



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option Réseaux Electrique

Réf:.....

**Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:**

**MASTER**

*Thème*

**Conception d'un poste à  
Souder à arc électrique**

Présenté par :

**BEN HOURIA ABDELKARIM**

Soutenu le : 05 JUIN 2017

Devant le jury composé de :

Mr GUEDIDI SALIM

M.C.B

Président

Mr ROUINA ABDELHAFID

M.C.A

Encadreur

Mr MAHDAD-BELKACEM

M.C.A

Examineur

**Année universitaire : 2016 / 2017**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux Electrique

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

***Thème***

Conception d'un poste à  
Souder à arc électrique

**Présenté par :**

**BEN HOURIA ABDELKARIM**

**Avis favorable de l'encadreur :**

**ROUINA ABDELHAFID**

**Avis favorable du Président du Jury**

**GUEDIDI SALIM**

**Cachet et signature**



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux Electrique

## *Thème :*

# Conception d'un poste à Souder à arc électrique

**Présenté par : BEN HOURIA ABDELKARIM**

**Dirigé par : ROUINA ABDELHAFID**

### **RESUMES (Français et Arabe)**

#### **Rrésumés**

Dans cette étude présenté dans cette thèse de projet de fin d'études, nous présentons une application des transformateur électrique parmi plusieurs utilisations qui est le soudage par arc électrique, le calcule de différentes paramètres a été effectuer pour la conception du poste a soudé a arc.

**Les mots clés:** transformateur électrique, le soudage par arc électrique.

#### **ملخص**

في هذه الدراسة الخاصة بمشروع التخرج قمنا بتوضيح احد استعمالات المحول الكهربائي والذي يتمثل في جهاز اللحام بالقوس وقد قمنا بشرح كيفية صنع لحام بالقوس مع ذكر انواع والطرق الخاصة باللحام وتفسير عملها.

**الكلمات المفتاحية:** المحول الكهربائي , اللحام بالقوس

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie,  
Le symbole de tendresse, qui ont sacrifié pour mon  
bonheur et ma réussite, À mes chers parents, Mon père*

*Ahmed et ma mère safia*

*Que Dieu les garde et les protège.*

*L'encadreur : **Rouina Abdelhafid***

*Tous mes chers amis*

*Nedjmeddine, Mohamed, Salah, Adem, Said, Meki.*

*A tous ceux qui me sont chères.*

*Je dédie ce travail.*

*▪ **Ben Houria Abdelkarim***

## Remerciements

*Nos remerciements vont premièrement à **ALLAH** tout puissant pour la volonté la santé et la patience qu'il nous a données durant toutes ces années d'étude.*

*Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué à l'université de Biskra. Je remercie tout particulièrement mon encadreur, **ROUINA ABDELHAFID** Je lui suis extrêmement reconnaissant pour sa confiance, sa disponibilité, sa patience, son écoute attentive dans les inévitables périodes de doutes et aussi pour ses qualités humaines. Cette collaboration fut un réel plaisir et l'occasion pour moi d'apprendre énormément de choses. Je voudrais aussi remercier les membres du jury qui ont accepté et m'ont fait l'honneur de bien vouloir juger ce travail. Je les remercie pour la lecture attentive de ce manuscrit et l'intérêt qu'ils y ont porté:*

*Je remercie chaleureusement. **GUEDIDI SALIM** enseignant à l'université de Biskra, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant la présidence de ce jury de soutenance.*

*Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur **MAHDAD-BELKACEM** enseignant à l'université de Biskra pour, avoir accepté de juger mon travail, Mes remerciements vont à mes collègues pour leur soutien à mon travail, leurs encouragements et leur sympathie. Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Génie Electrique.*

**Mercie a tous.**

## LISTE DES TABLEUX

### CHAPITRE III : FABRICATION DE POSTE SOUDE A L'ARC

TABLEAU (III.1) DES DIAMETRES D'ELECTRODE ET DE L'INTENSITE EN FONCTION DE L'EPAISSEUR DU METAL A SOUDE.....	43
TABLEAUX. (III.2) : LANGUEUR DE LA FILE DE CUIVRE EN METRE.....	46
TABLEAU. (III.3) : NOMBRE DE SPIRE POUR CHAQUE COUCHE (PRATIQUE).....	47
TABLEAU. (III.4) : ESSAI EN CHARGE ET A VIDE (AVEC 397 SPIRES).....	54
TABLEAU. (III.5) : ESSAI EN CHARGE ET A VIDE (AVEC 300 SPIRES).....	55
TABLEAU. (III.6) : ESSAI EN CHARGE ET A VIDE (AVEC 53 SPIRES).....	55
TABLEAU. (III.7) : ESSAI EN CHARGE ET A VIDE (AVEC 200 SPIRES).....	56

**LISTE DE FIGURE****CHAPITRE I : GENERALITE SUR LE SOUDAGE**

Fig. (I.1) : Principe de soudage par pression .....	5
Fig. (I.2) : Principe de soudage à l'arc électrique .....	7
Fig. (I.3) : L'électrode enrobée .....	8
Fig. (I.4) : Electrodes de soudage .....	10
Fig. (I.5) : Principe de soudage TIG.....	11
Fig. (I.6) : Les différentes zones d'un assemblage soudé .....	13
Fig. (I.7) : Principe de soudage manuel.....	15
Fig. (I.8) : Soudage des pipelines (type manuel).....	16
Fig. (I.9) : Soudage des pipelines type automatique .....	17

**CHAPITRE II : TRANSFORMATEURS ELECTRIQUES**

Fig. (II.1) : Différents types des transformateurs .....	20
Fig. (II.2) : Auto transformateur .....	21
Fig. (II.3) : transformateur variable.....	22
Fig. (II.4) : transformateur d'isolement.....	22
Fig. (II.5) : fonction du transformateur .....	24
Fig. (II.6) : Circuit magnétique en monophasé .....	25
Fig. (II.7) : symbole du transformateur .....	26
Fig. (II.8) : symbole du transformateur .....	26
Fig. (II.9) : symbole du transformateur parfait.....	27
Fig. (II.10) : Diagramme de Fresnel.....	28

Fig. (II.11) : circuit e équivalent de transformateur .....	30
Fig. (II.12) : Schéma équivalent vu du primaire .....	30
Fig. (II.13) : Schéma équivalent vu du secondaire .....	30
Fig. (II.14) : Modelé sans saturation .....	32
Fig. (II.15) : courbe de Les phénomènes de saturation et d'hystérésis .....	32
Fig. (II.16) : Modèle avec pertes fer, sans saturation .....	33
Fig. (II.17) : Modelé avec saturation .....	34
Fig. (II.18) : le transformateur à vide .....	35
Fig. (II.19) : le transformateur court-circuit .....	36
Fig. (II.20): circuit équivalent de la transformation réel .....	37
Fig. (II.21) : Circuit équivalent simplifié du transformateur .....	37

### **CHAOITRE III : FABRICATION DE POSTE SOUDE A L'ARC**

Fig. (III.1) : Transformateur de poste à soude.....	39
Fig. (III.2): Bobinage primaire endommagé (gauche) et secondaire saint (droit).....	40
Fig. (III.3) : Démantèlement de la bobine primaire41	
Fig. (III.4) : Tôles magnétiques utilisées dans la fabrication du circuit magnétique .....	42.
Fig. (III.5) : La file de bobinage .....	45
Fig. (III.6) : Les éléments de fabrication le bobinage (papier kraft et goulotte).....	45
Fig. (III.7) : Support pour bobinage .....	45
Fig. (III.8) : dimensionnement le circuit magnétique.....	46
Fig. (III.10) : bobinage primaire neveux .....	47
Fig. (III.11) : bobinage primaire place dans le circuit magnétique .....	48
Fig. (III.12) : le lame et comment fermeture le circuit magnétique .....	49
Fig. (III.13) : le circuit magnétique avec les deux bobines placé.....	50
Fig. (III.14) Carcasse de notre poste a soudage.....	50
Fig. (III.15) : Porte-électrode isolé. Et prise de masse .....	51
Fig. (III.16) : câble de porte électrode (1) et de prise de masse (2) et alimentation(3).....	51
Fig. (III.17) : outils de protection et refroidissement (disjoncteur, ventilateur).....	52
Fig. (III.18) : protection individuelle.....	53
Fig. (III.19) : le poste soudage et termine .....	54
Fig. (III.20) : test de soudage .....	55



## Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

### CHAPITRE I: GENERALITE SUR SOUDAGE

I.1 Introduction.....	2
I.2 Généralité sur le soudage .....	2
I.2.1 Historique sur le soudage.....	2
I.2.2 Le soudage de nos jours.....	3
I.2.3 Définition du soudage.....	4
I.2.4 Procédés de soudage .....	4
I.2.5 Soudage par pression. ....	5
I.2.6 Soudage par fusion .....	6
I.2.7 Soudage à l'arc électrique.....	6
I.2.7.1 Généralités sur l'arc de soudage.....	6
I.2.7.2 Principe de soudage à l'arc électrique .....	6
I.2.7.3 Le soudage avec électrodes enrobées.....	8
I.2.7.3.1 Principe du procédé.....	8
I.2.7.3.2 Les électrodes.....	9
I.2.7.3.3 Protection de métal en fusion.....	9
I.2.7.3.4 Apport d'élément.....	9
I.2.7.3.5 Types d'électrodes.....	9
I.2.8 Soudage à l'arc sous gaz de protection procédé TIG.....	10
I.2.8.1 Principe et œuvre du procédé.....	10
I.2.8.2 Les gaz de protection en TIG.....	11
I.2.9 La composition des fils dépend .....	11
I.2.10 Soudage des aciers à faible teneur en carbone .....	12
I.2.10.1 Introduction.....	12

