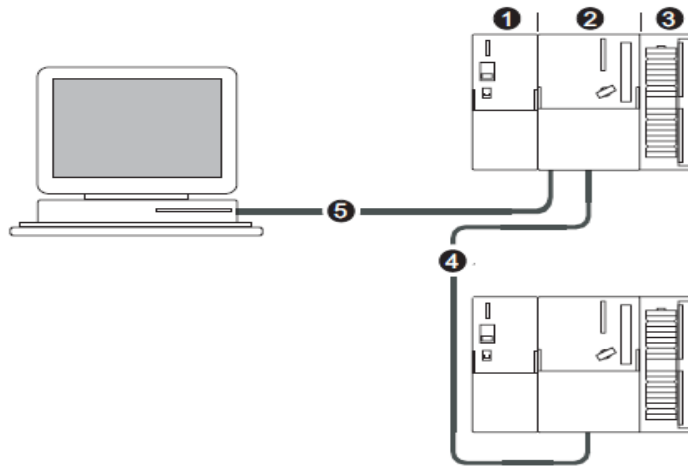


Figure IV. 7 Installation de S7-300[31]

Les composants de S7-300 sont :

- (1) Alimentation
- (2) Module unité centrale
- (3) Module de signaux
- (4) Câble-bus PROFIBUS
- (5) Câble de raccordement d'une console de programmation

On utilise une console de programmation (PG) pour programmer le S7-300. Reliez la PG à la CPU à l'aide d'un câble PG. Le câble-bus PROFIBUS permet à plusieurs S7-300 de communiquer entre eux et avec d'autres commandes SIMATIC S7. On peut relier plusieurs S7-300 avec un câble-bus PROFIBUS. La figure IV.8 suivante présente le montage de l'api S7-300.

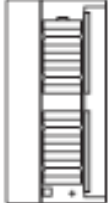
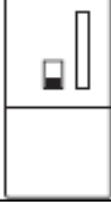






| Composants | Fonction | Figure |
|--|---|---|
| Connecteur frontal | | |
| Modules de fonction (FM) (Function Modul) Accessoires : Connecteur frontal | Ils réalisent les tâches du traitement des signaux de processus critiques au niveau du temps et exigeant beaucoup de mémoire. Par exemple le positionnement ou le réglage |  |
| Processeur de communication (CP) Accessoires : Câble de raccordement | Il soulage la CPU des tâches de communication, par exemple CP 342-5 DP pour liaison au PROFIBUS-DP |  |
| SIMATIC TOP connect Accessoires : Module frontal enfichable avec raccordement à câble plat | Ils servent au câblage des modules TOR |  |
| Coupleur (IM) (Interface Module) Accessoires : Câble de raccordement | Il relie les différentes rangées d'un S7-300 entre elles |  |
| Câble-bus PROFIBUS avec connecteur de bus | Ils relient les partenaires d'un sous-réseau MPI ou PROFIBUS entre eux |  |
| Câble PG | Il relie un PG/PC avec une CPU |  |
| Répéteur RS 485 | Ils servent à renforcer les signaux dans un sous-réseau MPI ou PROFIBUS ainsi qu'à coupler les segments d'un sous-réseau MPI ou PROFIBUS |  |
| Console de programmation (PG) ou PC avec logiciel STEP 7 | Vous avez besoin d'une PG pour configurer, paramétrer, programmer et tester le S7-300 |  |

Figure IV. 8 Montage de l'api S7-300



Figure IV. 9 Api S7-300

IV.4. Etude de cas au niveau ALFET

IV.4.1 Application de la méthode de PARETO .

On appliqué la méthode de Pareto dans l'entreprise à l'ensemble des machine pour trouver l'élément critique. Le tableau IV.3 suivant présente l'historique de 6 machines installés au niveau de d'Atelier de production qui définit le temps d'arrêt

Tableau IV.2 : Historique des machines durant l'année 2017.

| Machine | Année | Visite | Graissage | Révision partielle | Révisions général | Temps d'arrêt total |
|---------------------------------|-------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| Four moyenne fréquence N 1 EGES | 2017 | 3 fois 0.75 h | 4 fois 4 h | 1 foi 36 h | 00 foi | 40.75h |
| Four a arc électrique | 2017 | 5 fois 1 h | 6 fois 2 h | 1 foi 12 h | 00 foi | 15 h |
| Machine a mouler Fria 50 N1 | 2017 | 2 fois 0.5h | 3 fois 0.75h | 00 foi | 1 foi 6 h | 7.25h |
| Grenailleuse a tambour wst | 2017 | 3 fois 0.5h | 3 fois 0.75h | 00 foi | 1 foi 12 h | 13.25h |
| Cribleur psc 60 | 2017 | 2 fois 0.33h | 2 fois 0.66 h | 00 foi | 00 foi | 1 h |
| Elévateur godets N1 | 2017 | 3 fois 0.5h | 3 fois 2 h | 00 foi | 00 foi | 2.5 |

Le tableau IV.3, représente le pourcentage de temps d'arrêt cumulé :

Le tableau IV.3. Pourcentage de temps d'arrêt cumulé

| Machine | Temps d'arrêt (h) | Temps d'arrêt% | Temps d'arrêt% cumulé |
|---------------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| Four moyenne fréquence N 1 EGES | 40,75 | 51,097% | 51,097% |
| Four a arc électrique | 15 | 18,809% | 69,906% |
| Grenailleuse a tambour wst | 13,25 | 16,614% | 86,520% |
| Machine a mouler Fria 50 N1 | 7,25 | 9,091% | 95,611% |
| Elévateur a godets N1 | 2,5 | 3,135% | 98,746% |
| Cribleur psc 60 | 1 | 1,254% | 100,000% |
| Totale | 79,75 | 100% | |

Durant cette étude au niveau de l'entreprise ALFAT, la méthode ABC a été utilisée manuellement (les calculs par EXCEL figure IV.9) pour détecter la machine qui perde plus de temps d'arrêt afin de diminuer ces pertes qui affectent le niveau de production de l'entreprise.

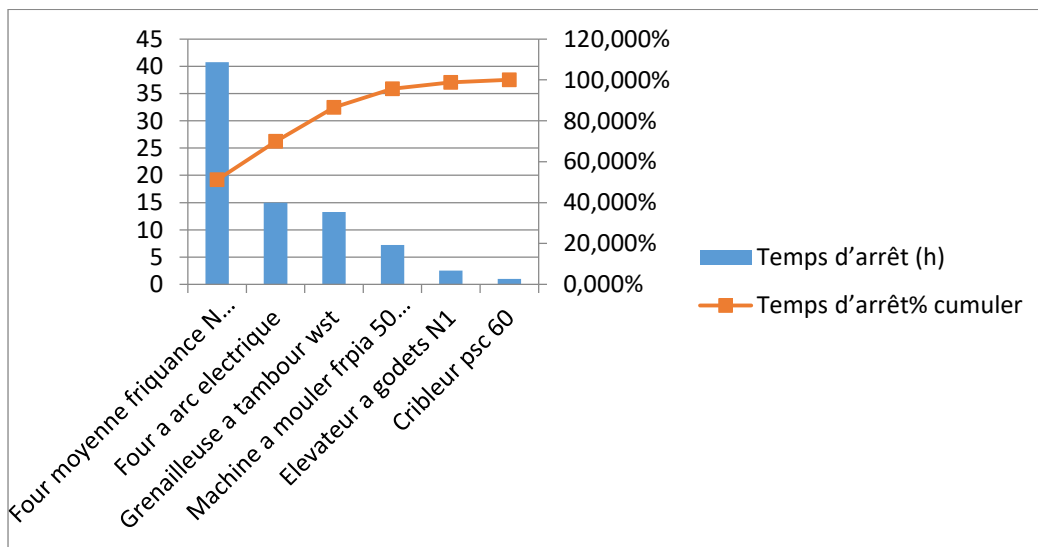


Figure IV. 10 ABC par excelle

L'analyse par la méthode Pareto, nous allons proposer des solutions dans le chapitre suivant que nous citons :

- Réalisation d'une application GMAO avec alerte de dure de vie de la pièce changeable
- Réalisation de l'automatisation de refroidissement du four parce que le grand problème dans ce four est la température très élevé

IV.5. La maintenance du four inductive EGES

IV.5.1. Décomposition de four

Ce four a été décomposé a 4 grande partie (groupe)