I.2.10.2 Les différentes zones d'un assemblage soudé.....	12
I.2.10.2.1 Le métal de base .....	12
I.2-10-2-2 La zone fondue.....	12
I.2.10.2.3 La zone thermiquement affectue (Z.A.T).....	12
I.2.10.2.4 Zone de liaison.....	13
I.2.11 Soudage des pipelines.....	13
I.2.11.1 Introduction.....	13
I.2.11.2 Le soudage des pipelines.....	14
I.2.11.3 Procédé à l'arc électrique à l'électrode enrobée.....	14
I.2.11.3.1 Soudage manuel.....	14
I.2.11.3.2 Soudage automatique .....	16
I.2.11.3.2.1 Introduction .....	16
I.2.12 Avantage.....	17
I.2.13 Facteurs influençant dans le choix d'un procédé de soudage.....	18
I.2.14 Effet des paramètres de soudage.....	18
I.3. Conclusion.....	18

## CHAPITRE II : TRANSFORMATEURS ELECTRIQUES

II.1 Introduction.....	19
II.1.2 Définition.....	19
II.1.3 Historique de transformateur.....	19
II.2 Les différents types de transformateur.....	21
II.2.1 Auto transformateur.....	21
II.2.2 Transformateur variable.....	22
II.2.3 Transformateur d'isolement.....	22
II.2.4 Transformateur d'impédance.....	23
II.2.5 Transformateur d'intensité.....	23
II.2.6 Transformateur de tension.....	23
II.2.7 Transformateur pour four à arc.....	24
II.3 fonction du transformateur.....	24
II.4. Présentation du transformateur.....	25
II.4.1 Description et symbole.....	25
II.4.2 Conventions.....	26
II.4.2.1 Primaire.....	26
II.4.2.2 Secondaire.....	26
II.4.2.3 Bornes homologues.....	26
II.5. Principe de fonctionnement.....	27
II.5.1 Loi de faraday.....	27
II.6. modèle équivalent du transformateur parfait.....	27
II.6.1 Hypothèse.....	27
II.7. Relations du transformateur parfait.....	27
II.7.1 Relations entre les tensions.....	27
II.7.2 Relations entre les intensités des courants primaire et secondaire.....	28
II.7.2.1 Diagramme de Fresnel.....	28

II.7.2.2 Formule de Boucherot.....	29
II.7.3 Relations entre les puissances.....	29
II.7.4 Modèle équivalent.....	30
II.7.4.1 « Vu » du primaire.....	30
II.7.4.2 Vu du secondaire.....	30
II.8 Le transformateur réel.....	31
II.8.1 Plaque signalétique .....	31
II.9 Analyse des pertes du transformateur.....	31
II.9.1 Pertes par effet Joule.....	31
II.9.2 Pertes magnétiques.....	32
II.9.2.1 Schématisation des pertes magnétiques.....	33
II.9.2.2 Les fuites magnétiques.....	33
II.10 Modèle équivalent du transformateur réel.....	34
II.10.1 Linéarisation du circuit magnétique.....	34
II.10.2 Chute de tension secondaire en charge.....	34
II.11 Bilan des puissances.....	34
II.11.1 Rendement du transformateur.....	34
II.11.2 Détermination des pertes fer.....	35
II.11.3 Détermination des pertes Joule.....	35
II.12 Modèle équivalent du transformateur réel.....	36
II.12.1 Transformateur en fonctionnement au voisinage du régime nominal.....	36
II.12.2 M.E.T. pour la charge.....	37
II.12.3 Détermination expérimentale de $R_s$ et $X_s$ .....	37
II.13 Conclusion .....	38

## CHAPITRE III : FABRICATION DE POSTE SOUDE A L'ARC

III.1 Introduction.....	39
III.2 Le circuit magnétique.....	39
III.3 Calcule des transformateurs.....	42
III.3.1 La section d'un noyau.....	42
III.3.2 Calcule du nombre de spires de la bobine primaire.....	42
III.3.3 Calcule des courants dans les enroulements.....	43
III.3.4. Calcule du nombre de spires à du circuit secondaire.....	43
III.3.5. Calcule et choix de la section du diamètre du fil de l'enroulement.....	44
III.3.5.1 Pour le circuit primaire.....	44
III.4 La méthode de faire le bobinage primaire.....	45
III.4.1 Les éléments de fabrication le gabaria de bobinage.....	45
III.4.2 Les donné de bobinage.....	46
III.4.3 Calcule de nombre de spire par couche.....	46
III.4.4 Calcule le nombre de couches.....	46
III.4.5 Calcule de l'épaisseur de la bobine primaire $E_1$ .....	46
III.4.6 Calcule de la longueur de la file de cuivre en mètre .....	47
III.5 Remontage des tôles.....	49
III.6 Construction de la carcasse du poste .....	50
III.7 Les éléments que utilisés pour le soudage par poste d'arc.....	51
III.8 Systèmes des protections.....	52
III.9 Equipment de protection individually.....	53
III.10 Teste pour le poste de soudure .....	55
III.11. Résultats du teste de transformateur .....	55
III.12 Conclusion.....	57

Conclusion générale.....58







## INTRODUCTION GENERALE

Le terme transformateur peut en toute rigueur s'appliquer à n'importe quelle machine électrique qui fournirait un certain courant électrique en consommant un autre courant.

Le transformateur est un composant important dans la vie et qu'est nécessaire dans les différents domaines électriques. Il est très utilisé dans les domaines électriques. Rappelons quelques-unes des utilisations le soudage

Parmi les procédés d'assemblages, le soudage occupe une place importante dans toutes les branches d'industrie et du bâtiment, car il permet d'adapter au mieux les formes de construction aux contraintes qu'elles sont appelées à supporter en service.

Le soudage est une opération qui consiste à réunir deux ou plusieurs parties constitutives d'un assemblage, de manière à assurer la continuité entre les parties à assembler, soit par chauffage, soit par intervention de pression, soit par l'un et l'autre, avec ou sans métal d'apport dont la température de fusion est de même ordre de grandeur que celle du matériau de base.

Le but de ce mémoire de master est d'étudier la fabrication et réparation d'un poste à arc plutôt transformateur. Le manuscrit est composé de trois chapitres.

Le premier chapitre est une introduction au soudage, représentant un historique, des définitions, principe et type de soudage.

Le deuxième chapitre est une introduction pour les transformateurs électriques voire le principe de fonctionnement et leurs différents domaines d'application. Ainsi le chapitre introduit le calcul des transformateurs.

Le dernier chapitre est le cœur de notre travail, il représente les différentes phases de la construction d'un poste à arc électrique de puissance 6.4 KVA sous tension de 220 volts.

Le mémoire se termine par une conclusion générale et des propositions pour des futurs travaux.

## I.1 Introduction

Le soudage est l'un des moyens d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler.

Dans le cas des métaux, cette continuité est réalisée à l'échelle de l'édifice atomique. En dehors du cas idéal où les forces inter atomiques et la diffusion assurent lentement le soudage des pièces métalliques mises entièrement en contact suivant des surfaces parfaitement compatibles et exemptes de toute pollution, il est nécessaire de faire intervenir une énergie d'activation pour réaliser rapidement la continuité recherchée. Bernandos (1887) puis Kjellberg (1914) ont été les premiers à utiliser le pouvoir de fusion d'un arc électrique en vue de réaliser la soudure des métaux. Le soudage d'acier est le procédé plus largement utilisé dans l'industrie en raison de son efficacité et son faible coût de revient lors de ses usage.

## I.2 Généralité sur le soudage

### I.2.1 Historique sur le soudage [1]

Les origines du soudage moderne datent de la fin du 19ème siècle et du début de 20ème Siècle.

A cette époque s'invente :

- Le soudage par aluminothermie (procédé chimique) : **Goldsmith**, Allemagne.
- Le soudage avec électrode de charbonne : **Bernardo** et **Olszewski**, Russie.
- Le soudage avec électrode fusible flue : **Slavian**, RUSSIE.
- Le soudage avec électrode enrobée **Keller**, Suède.
- Le soudage par résistance **Thompson**, USA.
- Le soudage au gaz (chalumeau) : **Picard**, France.

Le développement des procédés du soudage est devenu de plus en plus rapide avec l'invention du soudage avec les électrodes enrobées et le soudage au chalumeau oxyacétylénique, ce dernier a rendu possible la réalisation des premier œuvres importants comme les bateaux, les ponts le bâtiment et les chaudières (surtout au USA et en Angleterre).

L'introduction massive du soudage par résistance joua le rôle décisif dans le développement rapide de l'industrie automobile et parmi les nouveaux procédés nous pouvons nommer :

- Le soudage avec électrode de tungstène : 1924 à l'USA.
- Les soudages sous flux en 1935 à l'USA
- Le soudage vertical sous laitier en 1950 en URSS
- Le soudage sous la protection gazeuse de 1950 à 1960
- Le soudage avec fils fourre de 1950 à 1960
- Le soudage explosion de 1950 à 1960
- Le soudage par bombardement électronique en 1956 en France
- Le soudage au laser en 1965

### I.2.2 Le soudage de nos jours

Il peut être estimé aujourd'hui que (60 à 80) % de la production mondiale de l'acier sont destinés à la fabrication des produits soudés.