1. Groupe de fusion ;
2. Group hydraulique ;
3. Groupe refroidirent ;
4. Group électrique (commande et puissance).



Figure IV.11 Pipeter eges

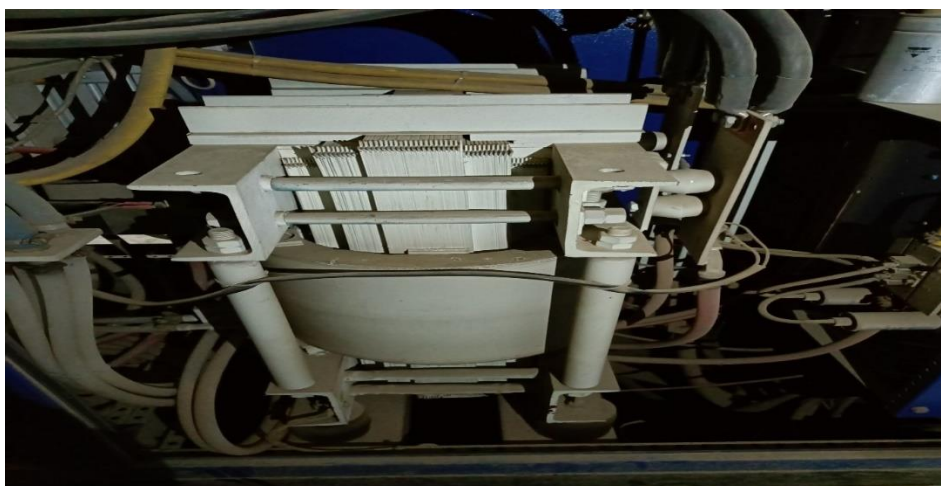


Figure IV. 12 Transformateur électrique haute tension



Figure IV. 13 Armoire électrique four EGES



Figure IV. 14 Bobine de fusion

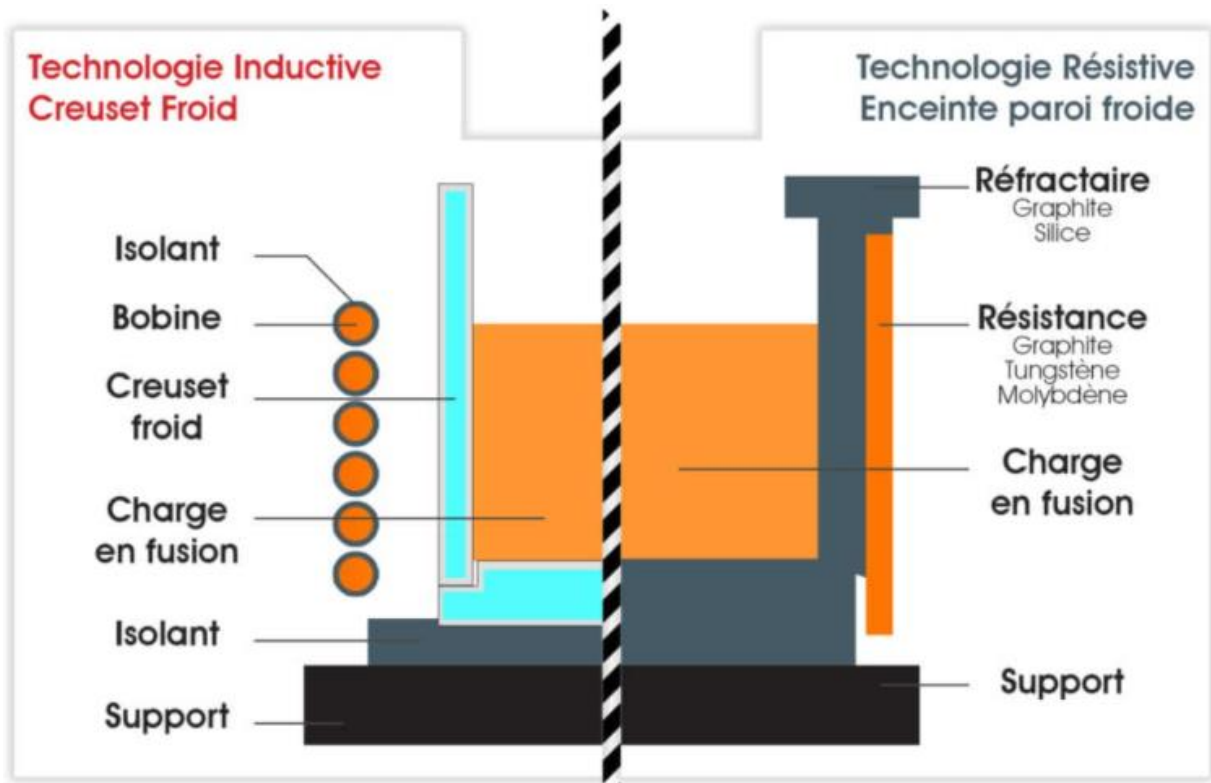
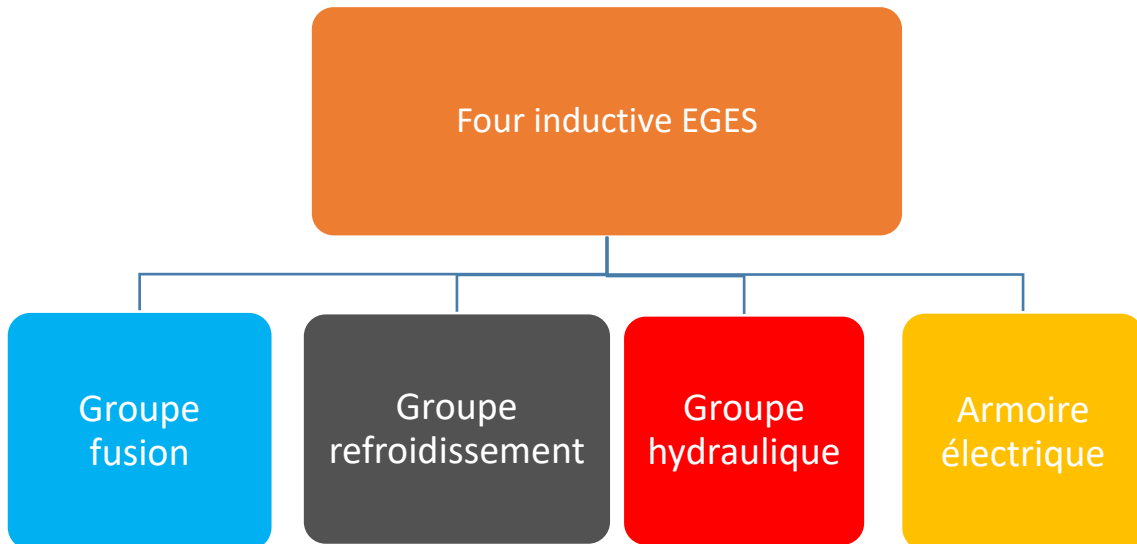
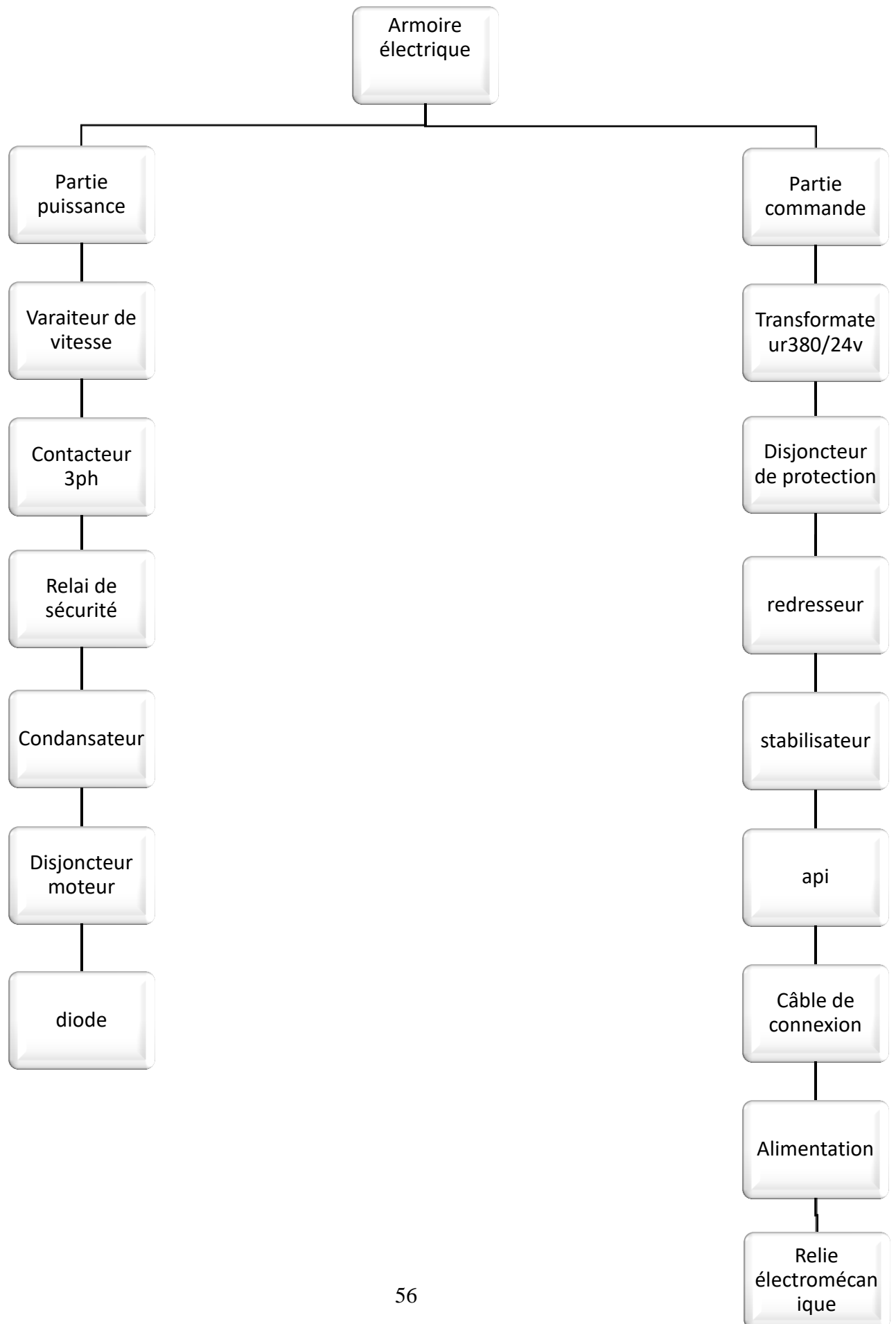
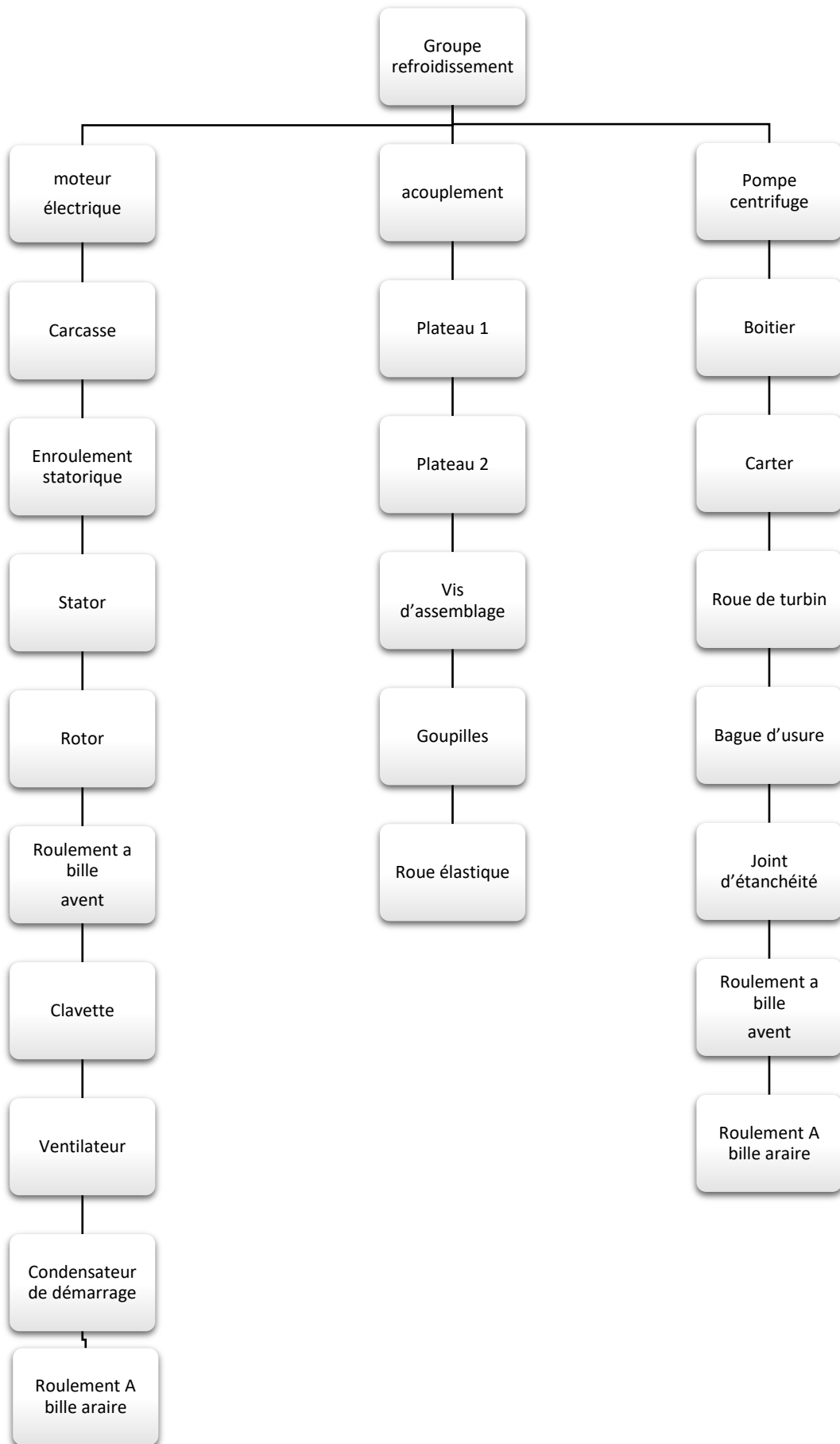


Figure IV. 15 Group de fusion [32]

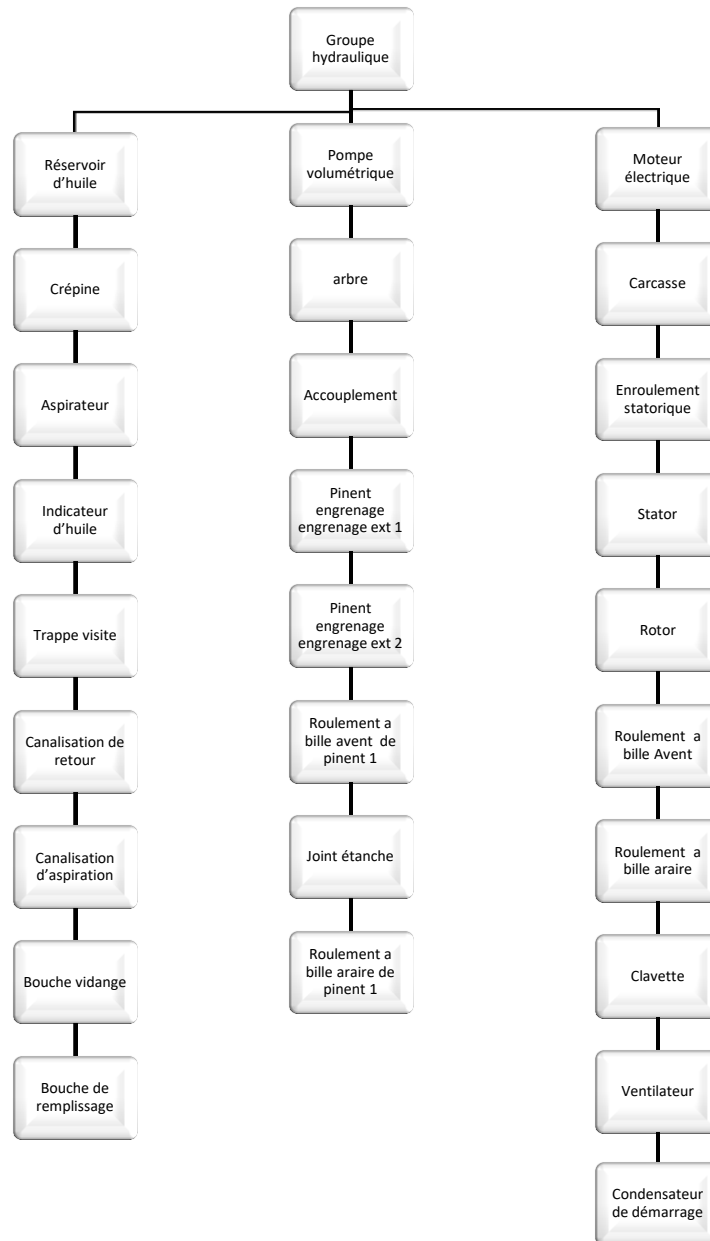
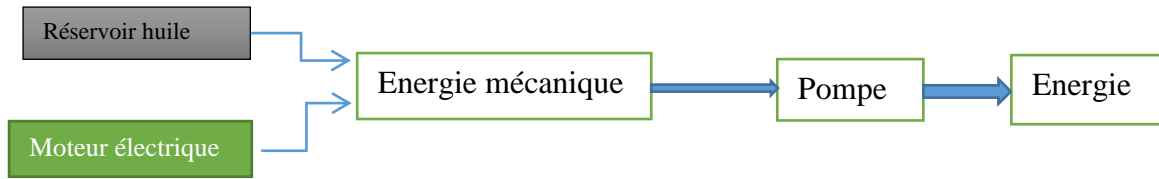
IV.5.2. Découpage de système