A noter que le soudage est particulièrement utilisé dans les domaines de la fabrication des assemblages métallique à partir de la microélectronique jusqu'à la fabrication de grands corps de presses hydraulique.

Actuellement nous avons la possibilité de soudé des éléments d'épaisseur de 0.01mm Jusqu'à 1000 mm et même plus en bref, on soude presque tous les métaux et alliages utilisés dans les techniques modernes.

Les procédés de soudage appelés soudage de rechargement existent aussi et sont largement utilisés pour la remise en état de pièces et assemblage usés ou endommagés.

Le développement actuel des procédés de soudage est axé vers le perfectionnement des techniques d'utilisation (procédures, métallurgie, et équipement), vers l'introduction des robots industriels et de la programmation, vers l'application des nouvelles sources d'énergie telle que le LASER. [1]

### I.2.3 Définition du soudage

Nous appelons soudage l'opération qui permet d'obtenir des assemblages en mettant à profit l'aptitude à la liaison des atomes des pièces à souder nous utilisons à cette fin l'échauffement localisé ou global de ces pièces. Le soudage s'applique aussi bien aux métaux qu'aux matériaux non métalliques (matières plastiques, verre, caoutchouc, etc.).

À l'état solide, tous les métaux sont des corps à structure cristalline la disposition des atomes dans les corps à structure amorphe verre, (résines, etc.) est chaotique.

Pour obtenir une seule pièce à partir de l'élément souder, il faut rapprocher leurs particules élémentaires (ions, atomes) jusqu'à ce que nous observons s'établir entre elles des liaisons inter atomiques, cela s'obtient par un échauffement localisé ou globale, par une déformation plastique ou bien par l'action simultanée de ces deux facteurs. [2]

À ce stade, il est important de signaler que les propriétés du matériau sont en fonction de leurs structures internes, c'est-à-dire de sa structure atomique.

### I.2.4 Procédés de soudage [2]

La classification des procédés de soudage se fait en considérant certaines caractéristiques telles que :

Le type d'énergie mise en œuvre ;

- Les paramètres physiques (température, pression, milieu extérieur) ;
- Le mode d'élaboration de la continuité de la matière (solidification depuis le liquide ou diffusion depuis le solide)
- La morphologie de la liaison qu'ils permettent de réaliser

Procédés de soudage de pièces métalliques

- Soudage à la flamme.
- Soudage aluminothermique.
- Soudage électrique par résistance.
- Soudage à l'arc électrique avec électrodes enrobées.
- Soudage à l'arc avec électrodes non fusibles.
- Soudage à l'arc avec fil électrodes fusibles ou soudage semi-automatique.

- Soudage orbital.
- Soudage laser.
- Soudage plasma.
- Soudage par faisceau d'électrons.
- Soudage par friction.
- Soudage par friction malaxage ou soudage thixotropique.
- Soudage à l'arc sous flux.
- Soudage hybride.
- Soudage électro gaz.
- Soudage par diffusion.
- Soudage par explosion.
- Soudage par impulsion magnétique.

D'une manière très globale on classe les procédés de soudage des aciers sous deux importantes catégories :

### I.2.5 Soudage par pression

Le soudage par pression (Fig. I.1.), regroupe tous les procédés de soudage dans lesquels on obtient une soudure en général sans métal d'apport, par application d'une pression suffisante. Pour obtenir une déformation plastique des zones à souder, un chauffage localisé permet la liaison atomique de la zone de soudage. [2]

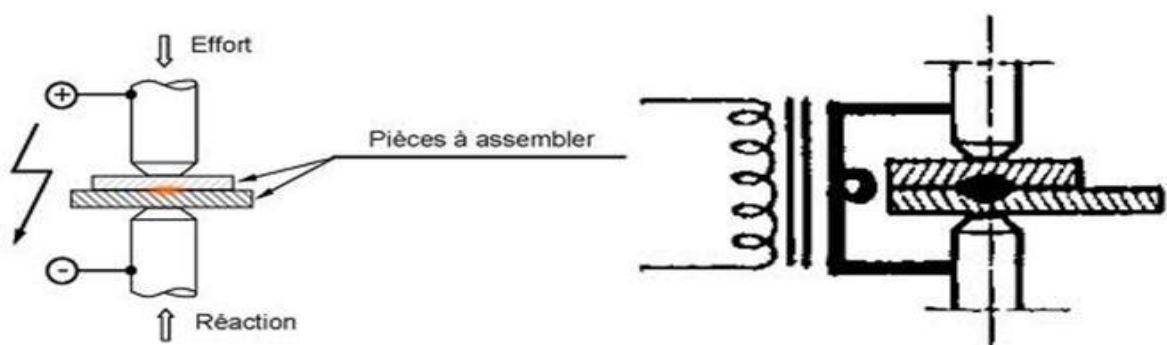


Fig. (I.1) : Principe de soudage par pression.

### I.2.6 Soudage par fusion [2]

Dans cette classe l'assemblage se fait par la fusion locale du métal. Cette fusion est assurée par les différents types d'énergie électriques ou chimique.

Les principaux procédés contenus dans cette catégorie sont :

- Soudage à l'arc électrique
- Soudage à l'arc sous gaz de protection
- Soudage par jet de plasma
- Soudage sous flux.

### I.2.7 Soudage à l'arc électrique

#### I.2.7.1 Généralités sur l'arc de soudage

On appelle arc de soudage une décharge électrique de longue durée qui se produit dans un mélange de gaz et de vapeurs ionisé entre deux électrodes et qui est caractérisée par une densité de courant élevée et par une faible différence de potentiel. Par une décharge électrique on entend le passage du courant électrique à travers un milieu gazeux. Il ya plusieurs formes ou types de décharges électrique : en arc, à lueur, par étincelles, décharge orageuse (éclaire) et autre elles par leurs durée, tension, intensité de courant et autres paramètres [2].

#### I.2.7.2 Principe de soudage à l'arc électrique : [2]

C'est un procédé de soudure par fusion où la chaleur est produite par un arc électrique, formé entre le métal de base et l'électrode, ou entre deux ou plusieurs électrodes. Le contact puis le léger éloignement de l'électrode par rapport aux pièces provoque l'arc électrique. Electrode est constituée d'un métal dont les caractéristiques mécaniques, chimiques et physiques sont très proches du métal des deux pièces à souder (Fig. I.2)

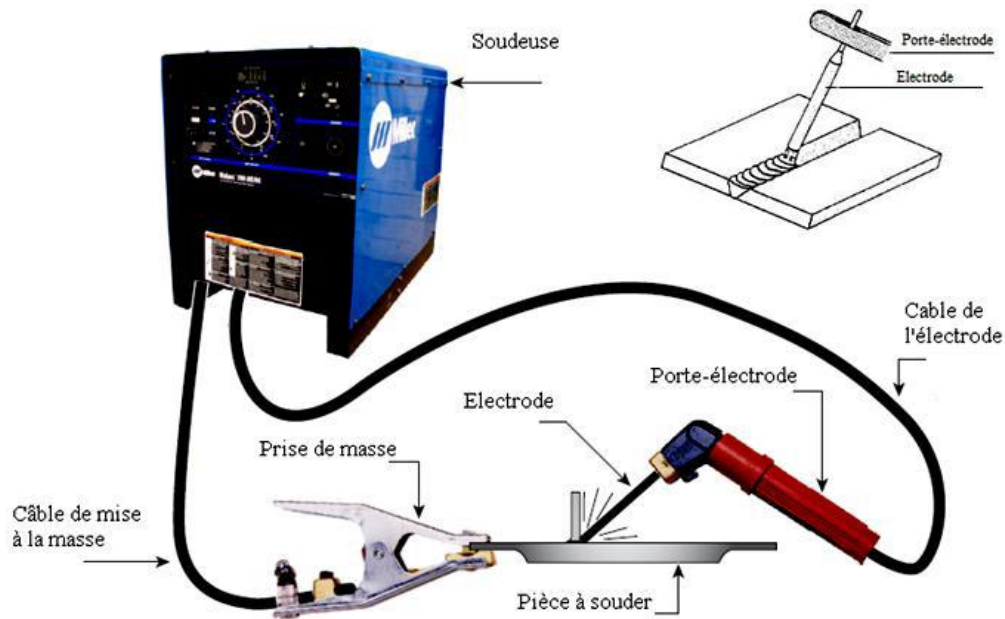


Fig. (I.2) : Principe de soudage à l'arc électrique.

L'effet thermique provoque la fusion aussi bien de l'électrode que du métal de base, pour amorcer un arc il faut que le courant parcourt un circuit fermé d'une part la pièce et de l'autre l'électrode.

L'arc électrique est la source de chaleur à base de nombreux procédés de soudage, les raisons primordiales de se choisir sont :

- Les effets thermiques aux électrodes : l'arc de soudage est à l'arc court entre une électrode formant ainsi l'outil, et les pièces à souder portées localement à la température de fusion
- Les phénomènes de transport de matière qui s'instaurent naturellement et simultanément de l'électrode, lorsqu'elle est fusible, formant un dépôt se diluant avec les bords à souder pour constituer après refroidissement la liaison métallique recherchée. Il est à noter que pour le cas des électrodes réfractaires il n'y a pas de transfert entre l'électrode et la pièce.