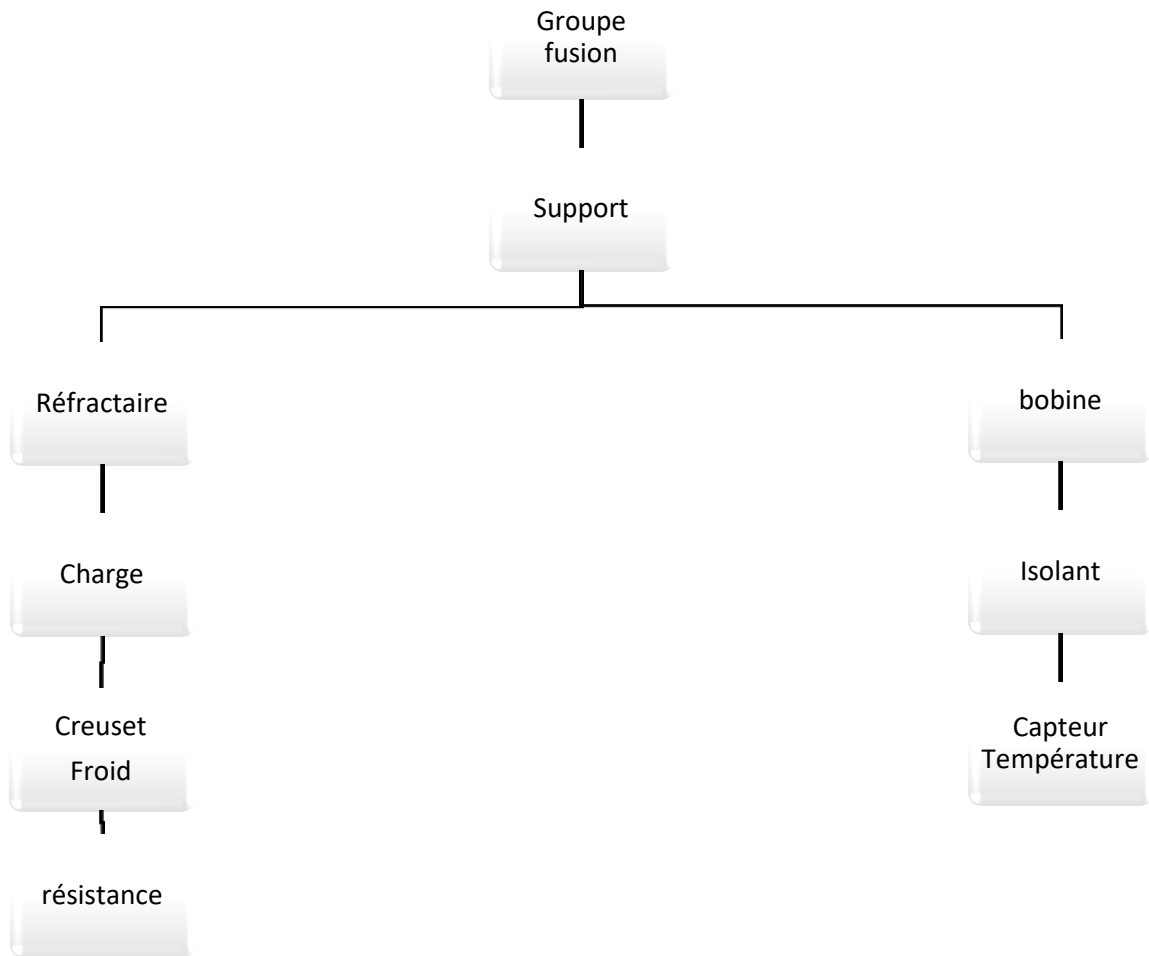






Le groupe hydraulique fournir le fluide sous pression comme suit :





IV.5.3. Arborescence fonctionnelle

| | | | | | | | |
|--------------|---------|---------|------------|----------|--------|--------|-----------------|
| Unité | | | | | | | |
| | Secteur | | | | | | |
| | | Atelier | | | | | |
| | | | équipement | | | | |
| | | | | ensemble | | | |
| | | | | | organe | | |
| | | | | | | Pièces | |
| Codification | | | | | | | Destinatio n |
| ALT | | | | | | | Alfjet |
| | PRD | | | | | | Production |
| | | AC1 | | | | | Acier |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------------------------------------|
| | | | FIE | | | | Four inductive eges |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | | | Groupe refroidissement |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | | Moteur électrique 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | R01 | Rotor 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | ES1 | Enroulement statorique 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | V01 | Ventilateur 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | RB1 | Roulement à bille avant 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | RB2 | Roulement à bille arrière 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME1 | C01 | Condensateur de démarrage 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AC1 | | Accouplement 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AC1 | PT1 | Plateau 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AC1 | PT2 | Plateau 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AC1 | G01 | Goupilles 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AC1 | RE1 | Roue élastique 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | | Pompe centrifuge 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | RT1 | Roue de turbine 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | RB3 | Roulement à bille avant 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | RB4 | Roulement à bille arrière 04 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | BU1 | Bague d'usure 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC1 | JE1 | Joint d'étanchéité 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | | Moteur électrique 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | R02 | Rotor 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | ES2 | Enroulement statorique 02 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|---------------------------------|
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | V02 | Ventilateur 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | RB1 | Roulement à bille avent 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | RB2 | Roulement à bille araire 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | ME2 | C02 | Condensateur de démarrage 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AP2 | | Accouplement 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AP2 | PT1 | Plateau 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AP2 | PT2 | Plateau 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AP2 | G02 | Goupilles 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | AP2 | RE2 | Roue élastique 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | | Pompe centrifuge 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | RT2 | Roue de turbin 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | RB3 | Roulement à bille avent 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | RB4 | Roulement à bille araire 04 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | BU2 | Bague d'usure 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GR | PC2 | JE2 | Joint d'étanchéité 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | | | Groupe hydraulique |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | | Moteur électrique 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | R03 | Rotor 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | ES3 | Enroulement statorique 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | V03 | Ventilateur 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | RB5 | Roulement à bille avent 05 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | RB6 | Roulement à bille araire 06 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | C03 | Condensateur de démarrage 03 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|---|
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | ME3 | AC3 | Accouplement 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | | Pompe volumétrique |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | PE1 | Pinent engrenage ext 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | AR2 | Arbre 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | PE2 | Pinent engrenage ext 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | RB7 | Roulement à bille avant de pinent 1 07 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | RB8 | Roulement à bille arrière de pinent 1 08 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | PV2 | JE3 | Joint d'étanchéité 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | RH1 | | Réservoir d'huile 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | RH1 | C01 | Crépine 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | RH1 | AS1 | Aspirateur 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GH | RH1 | IH1 | Indicateur d'huile 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GF | | | Groupe fusion 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GF | B | | Bobine 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | GF | B | IS1 | Isolont01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | | | Armoire électrique01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | | Partie commande |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | AL1 | Alimentation 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | TR1 | Transformateur 380/24v 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | RE1 | Redresseur 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | ST1 | Stabilisateur 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | DP1 | Disjoncteur de protection 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | REL1 | Relie électromécanique 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | API1 | Automate programmable |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|--------------------------|
| | | | | | | | industrielle 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAC1 | CC1 | Câble de connexion 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | | Partie puissance |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | DM1 | Disjoncteur moteur 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | DM2 | Disjoncteur moteur 02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | DM3 | Disjoncteur moteur 03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | Cp1 | Contacteur 3ph 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | Cp2 | Contacteur 3ph02 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | Cp3 | Contacteur 3ph03 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | RS1 | Relai de sécurité 01 |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | C00 | Condensateur |
| ALT | PR1 | AC1 | FIE | AE1 | PAP1 | D01 | Diode 01 |

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'entreprise ALFAT et le fonctionnement de four avec une étude bien détaillée sur son système de maintenance. Le chapitre suivant va consacrer à la réalisation d'un four automatisé, puis va présenter la réalisation de GMAO en se basant sur l'étude que nous avons présentée dans ce chapitre.

**Chapitre V : Réalisation de
l'automatisation
De four**

V.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons la conception de notre système de maintenance pour les fours induction automatisés. Ce chapitre est composé de deux parties, la première partie c'est la gestion de la maintenance assistée par ordinateur, dans cette partie nous allons présenter la méthode de conception de cette application dédiée au four inductif automatisé de l'entreprise ALFET. La deuxième partie c'est l'automatisation par les systèmes embarqués.

V.2. La conception de GMAO ALFET par UML

Nous, intéressons au principe de fonctionnement de four pour comprendre les risques de la tâche qui font manuelle, pour réaliser un GMAO qui aide les techniciens de bien gérer son maintenance.

La méthode UML nous a permis d'étudier et de modéliser un système de maintenance, nous avons pris l'étude de four de ALFET. Pour utiliser la méthode UML il faut premièrement faire une étude bien détaillée sur l'analyse fonctionnelle du système c'est l'objet de chapitre précédent. Nous avons utilisé la méthode UML pour la conception de notre base de données.

Dans cette partie nous avons utilisé Access et réalisé une application de base de données avec les interfaces homme machine qui fait la gestion de stock de pièce de four et la durée de vie des pièces changeable et mentionne la machine qui perd beaucoup plus de temps d'arrêt pour trouver des solutions qui démunir les pertes et affectent le niveau de production de l'entreprise ALFET.

V.2.1. L'application

Cette application dédiée à l'entreprise ALFET pour faciliter à trouver les machines qui affectent négativement. Cette application est composée de deux parties : La première partie c'est la méthode Pareto (figure V.1) :



Figure V.1 Interface d'application Pareto pour le secteur de production

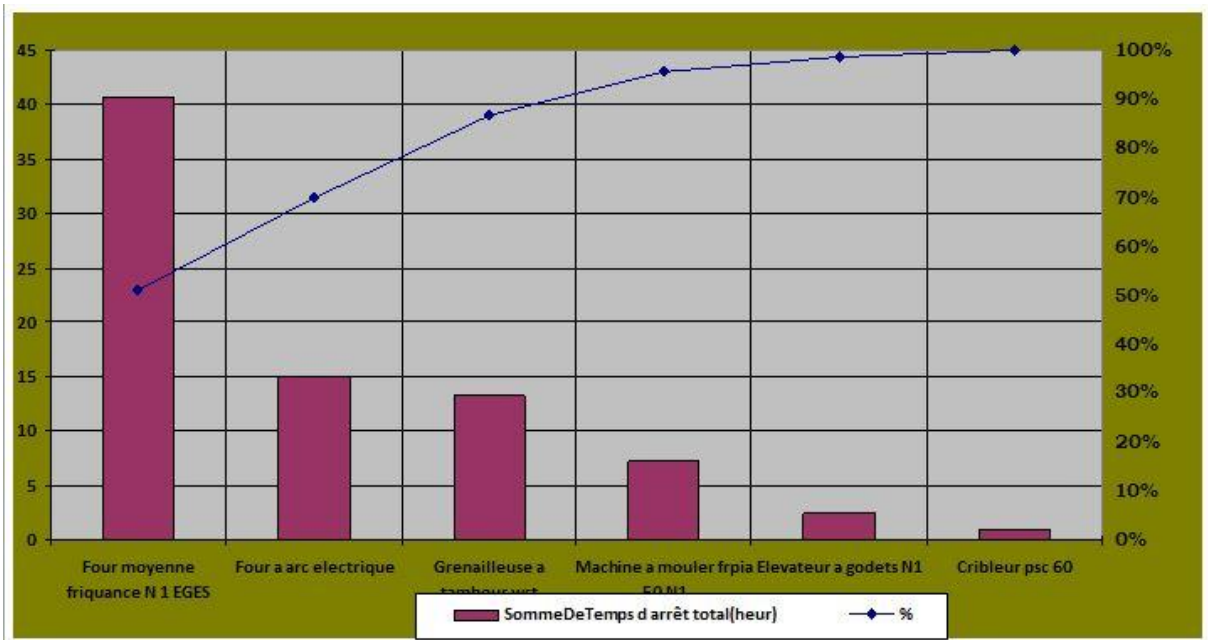


Figure V.2 Résultat d'application de Pareto

La deuxième partie de l'application c'est la gestion de l'arborescence de four et la durée de vie de chaque pièce, voir la figure V.3.

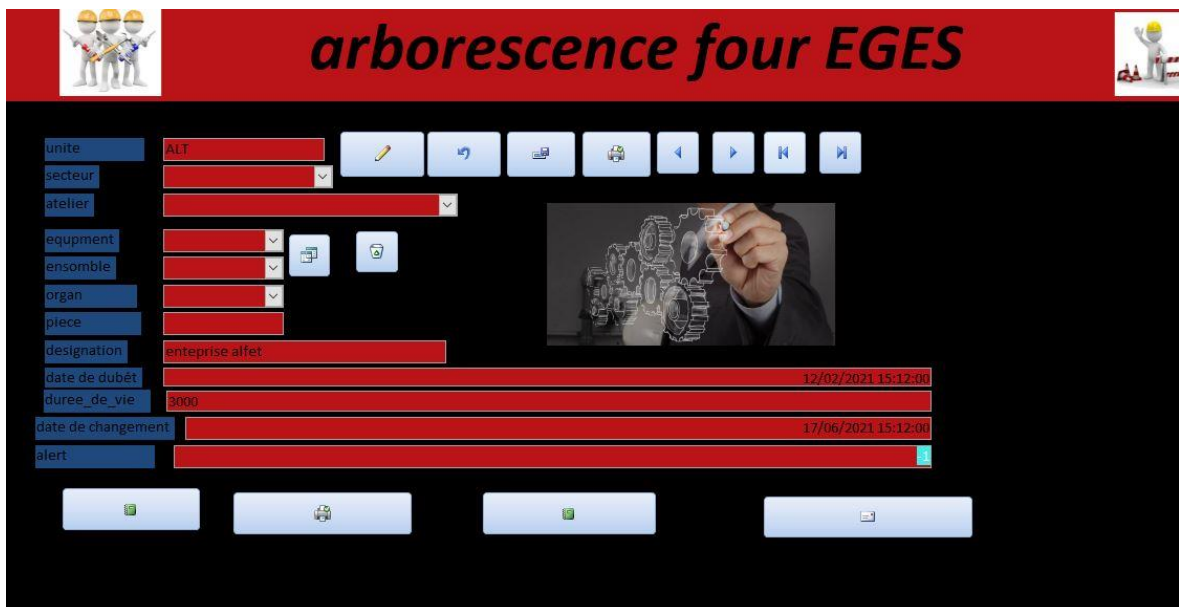


Figure V.3 Deuxième application pour arborescence de four

| arbo Requête1 | | | | | | | |
|---------------|---------|---------|----------|-----------|-------|-------|-------------------|
| unite | secteur | atelier | equipmen | enssemble | organ | piece | designation |
| ALT | | | | | | | entreprise alfet |
| ALT | PRD | | | | | | production |
| ALT | PRD | AC1 | | | | | ACIER |
| ALT | PR1 | AC1 | FIG | | | | FOUR INDUCTIVE II |
| ALT | PRD | AC1 | FIG | GR | | | GROUP DE REFROIE |
| ALT | PRD | AC1 | FIG | GR | ME1 | | MOTEUR ELECTRIQ |
| ALT | PRD | AC1 | FIG | GR | ME1 | R01 | ROTOR 01 |
| ALT | PRD | AC1 | FIG | GR | ME1 | ES1 | ENROULMENT STA |
| ALT | PRD | AC1 | FIG | GR | ME1 | V01 | VONTELEATEUR 01 |

Figure V.4 Tat de sortie de l'application d'arborescence fonctionnelle

V.2.2. Automatisation

La réalisation de l'automatisation par le système embarqué :

V.2.2.1. Partie 1

a)- Matérielle utiliser

Pour réaliser notre objectif, voilà les composants utilisés :

- Arduino nano
- Arduino Uno
- capteur DS18B20 thermomètre numérique
- capteur de niveau d'eaux
- capteur accéléromètre adx335
- moteur d'eau
- courroie
- 2 moteur pas a pas
- afficheur lcd 16*2 I2C
- relai électromécanique 5v
- radiateur
- ventilateur
- bobine en cuivre

Nous proposons ici les caractéristiques de quelques composants tels que :

1-DS18B20 : DS18B20 thermomètre numérique c'est un excellent capture de température, car il est capable de mesurer de -55°C à 125°C degrés et contient une numérique

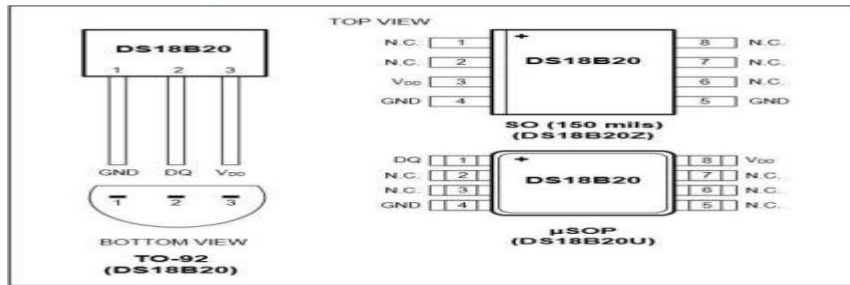


Figure V.5 DS1820

2-Moteur pas à pas 28BYJ-48

Rated voltage : 5VDC
 Number of Phase 4
 Speed Variation Ratio 1/64
 Stride Angle 5.625° /64
 Frequency 100Hz
 DC resistance 50Ω±7 % (25°C)
 Idle In-traction Frequency > 600Hz
 Idle Out-traction Frequency > 1000Hz
 In-traction Torque >34.3mN.m (120Hz)
 Self-positioning Torque >34.3mN.m
 Friction torque 600-1200 gf.cm
 Pull in torque 300 gf.cm
 Insulated resistance >10MΩ (500V)
 Insulated electricity power 600VAC/1mA/1s
 Insulation grade A
 Rise in Temperature <40K (120Hz)
 Noise <35dB (120Hz, No load,10cm)
 Model 28BYJ-48 – 5.