Les procédés de soudage qui utilisent l'arc électrique comme source de fusion sont :

- Le soudage avec électrode enrobées

- Le soudage avec électrode réfractaire TIG
- Le soudage semi-automatique sous protection gazeuse : MIG ou MAG
- Le soudage automatique sous flux

### I.2.7.3 Le soudage avec électrodes enrobées

#### I.2.7.3.1 Principe du procédé

Un arc électrique établi entre une électrode et les bords des pièces à assembler, provoque leur fusion et crée un bain de métal liquide reçoit les gouttes de métal de l'électrode (Fig. I.3) L'arc résulte du passage d'un courant électrique intense à travers une atmosphère de gaz ou de vapeur, normalement non-conductrice. Les électrons circulent de la cathode (pôle négatif) vers l'anode (pôle positif) que constituent l'extrémité de l'électrode et l'impact de l'arc sur la pièce : la polarité est choisie ionisée ne représente qu'une faible part d'énergie calorifique mais irradie surtout des rayonnements électromagnétique (lumière visible, ultra violettes, ...).

La tâche anodique et surtout la tâche cathodique, où se présentent les ions positifs, fournissent ensemble l'essentiel de la chaleur. La tâche anodique, bombardée par les électrons est par contre à une température plus haute (3500°C) que celle de la tâche cathodique (2400°C).

Cette situation est permanente en courant continu ; elle s'inverse à chaque alternance en courant alternatif. Le réamorçage s'obtient dans la mesure où l'anode, devenue cathode, reste suffisamment chaude pour devenir émettrice. [2]

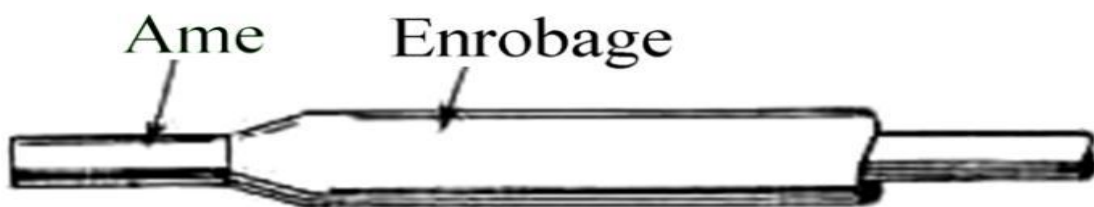


Fig. (I.3) : L'électrode enrobée



### I.2.7.3.2 Les électrodes : [2]

Les électrodes de soudages sont constituées par :

- Une âme métallique dont le rôle est de conduire le courant est dont la fusion forme le métal déposé.
- Un enrobage concentrique à l'âme dont la composition permet de remplir plusieurs rôles :
  - Stabilité électrique de l'arc
  - Protection du métal en fusion
  - Apport d'éléments dans le métal déposé

### I.2.7.3.3 Protection de métal en fusion :

L'atmosphère créée lors de la fusion de l'enrobage isole le métal liquide de l'oxygène et de l'azote de l'air. Chaque goutte de métal est entourée d'une protection de laitier qui viendra ensuite surnager sur le bain de fusion en format aussi le départ des gaz occlus. [2]

### I.2.7.3.4 Apport d'élément

Au cours de la fusion, certains constituants plus volatils ont tendance à disparaître, comme le manganèse, l'enrobage compense alors ces pertes. De surcroît, l'enrobage fournit des constituants nouveaux (molybdène, nickel...). Le laitier modifie également la tension superficielle du métal liquide, donnant au cordon une forme plus ou moins concave. [2]

### I.2.7.3.5 Types d'électrodes : [2]

Les électrodes se définissent par le diamètre de l'âme et la nature chimique de l'enrobage. Les diamètres normalisés sont : (1,25-1,6-3,15-4-5-6)mm

Les enrobages les plus utilisés sont :

- L'enrobage cellulosique
- L'enrobage basique
- L'enrobage rutile



Fig. (I.4) : Electrodes de soudage.

### I.2.8 Soudage à l'arc sous gaz de protection procédé TIG

Le TIG produit des assemblages d'un aspect irréprochable, qui dans bien des cas, ne nécessitent aucune reprise ultérieure. De plus, autre aspect non négligeable, ce procédé s'applique à des matériaux aussi divers que les aciers au d'aluminium et de cuivre. [2]

#### I.2.8.1 Principe et œuvre du procédé

Par définition, le terme (TIG) est l'abréviation de (Tungstène InertGas) et sert à désigner le procédé de soudage en atmosphère inerte avec électrode de tungstène. Aussi dans les pays anglo-saxons, on le désigne également par (G.T.A.W) gaz tungstène arc welding) (Fig. I.5).

L'appareillage comporte une source de courant alternatif ou continu, un dispositif d'amorçage, une bouteille de gaz avec détendeur et débitmètre, une torche spécifique du procédé et divers accessoires. [2]

A l'aide d'un courant électrique approprié dont la nature varie avec celle du métal de base, on fait jaillir dans une veine de gaz inerte (argon ou mélange gazeux) un arc électrique entre une électrode de tungstène (infusible) et la pièce à souder. La chaleur dégagée par cet arc fait fondre localement la pièce ainsi que le métal d'apport (éventuel) formant ainsi le joint soudé après refroidissement.

Ce gaz inerte généralement à base d'argon ou d'hélium isole de métal en fusion, les zones chaudes environnantes et évite toute oxydation de l'électrode au tungstène. [2]

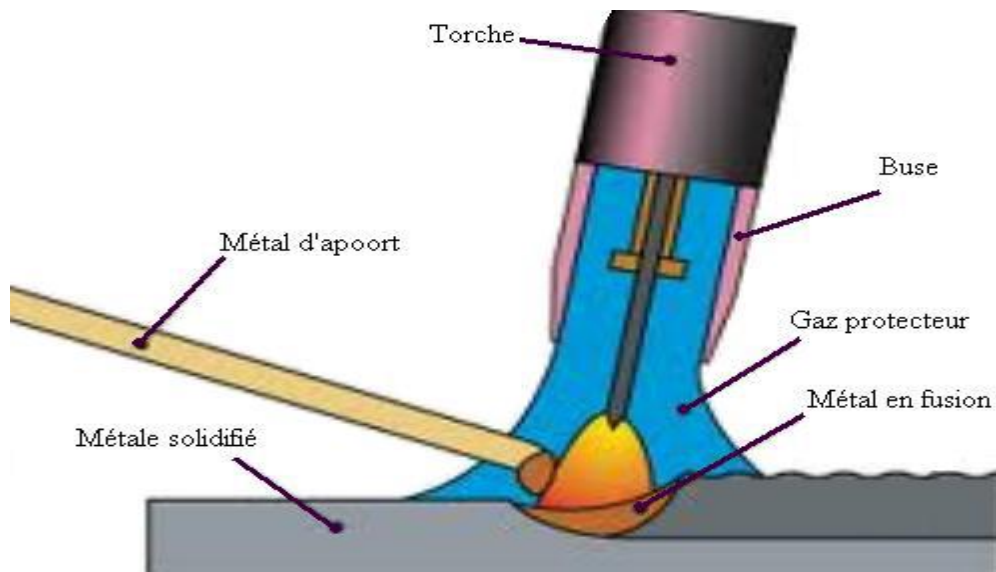


Fig. (I.5) : Principe de soudage TIG.

### I.2.8.2 Les gaz de protection en TIG

Les gaz inertes utilisés sont soit de l'argon, soit de l'hélium soit des mélanges argon hélium.

L'argon, de qualité commerciale « soudage », est le gaz le plus utilisé car il convient à presque tout les cas d'application.

L'hélium, plus couteux que l'argon, est utilisé lorsque l'on peut tirer profit du fait qu'il permet de plus grandes vitesses de soudage et une pénétration plus profonde. Quand aux mélanges (généralement à 25%, 50% ou 70% hélium dans l'argon), ils sont destinés à réaliser un compromis performance-prix. [2]

### I.2.9. La composition des fils dépend [2]

- La nature des matériaux à souder ;
- Des pertes d'éléments pendant le soudage

## I.2.10 Soudage des aciers à faible teneur en carbone

### I.2.10.1 Introduction

La réalisation d'assemblages indémontables, en fabrication mécanique, utilise couramment les procédés de soudage. Les techniques de soudage sont en pleine évolution. Ces techniques assurent la continuité des pièces à assembler contrairement au rivetage, sertissage, collage ou boulonnage qui présentent des discontinuités physiques ou chimiques. Au fur et à mesure de la diversification et de l'évolution des procédés. [2]

### I.2.10.2 Les différentes zones d'un assemblage soudé

#### I.2.10.2.1 Le métal de base

Il constitue le métal des pièces à assembler. Ces pièces peuvent être en métaux semblables ou de nature différente. Le métal de base est soumis à un traitement thermique variable suivant le point considéré. De ce fait, il est le siège de transformations d'ordre physico-chimiques. L'importance des transformations est fonction d'une part du cycle thermique et d'autre part de la nature de l'alliage. Les aciers austénitiques par exemple sont sensibles aux changements de phases par précipitations. [2]

#### I.2.10.2.2 La zone fondue

C'est la région où l'état liquide a régné pendant l'exécution de la soudure. Elle a été obtenue par la fusion du métal de base, avec la précipitation plus ou moins importante d'un métal d'apport. Le métal qui constitue la soudure est appelé métal fondu. Le métal apporté à l'état liquide, c'est-à-dire avant dilution, est appelé métal déposé (Fig. I.6). [2]

#### I.2.10.2.3 La zone thermiquement affectée (Z.A.T)

Partie du métal de base qui n'a pas été fondue, mais dont les propriétés mécaniques ou la microstructure ont été modifiées à un degré quelconque par la chaleur du soudage.

Dans cette zone, on distingue, dans le cas des soudures exécutées sur des métaux ayant un point de transformation, une zone de transformation contiguë à la soudure et dans laquelle la température a été suffisante pour entraîner une transformation dite allotropie de la structure et donc une modification des propriétés physiques du métal, sans qu'il y ait eu changement de sa composition chimique. [2]

Dans l'autre partie de la zone thermiquement affectée, il n'y a pas eu transformation Allotropique, mais seulement modification, par exemple, de la grosseur de la forme des grains du métal. La zone thermiquement affectée comporte différentes parties, on distingue:

- zone de surchauffe.
- zone austénitique.
- zone partiellement austénitisée.

#### I.2.10.2.4 Zone de liaison

Zone marquant la frontière entre la zone fondue et la effectuée thermiquement (Z.A.T). En quelque sorte, c'est la limite entre le métal qui été fondu et s'est solidifié et le métal qui est resté à l'état solide au cours de l'opération de soudage (Fig. I.6) [2]

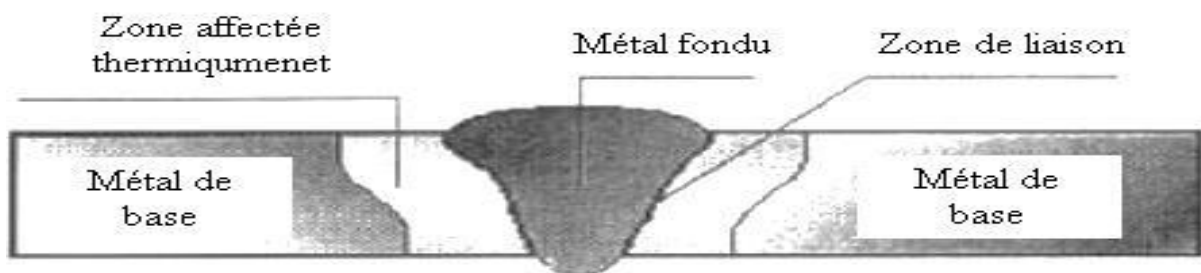


Fig. (I.6) : Les différentes zones d'un assemblage soudé.

### I.2.11 Soudage des pipelines

#### I.2.11.1 Introduction

Souder des pipelines consiste à établir la continuité métallique entre les parties à assembler. Cela implique qu'il n'y a pas de matières non métalliques interposées entre les éléments réunis. Cette technique d'assemblage est différente du rivetage, de l'agrafage ou du collage.

Cette soudure doit être homogène, de sorte que les pipelines sont en l'état final à l'emploi.

### I.2.11.2 Le soudage des pipelines [2]

Dans l'industrie de COSIDER les assemblages de canalisation de transport de gaz sont préférentiellement effectués par :

### I.2.11.3 Procédé à l'arc électrique à l'électrode enrobée

On utilise actuellement le procédé de soudage à l'arc électrique. Les électrodes utilisées se différencient par leurs particularités technologiques, le type et l'épaisseur de l'enrobage, la composition chimique de l'âme et de l'enrobage, le caractère de laitiers, les propriétés mécaniques du métal du cordon et le moyen d'adhérence de l'enrobage à l'âme de l'électrode. La matière composant l'enrobage assure trois fonctions métallurgique, électrique et physique. En construction des pipelines, on utilise plus particulièrement les électrodes à enrobage cellulosique pour la soudure dite : méthode descendante. Elles permettent d'obtenir une bonne pénétration

Les électrodes à enrobage rutile se distinguent par leur aptitude à réaliser des soudures par la technique montante sur des tubes de petits diamètres. Enfin les électrodes basiques présentent de meilleures qualités mécaniques et notamment la résilience.

On note qu'il existe plusieurs types de soudage des pipelines :

#### I.2.11.3.1 Soudage manuel

Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées permet d'assembler ou de recharger des éléments ou des pièces métalliques au moyen de cordons de soudure (Fig. I.7 et 8.). Il s'agit du type de soudage le plus répandu.

L'énergie nécessaire à la fusion du métal est fournie par un arc électrique jaillissant entre les pièces à souder et une électrode fusible fournissant le métal d'apport.

La soudure à l'arc électrique est une soudure de type autogène, pour l'assemblage de pièces en acier. Les assemblages ainsi obtenus sont très résistants puisque l'acier est mis en fusion et les deux éléments soudés ne forment plus qu'une seule masse en acier après soudage. Les applications de ce procédé sont particulièrement nombreuses. La mobilité des appareils et la grande diversité des types d'électrodes permettent d'effectuer des travaux sur

un certain nombre de métaux et de leurs alliages comme les aciers non alliés ou faiblement alliés, les aciers inoxydables, les fontes et dans certaines conditions, l'aluminium, le cuivre et le nickel. Tous les types d'assemblage (bord à bord, d'angle...) et toutes les positions de soudage (à plat, en corniche...) sont possibles. Il y a mise en fusion des pièces à souder et du métal d'apport. Pour obtenir cette fusion il faut une température très élevée supérieure à 3000°C. Celle-ci est obtenue par court-circuit entre deux électrodes (la pièce à souder et l'électrode constituée de métal d'apport) en créant un «arc électrique» qui est une sorte d'étincelle continue de très forte puissance qui dégage à la fois de la lumière et une chaleur intenses. [2]

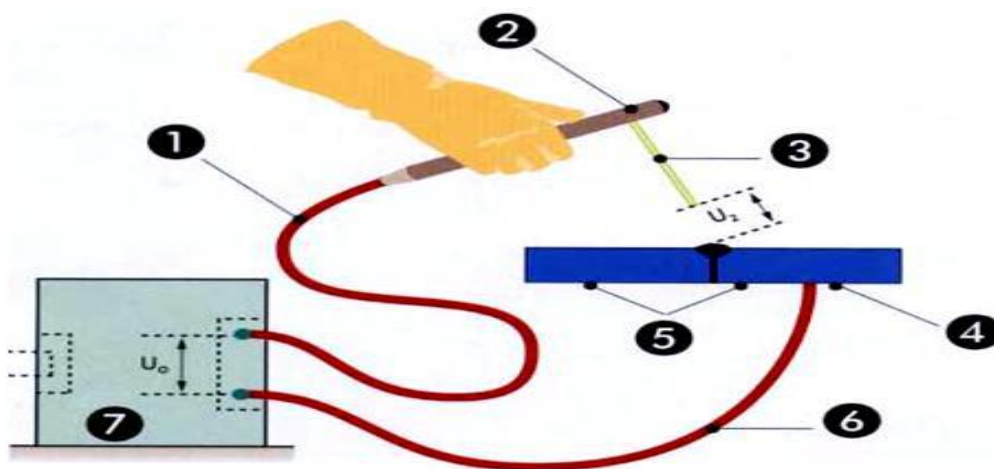


Fig. (I.7) : Principe de soudage manuel

- |                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Conducteur de soudage.            | 2. Porte-électrode isolé. |
| 3. Electrode enrobée consommable.    | 4. Connecteur de pièce.   |
| 5. Pièces à assembler.               | 6. Connecteur de retour.  |
| 7. Générateur de courant de soudage. |                           |



Fig. (I.8) : Soudage des pipelines (type manuel).

### I.2.11.3.2 Soudage automatique

#### I.2.11.3.2.1 Introduction

Robot de soudure TIG-MIG :

Ce robot de soudure, dédié au soudage TIG (aciers et inox) et au soudage MIG (aciers, inox et alu), nous permet de nous positionner et d'être performants en rapport qualité-prix sur des séries de pièces répétitives (Fig. I.9.). On note que certaines soudures sont difficiles à réaliser sans robot.

➤ **Exemple:** le robot nous permet de réaliser des soudures hélicoïdales sur des tubes inox d'épaisseur 1 mm et de longueur 4,20 mètres.

Cette technologie met en œuvre les 6 axes du robot + l'axe externe du positionneur (axe intégré au robot qui tourne le tube en même temps que le bras du robot se déploie

Longitudinalement) avec des écarts autorisés à l'axe de soudure inférieurs à 0,2 mm pour assurer des soudures de qualité « radio ».



Dès lors qu'un soudeur qualifié a programmé le robot pour souder une pièce positionnée de façon très précise dans un outillage de maintien, le robot de soudure TIG-MIG reproduira automatiquement le même chemin (avec une tolérance extrême inférieure à 0,02 mm) en utilisant les paramètres programmés de soudage (intensité, vitesse d'avance, vitesse de fil, etc.).[2]

### I.2.12 Avantage:[2]

- Taux de dépôt élevé.
- Meilleures propriétés mécaniques et chimiques de la soudure.
- Fatigue moindre du soudeur.
- Temps de formation du soudeur réduit.
- Soudage de joints longs possible.
- Soudage dans toutes les positions.
- Économie de temps.
- Facteur de marche atteignant généralement 100 %.



Fig. (I.9) : Soudage des pipelines type automatique.

### I.2.13 Facteurs influençant dans le choix d'un procédé de soudage [1]

Plusieurs facteurs influencent le choix du procédé de soudage notamment:

- La composition du métal de base.
- Les dimensions et la forme des pièces (tuyaux .tôles).
- Les propriétés requises pour l'assemblage.
- Le cout d'utilisation du procédé.