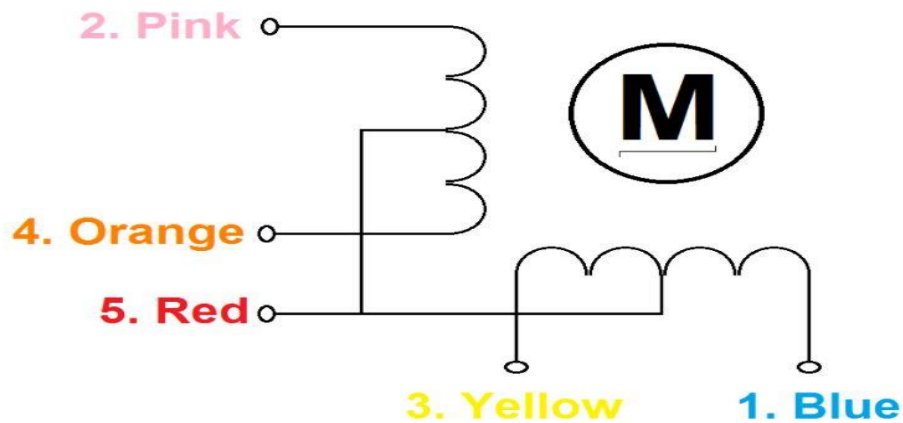


Figure V.6 Step motor 28BYJ 48 5V dc

La figure V.7, montre la façon dont un moteur pas à pas doit être connecté avec l'Arduino avec :

- IN 1 du moteur en sortie 4 de arduino
- IN 2 du moteur en sortie 5 de arduino
- IN 3 du moteur en sortie 7 de arduino
- IN 4 du moteur en sortie 8 de arduino

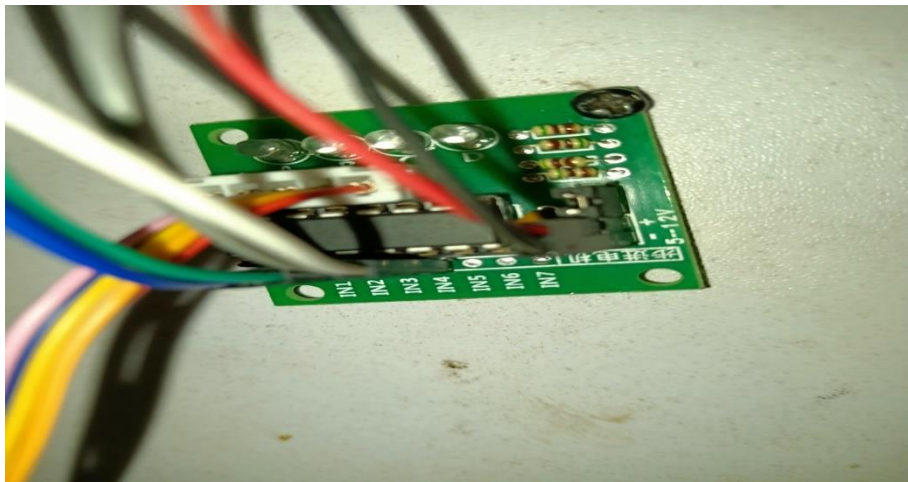


Figure V.7 Couplage moteur 1 avec arduino uno

3-Capteur d'eau ST045

Ce module didactique délivre une tension analogique en fonction du niveau d'eau grâce à ses pistes imprimées. Le capteur délivre "700 ohm" lorsque le niveau est au maximum et "450 ohm" lorsque le niveau est au plus bas. Applications : capteur de pluie, détecteur de fuites, capteur de niveau. Ce module se raccorde sur une entrée analogique d'une carte Arduino ou compatible. Alimentation : 5 Vcc Sorties : Signal, Vcc, Gnd Dimensions : 60 x 21 x 7 mm.



Figure V.8 Capteur d'eau st045

4-Accéléromètre adx335

Tableau V.1 Datasheet adx335 (à refaire comme tableau)

Table 1.

| Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|---|-----------------------------------|------|----------|-------|------------|
| SENSOR INPUT | | | | | |
| Measurement Range | Each axis | ±3 | ±3.6 | | g |
| Nonlinearity | % of full scale | | ±0.3 | | % |
| Package Alignment Error | | | ±1 | | Degrees |
| Interaxis Alignment Error | | | ±0.1 | | Degrees |
| Cross-Axis Sensitivity ¹ | | | ±1 | | % |
| SENSITIVITY (RATIOMETRIC)² | | | | | |
| Sensitivity at X _{OUT} , Y _{OUT} , Z _{OUT} | Each axis V _S = 3 V | 270 | 300 | 330 | mV/g |
| Sensitivity Change Due to Temperature ³ | V _S = 3 V | | ±0.01 | | %/°C |
| ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC) | | | | | |
| 0 g Voltage at X _{OUT} , Y _{OUT} | V _S = 3 V | 1.35 | 1.5 | 1.65 | V |
| 0 g Voltage at Z _{OUT} | V _S = 3 V | 1.2 | 1.5 | 1.8 | V |
| 0 g Offset vs. Temperature | | | ±1 | | mg/°C |
| NOISE PERFORMANCE | | | | | |
| Noise Density X _{OUT} , Y _{OUT} | | | 150 | | µg/√Hz rms |
| Noise Density Z _{OUT} | | | 300 | | µg/√Hz rms |
| FREQUENCY RESPONSE⁴ | | | | | |
| Bandwidth X _{OUT} , Y _{OUT} ⁵ | No external filter | | 1600 | | Hz |
| Bandwidth Z _{OUT} ⁵ | No external filter | | 550 | | Hz |
| R _{FILT} Tolerance | | | 32 ± 15% | | kΩ |
| Sensor Resonant Frequency | | | 5.5 | | kHz |
| SELF-TEST⁶ | | | | | |
| Logic Input Low | | | +0.6 | | V |
| Logic Input High | | | +2.4 | | V |
| ST Actuation Current | | | +60 | | µA |
| Output Change at X _{OUT} | Self-Test 0 to Self-Test 1 | -150 | -325 | -600 | mV |
| Output Change at Y _{OUT} | Self-Test 0 to Self-Test 1 | +150 | +325 | +600 | mV |
| Output Change at Z _{OUT} | Self-Test 0 to Self-Test 1 | +150 | +550 | +1000 | mV |
| OUTPUT AMPLIFIER | | | | | |
| Output Swing Low | No load | | 0.1 | | V |
| Output Swing High | No load | | 2.8 | | V |
| POWER SUPPLY | | | | | |
| Operating Voltage Range | | 1.8 | | 3.6 | V |
| Supply Current | V _S = 3 V | | 350 | | µA |
| Turn-On Time ⁷ | No external filter | | 1 | | ms |

Pour coupler le capteur d'accélération avec l'Arduino, il suffit de connecter :

X avec A4

Y avec A1
Z avec A2
Vcc avec vcc
Gnd avec gnd

5. LCD avec interface I2C

Pour faciliter l'utilisation de l'afficheur afin d'afficher les différentes valeurs, étapes et résultats, nous avons utilisé un LCD type 16X2 avec une interface I2C, le branchement est celui présenté par la figure V.9 avec :

- LCD scl en scl UNO
- LCD sda en sda UNO
- LCD vcc en 5v uno
- LCD gnd en gnd uno

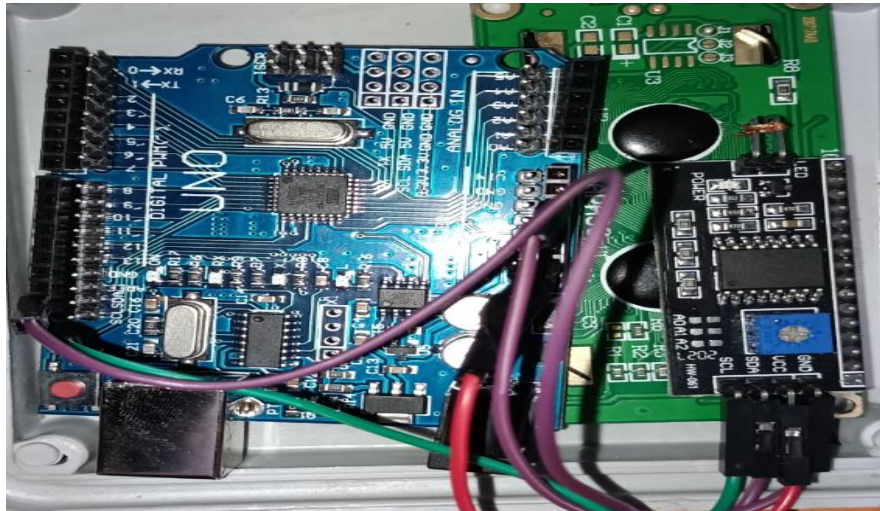


Figure V.9 Emplacement de LCD avec la carte Arduino UNO

V.2.3. Partie software

Dans cette partie, nous présentons le code de programmation contient la différente instruction, commençons tout d'abord par les moteurs pas à pas.

```
//appel de la bibliothèque de moteur pas à pas
#include<Stepper.h>
// Définir les pins des moteurs
Stepper monMoteur2 (nombreDePas, 9, 11,10c,6);
Stepper monMoteur1 (nombreDePas, 5, 8, 7,4) ;
Pour le demerge la boucle while
```

Utilisant le capteur d'accélération, les vibrations avec un seuil d'alarme pour le moteur 1 de refroidissement

Pour la condition suivante, l'accélération entre en valeur numérique :

- Pour l'axe x : $50 < x < 54$
- Pour l'axe y : $48 < y < 56$
- Pour l'axe z : $53 < z < 54$

Le moteur 1 est fonction dans l'état normale dans les normes

Si les vibrations du moteur dépassent les intervalles ci-dessus, ce qu'est signifié qu'il y a un problème dans le moteur de refroidissement alors l'alarme déclenche automatiquement.