### I.2.14 Effet des paramètres de soudage

Les paramètres de soudage contrôlent la forme, les dimensions et les structures des régions chauffées du cordon de soudure. L'énergie nécessaire à la fusion du métal, qui dépend des paramètres puissance et vitesse de soudage, contrôle la vitesse de refroidissement. La vitesse de soudage régit directement la vitesse de croissance du front de solidification et donc également la forme du bain de fusion. [1]

La structure et le mode de croissance des grains dépendent de l'apport calorifique linéaire. La croissance des grains devient plus rapide et donne lieu à une structure grossière avec un apport calorifique croissant alors qu'une structure fine est obtenue avec une énergie linéaire modérée. Ces paramètres affectent également les contraintes thermiques induites qui s'appliquent sur la soudure et qui entraînent la formation de contraintes résiduelles et des distorsions géométriques. [1]

## I.3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donne une vu globale sur le poste de soudage a arc on considérant le type de soudage ainsi l'explication du principe du procédé avec se modèle de soudage.

## II.1 Introduction

Le réseau électrique est constitué de plusieurs composants pour assurer une bonne transmission de l'énergie vers différents utilisateurs. Parmi ces composants, on trouve le transformateur. Ce dernier doit être dimensionné selon le besoin et selon les événements rencontrés. [4]

### II.1.2 Définition

Un transformateur électrique est un convertisseur qui permet de modifier la valeur de la tension et de l'intensité du courant délivrée par une source d'énergie électrique alternatif en un système de tension du courant des valeurs différents mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement. Il est analogue à un engrenage en mécanique (le couple sur chaque des roues dentée étant l'analogue de la tension et la vitesse de rotation étant l'analogue du courant).

L'énergie est transférée du primaire au secondaire par l'intermédiaire du circuit magnétique que constitue la carcasse du transformateur. Ces deux circuits sont alors magnétiquement couplés. Ceci permet de réaliser un isolement galvanique entre les deux circuits.

Le transformateur est une machine électrique statique destinée à transformer une tension (courant) alternative en autre tension (courant) alternative de même fréquence, et d'amplitudes généralement différentes afin de l'adapter aux différents besoins d'utilisation. [3]

### II.1.3 Historique de transformateur

En 1820, Hans Christian Oersted, physicien danois a découvert qu'un conducteur véhiculant un courant génère un champ magnétique. Quelques années plus tard, en 1830, Josef Henry donna corps aux notions d'induction et de self-induction. Entre les mois d'août et de novembre 1831 l'anglais Michael Faraday procéda à une série d'expériences avec un appareil constitué d'un anneau de fer et d'enroulements de fil de cuivre isolé.

En 1882 Lucien Gaulard (1850-1888), jeune électricien français, chimiste de formation, présente à la Société Française des Electriciens un "générateur secondaire", dénommé depuis transformateur. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'adresse à l'anglais Gibbs et démontre le bien-fondé de son invention à Londres.

En 1883, Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs réussissent à transmettre pour la première fois, sur une distance de 40 km, du courant alternatif sous une tension de 2000 Volts à l'aide de transformateurs avec un noyau en forme de barres.

En 1884 Lucien Gaulard met en service une liaison bouclée de démonstration (133 Hz) alimentée par du courant alternatif sous 2000 Volts et allant de Turin à Lanzo et retour (80 km). On finit alors par admettre l'intérêt du transformateur qui permet d'élever la tension délivrée par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension. La reconnaissance de Gaulard interviendra trop tardivement.

Ainsi, en 1885, les Hongrois Károly Zipernowsky, Miksa Déry et Otto Titus Blàthy mettent au point un transformateur avec un noyau annulaire commercialisé dans le monde entier par la firme Ganz à Budapest.

Dans le même temps aux USA, W. Stanley développe également des transformateurs. Actuellement les transformateurs sont très développés soit du côté de construction soit de conception (750/400 kV, 400/220 kV, 220/60 kV, 60/10 ou 30 kV, 10 ou 30kV/380 V).

La tendance en 2013, pour les transformateurs est de devenir plus acceptable écologiquement : utilisation d'huile biodégradable, réduction des émissions sonores, diminution des pertes. Pour plus de détails se reporter aux sections respectives : huile, bruit, pertes. Au niveau de la réduction des pertes l'utilisation de tôles en métal amorphe vitrifié, dans les transformateurs de distribution dans un premier temps, permet de réduire de manière significative les pertes fer. [4]



Fig. (II.1) : Différents types des transformateurs.

## II.2 Les différents types de transformateur

Ces distinctions sont souvent liées aux très nombreuses applications possibles des transformateurs.

### II.2.1 Auto transformateur



Fig. (II.2) : Auto transformateur

Symbole d'un autotransformateur.

1 : indique le primaire

2 : le secondaire

Transformateur sans isolement entre primaire et secondaire (auto - transformateur). Le secondaire est une partie de l'enroulement primaire. Le courant alimente le transformateur parcourt le primaire en totalité et, une dérivation à un point donné de celui-ci détermine la sortie du secondaire. Le rapport tension d'entrée/sortie est identique à celui du type isolé.

A rendement égal, un autotransformateur occupe moins de place qu'un transformateur cela est dû au fait qu'il n'y a qu'un seul bobinage, et que la partie commune de bobinage unique est parcourue par la différence des courants primaire et secondaire l'autotransformateur n'est intéressant que lorsque les tensions d'entrée et de sortie sont du même ordre de grandeur : par exemple 230 V/115 V. une de ces principales applications est pour utiliser dans un pays un matériel électronique prévu pour un pays où la tension de secteur est différente (Etat Unis, Japon etc.). [5]

### I2.2 Transformateur variable

Comme le précédent c'est un autotransformateur, il ne comporte qu'un seul bobinage. La dérivation de sortie du secondaire peut se déplacer grâce à un contact glissant sur les spires du primaire. [4]



Fig. (II.3) : transformateur variable

### II.2.3 Transformateur d'isolement



Fig. (II.4) : transformateur d'isolement

Le transformateur d'isolement est uniquement destiné à créer un isolement électrique entre plusieurs circuits pour des raisons bien souvent de sécurité ou de résolution des problèmes techniques.

- Tous les transformateurs à enroulement primaire isolé du secondaire peuvent être considérés comme des transformateurs d'isolement.
- Ce nom désigne fréquemment des transformateurs dont la tension de sortie a la même valeur efficace que celle de l'entrée.
- Ils sont très utilisés dans les blocs opératoires, par exemple « un transformateur par salle d'opération », pour qu'un défaut dans une des salles n'entraîne pas un arrêt ou une gêne dans une autre. [5]

#### **II.2.4 Transformateur d'impédance**

Le transformateur est toujours un transformateur d'impédance, mais les électroniciens donnent ce nom aux transformateurs qui ne sont pas utilisés dans des circuits d'alimentation. Le transformateur d'impédance est principalement destiné à adapter l'impédance de sortie d'un amplificateur à sa charge. [4]

#### **II.2.5 Transformateur d'intensité**

Ce type de transformateur, appelé aussi transformateur de courant est dédié à l'adaptation des courants mis en jeu dans des circuits différents, mais interdépendant pour leur fonctionnement.

Ce transformateur est l'un des moyens pour mesurer les forts courants en alternatif. Il fonctionne grâce à une spire au primaire, et plusieurs spires au secondaire selon le rapport de transformation du T.I, ce qui provoque une diminution de l'intensité au secondaire qui peut être mesurée par un ampèremètre classique. On peut donc mesurer des courants s'exprimant en kilo Ampère (KA). [4]

#### **II.2.6 Transformateur de tension**

Ce transformateur est l'un des moyens pour mesurer élevées en alternatif. Il s'agit d'un transformateur qui a la particularité d'avoir un rapport de transformation étalonné avec précision, mais prévu pour ne délivrer qu'une très faible charge au secondaire, correspondant

a un voltmètre. On peut donc mesurer des tensions s'exprimant en kilo volts (KV). On le rencontre en HTA et HTB. Transformateur haute fréquence.

Les pertes par courant de Foucault au sein du circuit magnétique sont directement proportionnelles au carré de la fréquence mais inversement proportionnelles à la résistivité du matériau qui le constitue. Afin de limiter ces pertes, le circuit magnétique des transformateurs HF est réalisé à l'aide de matériaux ferromagnétiques isolants. [5]

### II.2.7 Transformateur pour four à arc

Un transformateur pour four à arc doit fournir un courant extrêmement élevé, allant jusqu'à 200 kA. Ils ont en général une puissance allant de 10 à 100 MVA mais peuvent exceptionnellement atteindre les 200 MVA. Pour fournir cette puissance, ces transformateurs sont typiquement reliés au réseau 33 ou 66 kV. Afin de limiter le courant dans la bobine basse tension, une connexion en triangle est choisie, cela impose de placer l'enroulement basse tension à l'extérieur de celui haute tension.

Les courants étant très élevés, les transformateurs pour four à arc combiné à ces derniers ont une impédance totale approchant les 50 %. Ces courants créent également des forces importantes, requérant une conception très solide pour les enroulements. Par ailleurs, l'état du métal changeant, la tension du four change fortement. Un changeur de prises est donc nécessaire. Une conception adaptée doit être choisie, pour éviter que la densité de flux dans le circuit magnétique ne devienne trop importante. En outre les changements de prises sont beaucoup plus fréquents que pour un transformateur de puissance connecté au réseau. [6]

### II.3 fonction du transformateur

Le transformateur est un convertisseur statique d'énergie électrique réversible. Il transfère, en alternatif, une puissance électrique d'une source à une charge, en adaptant les valeurs de la tension (ou du courant) au récepteur.

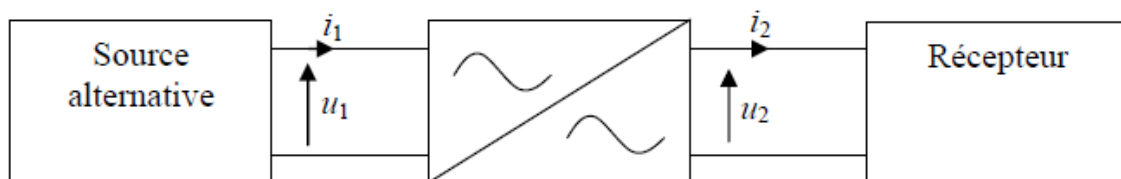


Fig. (II.5) : fonction du transformateur



Le rôle d'un transformateur est en général, de modifier la valeur efficace d'une tension sans en changer ni la forme (sinusoïdale), ni la fréquence. [4]

$U_1$  et  $U_2$  sont respectivement les valeurs efficaces des tensions  $u_1$  et  $u_2$ .

Si  $U_2 > U_1$  : Le transformateur est élévateur

Si  $U_2 < U_1$  : Le transformateur est abaisseur

## II.4. Présentation du transformateur

### II.4.1 Description et symbole

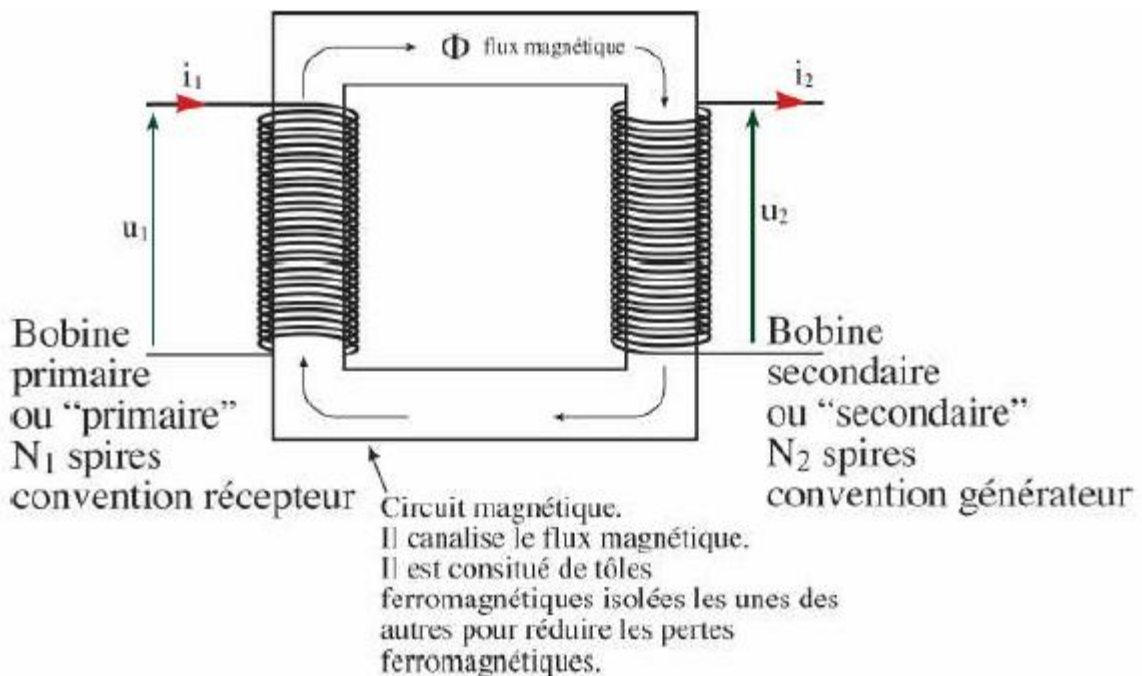


Fig. (II.6) : Circuit magnétique en monophasé

Un transformateur est constitué d'un circuit magnétique sur lequel sont disposés deux Binages en cuivre : le primaire et le secondaire.

Nous noterons  $N_1$  le nombre de spires du primaire et  $N_2$  celui du secondaire.

De manière générale, les grandeurs du primaire seront indicées 1 et les grandeurs du secondaire indicées 2. On utilise 2 symboles normalisés pour le transformateur. [3]

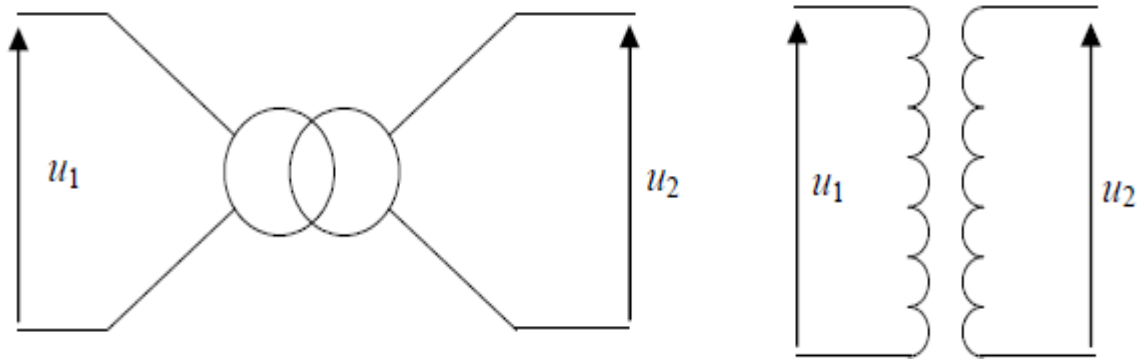


Fig. (II.7) : symbole du transformateur

## II.4.2 Conventions

### II.4.2.1 Primaire

Le bobinage du primaire est celui qui est alimenté : il joue le rôle d'un récepteur et, pour cette raison, nous adoptons au primaire une convention réceptrice.

### II.4.2.2 Secondaire

Le bobinage du secondaire est celui qui va alimenter une charge : il a un rôle de générateur et, pour cela, nous adoptons au secondaire une convention génératrice.

### II.4.2.3 Bornes homologues

Le primaire et le secondaire sont orientés de façon que des courants d'intensité  $i_1$  et  $i_2$  de même signe, engendrent des champs magnétiques dont les lignes de champ magnétique ont le même sens. [3]

Les bornes d'entrée de ces courants de même signe sont appelées bornes homologues

$e$  et  $s$  sont des bornes

Homologues ainsi que  $e'$  et  $s'$ .

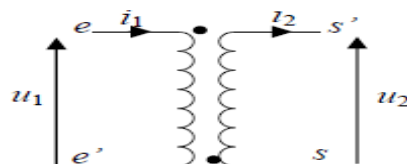


Fig. (II.8) : symbole du transformateur

## II.5. Principe de fonctionnement

### II.5.1 Loi de faraday

Une variation de flux magnétique à travers une spire crée une f.é.m.  $e$ . Inversement une f.é.m.  $e$  dans une spire crée une variation de flux à travers celle-ci.

$$e = - \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{Equ . II. 1})$$

Le bobinage du primaire est alimenté sous une tension sinusoïdale. Il est alors parcouru par un courant alternatif qui crée un flux variable dans le circuit magnétique. Le bobinage du secondaire, traversé par ce flux variable, est le siège d'une f.é.m. induite. La tension au secondaire est sinusoïdale, de même fréquence que la tension au primaire de valeur efficace  $U_2$  différente de la valeur efficace  $U_1$  de la tension au primaire [4].

## II.6. modèle équivalent du transformateur parfait

### II.6.1 Hypothèse

Un transformateur est parfait lorsqu'il ne provoque aucune perte d'énergie. Cette définition implique la réalisation simultanée des 3 conditions suivantes :

- Il n'y a pas de pertes par effet Joule, donc la résistance  $R_1$  et  $R_2$  des deux enroulements sont nulles.
- Il n'y a pas de pertes dans le circuit magnétique, donc ni hystérésis, ni courant de Foucault.
- Il n'y a pas de fuites magnétiques, donc les lignes de champ sont caractérisées par le circuit magnétique fermé. Cette hypothèse entraîne aussi que le circuit magnétique, ne se sature pas et que la perméabilité relative  $\mu_r$  est infinie [5].