Les différentes valeurs et résultats peuvent être visualisés sur l'afficheur LCD comme montré par la figure V.11.

Le code pour exécuter l'affichage est celui-ci :

```
#include <LiquidCrystal_PCF8574.h>  
#include <Wire.h>  
LiquidCrystal_PCF8574 LCD1602(0x27);  
pin Mode(2,OUTPUT);  
pin Mode(3,OUTPUT);  
LCD1602.print(temp);  
#include <OneWire.h> #include <DallasTemperature.h>  
#define ONE_WIRE_BUS 6 définition de bus pour le pin N6 en arduino
```

On termine cette phase de programmation par l'étape de ventilation, pour cela, on place le capteur sur les tuyaux de la sortie de la bobine pour détecter le niveau de température si la température dépasse la valeur 60°C, donc le ventilateur démarre pour refroidir le radiateur.

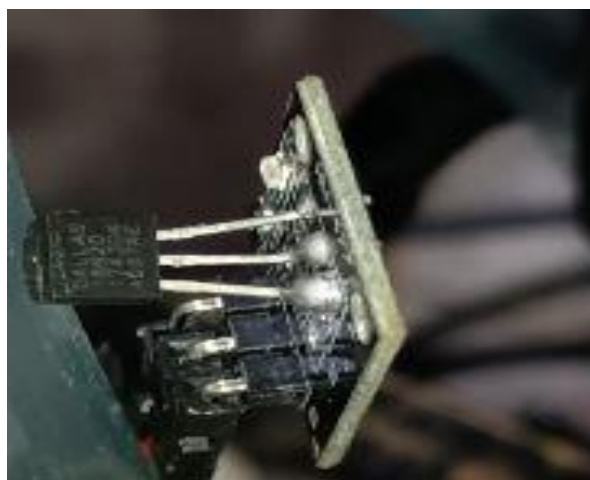


Figure V.10 Capteur de température ds18d2



Figure V.71 Affichage des alertes et des valeurs

Le prototype final ainsi que le processus d'automatisation sont montrés par les figures V.12 à V.15 ci-dessous respectivement.



Figure V.82 Porter automatique de la charge vers le four par la gru



Figure V.93 surveillance de vibration, humidité, température et niveau d'eau



Figure V.14 Pose de l'acier à l'intérieure du four



Figure V.15 Libérer l'acier et retour de la gru

V.3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réalisé un prototype d'un four automatisé pour régler les problèmes de refroidissement qui affectent sur le rendement de four et le fondre ALFET et aussi sur le bon fonctionnement de système. Nous avons utilisé les systèmes embarqués pour contrôler toutes les paramètres de la maintenance systématique et conditionnelle. Nous avons développé une application de GMAO pour informatiser l'outil de maintenance (Pareto) et les taches arborescence de four.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les fours industriels sont des véritables composants pour les entreprises industrielles où l'on peut réchauffer des produits élémentaires c'est à dire la matière première sidérurgiques, pétroliers.... pour les transformer à des produits finis. La maintenance des fours est un élément important pour assurer leurs productions.

Ce travail consiste à étudier le four par induction de l'entreprise ALFAT afin de réaliser un four automatisé d'une part, et d'une autre part la réalisation d'un système de maintenance assisté par ordinateur dédié à l'entreprise ALFET pour contrôler l'état de fonctionnement de ses fours et améliorer sa productivité.

L'automatisation permet à l'entreprise de bien gérer le temps, l'argent, d'éviter les tâches manuelles et répétitives, contrôler l'état de système à distance, pour cela nous avons réalisé un four inductif automatisé. Pour réaliser cette partie nous avons utilisé Arduino nano et uno, capteur DS18B20 thermomètre numérique, capteur de niveau d'eaux, capteur accéléromètre adx335, moteur d'eaux , courroie, deux moteurs pas à pas, l'afficheur LCD16*2 I2C, relai électromécanique 5v , radiateur , ventilateur, bobine en cuivre.

Nous avons développé GMAO pour inclure toutes les informations de la maintenance systématique et conditionnelle. Des informations sur le niveau vibratoire, des informations sur le niveau d'eau, des informations sur humidité de température et l'historique des interventions sur les machines. Ces informations permettant de comprendre et d'analyser puis protéger bien le système industriel de four et aussi cette base de donnée générer automatiquement des rapports en exploitant l'historique des machines dans les années passés.

Nous avons utilisé SGBD Microsoft Access pour l'implémentation de GMAO, et pour l'analyse de l'information vibratoire nous avons utilisé l'Arduino avec les capteurs de vibrations en particulier le capteur de accéléromètre ADXL 335. Pour l'analyse de l'information de niveaux d'eau nous avons utilisé le capteur ST 045, nous avons utilisé le capteur DHT11 pour l'analyse de l'information d'humidité et nous avons utilisé le capteur DS18B20 pour l'analyse de la température.

Avec ce travail de master nous avons enrichi nos connaissances sur plusieurs disciplines comme le domaine de développement des applications informatiques pour la maintenance et le développement des systèmes embarqués pour l'automatisation d'un système industriel.

Ce travail ouvre d'autres perspectives,

- ✓ L'installation de plusieurs capteurs dans différents endroits pour bien analyser le four à distance.
- ✓ La continuation de développement de l'application de GMAO puis l'exploitation sur des entreprises dans la zone industrielle de Tiaret.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Jean-Marie Pierrel. Le Trésor de la Langue Française Informatisé : un dictionnaire de référence accessible à tous. AMOPA, 2006. ffhalshs-00398661f
- [2] Jacubowiez, Fours industriels, www.Techniques Ingénieur, 2009
- [3] www.halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00398661 Submitted on 24 Jun 2009 .com 02/09/2021
- [4] www.britannica.com/science/combustion.com
- [5] www.Jean-Pierre GAUCHÉ, Fours à induction à creuset pour la fusion des métaux ferreux et non ferreux 2014.com
- [6] www.ilocis.org/fr/documents/ilo073.html
- [7]www.techni-contact.com/familles/fours-industriels.html
- [8] BOUBAAYA Hassen et KHAREF Hocine< Caractérisation des paramètres de combustion d'un four industriel :cas de cimenterie de Hammam Dhalaa à M'sila> 13 / 50 THESE Présentée pour l'obtention du grade Master académique , UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA,2017.
- [9] fr.wikipedia.org/wiki/Four de verrier, 01-2021.
- [10]www.tech-contact.com/produit/187-4246590-four-ceramique%20a%20gaz,03-2021.
- [11] RAKOTOMANANAINA Dimby Mahefasoa « Conception et réalisation d'un four de laboratoire » ., titre ingénieur en Génie des Procédés Chimiques et industriels, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme Master ,2015.
- [12] KOERA Rasoloniaina Antoine , « METHODOLOGIE DE CALCUL DES SYSTEMES D'ISOLATION DES FOURS » ; Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Science des Matériaux et Métallurgie ,2007.
- [13] ALLAG AFIFA et AOUIMEUR MERIEM,« ETUDE, CONCEPTION ET REGULATION PAR PI D'UN FOUR A INDUCTION » Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique Option : Commande Electrique . Université Echahid Hamma Lakhdar – EL OUED, Alger.2018.
- [14] ELFATACE ABIR, SIMULATION DE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE DANS UN TUBE AU FOUR DE REVENU ET AMELIORATION DU RENDEMENT DE LA COMBUSTION, MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ENERGETIQUE,

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA,2018.

[15] AHSSENE OULD ALI, Etude et réalisation de l'automatisation d'un four de trempe, , Filière : Génie électrique Spécialité : Automatique et informatique industrielles. Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU,2016.

[16] BOUMAZA Abd Errahmane , ÉTUDE ET RÉALISATION D'UN SYSTÈME DE RÉGULATION DE TEMPÉRATURE, l'obtention du diplôme de : MASTER Département: Electronique, Spécialité: Instrumentation, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA,2019.

[17] [www.Institut supérieur des études technologiques de Nabeul](http://www.Institut.superieur.des.etudes.technologiques.de.Nabeul)< Introduction à la maintenance A.U, 2013 2014>

[18]Livre de fiabilité diagnostic et maintenance predictive des system, ,par patrick lyonnet ,marc thomas rosario 07-2012 p20

[19] livre maintenance industrielle jean-marie auberville isbn 2-7298-2011-6,2011

[20] GHEMARI ZINE, <Modélisation Et Simulation D'un Capteur De Vibration (Accéléromètre)> MEMOIRE De MAGISTER En Electromécanique Option Maintenance Par univ bordji mokhtar,2005/2006

[21]MAHFOUD BRAHIM, MEMOIRE <ANALYSE DE LA FONCTION MAINTENANCE A L'UNITE TSS – SIDER ANNABA> UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE MECANIQUE 2016-2017

[22] [www.Introduction à la maintenance chapitr 5 Institut supérieur des études technologiques de Nabeu](http://www.Introduction.à.la.maintenance.chapitr.5.Institut.superieur.des.etudes.technologiques.de.Nabeu) (ISET Nabeul A.U 2013-2014).com

[23]MOUMENI CHAOUKI <MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE GESTION DES DOCUMENTS AU NIVEAU DES SERVICES DE MAINTENANCE DU MRE

[24] www.digne.cci.fr, France,,com 05/04/2021.

[25] www.ecm-fours-industriels.fr/applications/elaboration-fusion,france.com,28/04/2021.

[26] www.Reix, Système d'information et management des organisations, Vuibert, 4eédition, 2002.com 26/04/2021

[27] fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27information,France,03-2021.

[28] www.commentcamarche.net : La méthode Merise,05-2018.

[29]www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/32/Capteurs1/index.html?

Introduction.html,03,2021.

[30] Livre automatique industrielle en 20 fiches GERARD BOUJAT- PATRICK ANAYA –
juin 2013

[31]Système d'automatisation S7-300, Installation et configuration : CPU 312 IFM - 318-2
DP A5E00203922-01,06-2003.

[32][www.ecm-fours-industriels.fr/applications/elaboration-fusion/#1512977550701-
e5bd910e-e447](http://www.ecm-fours-industriels.fr/applications/elaboration-fusion/#1512977550701-e5bd910e-e447).Com25/05/2021

Annexe : Code Arduino

```
#include <LiquidCrystal_PCF8574.h>
#include <SimpleDHT.h>
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 12
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
LiquidCrystal_PCF8574 LCD1602(0x27);
#include<Stepper.h>
int pinDHT11 = 13;
SimpleDHT11 dht11(pinDHT11);
int nombreDePas = 2048; //nombre de position du moteur
Stepper monMoteur2(nombreDePas,9,11,10,6); //Information du moteur
Stepper monMoteur1(nombreDePas,5,8,7,4); //Information du moteur
int reservoir = 0;
int pin = A3;
void setup() {
  pinMode(2,OUTPUT);
  monMoteur1.setSpeed(15);
  monMoteur2.setSpeed(15);
  LCD1602.begin(16,2);
  LCD1602.setBacklight(255);
  LCD1602.clear();
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.print("PFE MI 07/2021");
  delay(3000);
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.print("rachid mansour");
  delay(3000);
  LCD1602.setCursor(0,1);
  LCD1602.print("bendjazia molay");
```

```
delay(3000);
LCD1602.clear();
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);
}
void loop() {
  int a;
  int b;
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.println("appui pour demarrer");
  delay(3000);
  LCD1602.clear();
  a=digitalRead(2);
  Serial.println(a);
  b=1;
  while (a>=b){
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.println("Chargement");
  delay(3000);
  monMoteur2.step(3*2048);
  LCD1602.clear();
  delay(3000);
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.println("aller au four");
  monMoteur1.step(-25*2048);
  monMoteur1.step(-25*2048);
  delay(3000);
  LCD1602.clear();
  LCD1602.setCursor(0,0);
  LCD1602.println("dechargement");
  monMoteur2.step(-3*2048);
  delay(3000);
  LCD1602.clear();
```

```

LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.println("dechargement terminer");
monMoteur2.step(3*2048);
LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.println("en retour");
monMoteur1.step(25*2048);
monMoteur1.step(25*2048);
monMoteur2.step(-3*2048);
LCD1602.clear();
b=b+1;
}
sensors.requestTemperatures();
float temp = sensors.getTempCByIndex(0);
LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.print(temp);
LCD1602.setCursor(6,0);
LCD1602.print("C");
if(temp>60){ digitalWrite(2,HIGH);
LCD1602.setCursor (0, 0);
LCD1602.print ("temp elve");
delay(1000);
LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.print ("démarrage ventilateur");
delay (3000);}}
else {digital Write(2,LOW);
}
reservoir = analog Read(pin);
if(reservoir<=150){
LCD1602.setCursor(0,1);
LCD1602.print("reservoir vide");
delay(1000);
}
else if (reservoir>150 && reservoir<=300){

```

```

LCD1602.setCursor(0,1);
LCD1602.print(" RESERVIOR faibel");
}
else if (reservoir>300 && reservoir<=480){
  LCD1602.setCursor(0,1);
  LCD1602.print("RESERVIOR ou moyen "); }
else if (reservoir>480){
  LCD1602.setCursor(0,1);
  LCD1602.print( "RESERVIOR plein" ); }
delay(3000);
LCD1602.clear();
byte temperature = 0;
byte humidity = 0;
int err = SimpleDHTErrSuccess;
if ((err = dht11.read(&temperature, &humidity, NULL)) != SimpleDHTErrSuccess) {
  return; }
LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.print((float)temperature); LCD1602.print(" C ");
LCD1602.setCursor(0,1);
LCD1602.print((float)humidity); LCD1602.print(" %H");
if ((float)humidity>80){
  LCD1602.print("danger");
}
delay(3000);
LCD1602.clear();
float sensorValue_x = (((analogRead(A4)*(3.3/1023))-1.65)/0.300)*9.8;
delay(500);
float sensorValue_y = (((analogRead(A1)*(3.3/1023))-1.65)/0.300)*9.8;
delay(500);
float sensorValue_z = (((analogRead(A2)*(3.3/1023))-1.65)/0.300)*9.8;
delay(500);
LCD1602.setCursor(0,0);
LCD1602.print("x");

```



```
LCD1602.print(sensorValue_x);
LCD1602.print("y");
LCD1602.print(sensorValue_y);
LCD1602.setCursor(1,1);
LCD1602.print("z");
LCD1602.print(sensorValue_z);
delay(3000);

if (sensorValue_x<50 && sensorValue_x<54 || sensorValue_y<48&& sensorValue_y<56||
sensorValue_z<51&& sensorValue_z<54)
{LCD1602.clear();
LCD1602.print("probleme moteur1");}
delay(3000);
LCD1602.clear();
}
```


الملخص

الأفران الصناعية هي اجهزة اساسية للشركات الصناعية حيث يتم اذابة المنتجات الأساسية، أي المواد الخام مثل الفولاذية، لتجهيزها الى المنتجات النهائية. ان صيانة الأفران عنصر هام لضمان إنتاجها. والهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة فرن حثي لشركة ALFAT من أجل إنتاج نموذج أولي ألي لهذا الفرن من جهة، ومن ناحية أخرى، إنشاء نظام صيانة حاسوبي مخصص للشركة ALFET والسيطرة على حالة عمل أفران الشركة وتحسين إنتاجيتها.

الكلمات المفتاحية: الأفران الصناعية ، الألية ، طريقة Pareto ، GMAO ، الأنظمة المدمجة

Résumé

Les fours industriels sont des véritables composants pour les entreprises industrielles où l'on peut réchauffer des produits élémentaires c'est à dire la matière première sidérurgiques,... pour la transformé à des produits finis. La maintenance des fours est un élément important pour assurer leurs productions. L'objectif de ce travail de master est l'étude d'un four par induction de l'entreprise ALFAT afin de réaliser un prototype d'automatisation de ce four d'une part, et d'autre part la réalisation d'un système de maintenance assiste par ordinateur dédié à l'entreprise ALFET pour contrôler l'état de fonctionnement de ses fours et améliorer sa productivité.

Mots clés : Fours industriels, Automatisation, Méthode de Pareto, GMAO, Les systèmes embarqués

Abstract

Industrial furnaces are important components for industrial companies where you can heat basic products, that is to say, steel raw material, to process to finished products. The maintenance of furnaces is an important element to ensure their production. The objective of this master's work is the study of an induction furnace by the ALFAT company in order to produce a prototype for the automation of this furnace on the one hand, and on the other hand the realization of a computer-based maintenance system dedicated to the company ALFET to control the working state of its furnaces and improve its productivity.

Keywords: industrial furnaces, automation, pareto method, GMAO, embedded systems