## II.7. Relations du transformateur parfait [4]

### II.7.1 Relations entre les tensions

L'enroulement du primaire, formé de

$N_1$  spires est le siège

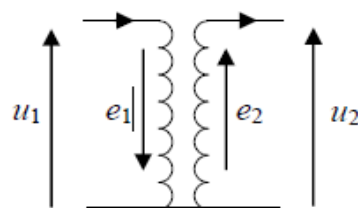


Fig. (II.9) : symbole du transformateur parfait

D'une f.é.m. :  $u_1$  est sinusoïdal.

$$e_1 = -N_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad \text{et} \quad e_1 = -u_1$$

Le flux  $\phi$  traverse toute spire du secondaire puisque nous avons supposé qu'il n'y avait pas de fuites magnétiques.

$$e_2 = N_2 \cdot \frac{d\phi}{dt} = u_2 \quad (\text{Equ. II. 2})$$

$$\frac{d\phi}{dt} = -\frac{e_1}{N_1} = -\frac{e_2}{N_2} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{e_2}{e_1} = -\frac{u_2}{u_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{Le signe - indique une opposition de phase}$$

$$\text{En valeur efficace : } \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = m$$

Le rapport  $\frac{N_2}{N_1}$  est noté  $m$  et nous l'appelons rapport de transformation du transformateur

$$u_2 = -m \cdot u_1 \quad \text{d ou} \quad U_2 = m \cdot U_1$$

### II.7.2 Relations entre les intensités des courants primaire et secondaire.

Les flux étant additifs et le circuit magnétique idéal, le théorème d'Ampère s'écrit

$$N_1 \cdot i_{1v} \text{ (À vide)} = N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 \approx 0 \Rightarrow N_1 \cdot i_1 = -N_2 \cdot i_2$$

$$\text{On en déduit: } \frac{i_2}{i_1} = -\frac{N_1}{N_2} = -\frac{1}{m} \Rightarrow i_1 = -m \cdot i_2 \rightarrow I_1 = m \cdot I_2$$

**Remarque:** selon la loi de Lenz, les Ampères-tours du secondaire s'opposent au primaire.

#### II.7.2.1 Diagramme de Fresnel

$$u_2 = -m \cdot u_1 \Rightarrow \vec{U}_2 = -m \cdot \vec{U}_1$$

$$i_1 = -m \cdot i_2 \Rightarrow I_1 = -m \cdot I_2$$

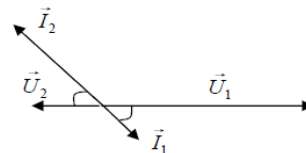


Fig. (II.10) : Diagramme de Fresnel

On constate que  $\varphi_1 = \varphi_2$

### II.7.2.2 Formule de Boucherot

$u_1$  est une fonction sinusoïdale du temps et  $e_1 = -u_1$  Or  $e_1 = -N_1 \cdot \frac{d\varphi}{dt}$  Ce qui implique que le

Flux  $\varphi$  soit aussi une fonction sinusoïdale de même fréquence.

Posons :  $\varphi = \hat{\varphi} \sin(\omega t) \Rightarrow e_1 = -N_1 \cdot \frac{d\varphi}{dt} = -N_1 \cdot \hat{\varphi} \omega \cdot \cos(\omega t)$   
 $= -N_1 \cdot \hat{\varphi} \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$  Or le flux s'exprime par la relation:

$$\hat{\varphi} = \vec{B} \cdot \vec{S} = \hat{B} \cdot S \cdot \cos(\vec{B} \cdot \vec{S}) = \hat{B} \cdot S \quad (\text{Equ. II. 3})$$

L'amplitude  $\hat{E}_1$  de  $e_1$  s'écrit :  $\hat{E}_1 = N_1 \cdot \omega \cdot \hat{\varphi} = N_1 \cdot 2\pi f \cdot \hat{B} \cdot S$  Set sa valeur efficace

$$E_1 = \frac{\hat{E}_1}{\sqrt{2}} = N_1 \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot \hat{B} \cdot S = 4.44 \cdot N_1 \cdot f \cdot \hat{B} \cdot S \quad (\text{Equ. II. 4})$$

#### Remarque:

De  $e_1 = -u_1$  on en déduit  $E_1 = U_1 = 4,44 \cdot N_1 \cdot f \cdot \hat{B} \cdot S$  et comme

$$U_2 = m \cdot U_1 = \frac{N_2}{N_1} \cdot E_2$$

$$U_2 = E_2 = 4,44 \cdot N_1 \cdot \hat{f} \cdot \hat{B} \cdot S \quad (\text{Equ. II. 5})$$

### II.7.3 Relations entre les puissances [6]

Les relations établies précédemment:

$$U_2 = m \cdot U_1$$

$$i_1 = -m \cdot i_2$$

$$I_1 = m \cdot I_2$$

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$$\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \text{Flux ou déphasage (I.U)}$$

Entraînent les relations suivantes entre les puissances:

- ✓ puissances instantanées:  $p_1 = u_1 \cdot i_1 = - \left( \frac{u_2}{m} \right) (-m \cdot i_2) = u_2 \cdot i_2 = p_2$
- ✓ puissances actives :  $p_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = - \frac{U_2}{m} \cdot m I_2 \cdot \cos \varphi_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = p_2$

- ✓ puissances réactives:  $Q_1=U_1.I_1.\sin \varphi_1 = \frac{U_2}{m} .m.I_2. \sin \varphi_2 = U_2.I_2 . \sin \varphi_2 =Q_2$
- ✓ puissances apparentes:  $S_1=U_1.I_1= \frac{U_2}{m} .mI_2=U_2.I_1= S_2$
- ✓ rendement du transformateur:  $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_2}{P_1}$

**II.7.4 Modèle équivalent [3]**

**II.7.4.1 « Vu » du primaire**

$$\underline{U_2} = - m. \underline{U_1}$$

$$\underline{I_1} = - m. \underline{I_2}$$

$$\underline{U_2} = \underline{Z_2} . \underline{I_2}$$

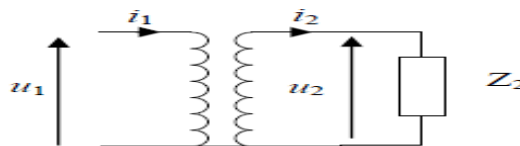


Fig. (II.11) : circuit e équivalent de transformateur

$$\underline{Z_2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{-mU_1}{\frac{-I_1}{m}} = m^2 . \frac{U_1}{I_1} = m^2 . \underline{Z_1}$$

Pour la source de tension  $u_1$ , le transformateur et sa charge sont équivalents à l'impédance

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{Z_2}{m^2}$$

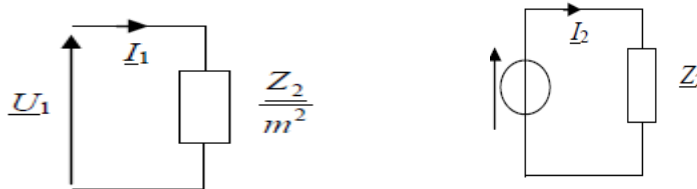


Fig. (II.12) : Schéma équivalent vu du primaire

**II.7.4.2 Vu du secondaire**

Le transformateur parfait vu du secondaire se comporte comme une source de tension idéale de f.é.m.  $u_2$  égale à  $-m.u_1$

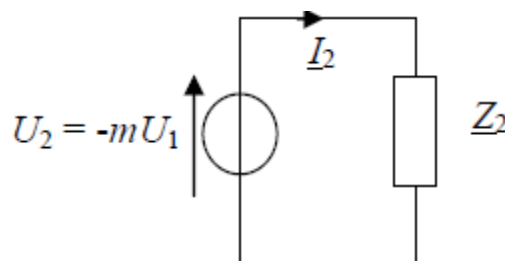


Fig. (II.13) : Schéma équivalent vu du secondaire

## II.8 Le transformateur réel [3]

### II.8.1 Plaque signalétique

Le rapport de transformation se mesure à vide ( $I_2 = 0$ )  $m = \frac{U_{2v}}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$

En générale et suivant de différentes normes la plaque signalétique indique:

- ✓ la valeur de la puissance apparente:  $S_N = S_1 = S_2$
- ✓ la tension d'alimentation du primaire  $U_1$
- ✓ la tension d'utilisation à vide du secondaire:  $U_{2v}$
- ✓ la fréquence d'utilisation (en Algérie  $f = 50$  Hz)

Ces indications permettent le calcul théorique:

- ✓ Le rapport de transformation défini par  $m = \frac{U_{2v}}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$
- ✓ Les intensités efficaces des courants nominaux:  $I_{1N} = \frac{S_N}{U_1}$  et  $I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2v}}$

## II.9 Analyse des pertes du transformateur [6]

### II.9.1 Pertes par effet Joule

Les enroulements primaire et secondaire présentent des résistances que nous noterons  $r_1$  et  $r_2$ .

Le transformateur sera le siège de pertes par effet Joule (encore appelées pertes dans le cuivre).

$$P_{cu} = r_1 \cdot I_1^2 + r_2 \cdot I_2^2 \quad (\text{Equ. II. 6})$$

**Remarques:** On complète le schéma équivalent établi pour le transformateur parfait en y incorporant les résistances des enroulements

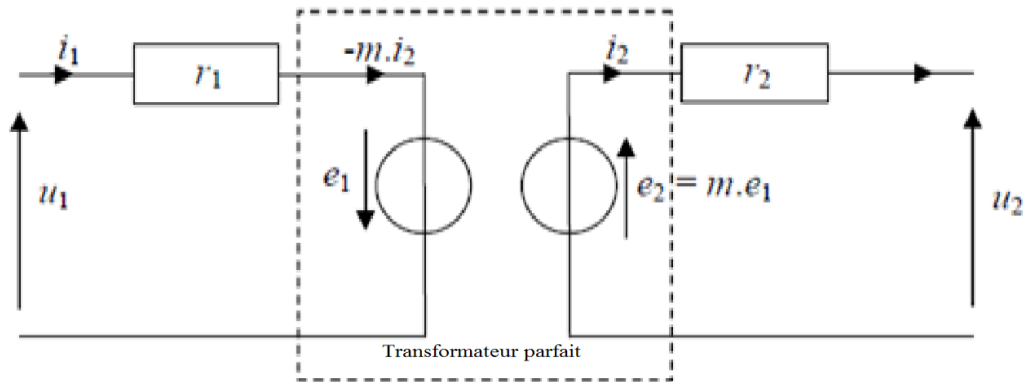


Fig. (II.14) : Modelé sans saturation

### II.9.2 Pertes magnétiques

Le circuit magnétique n'est pas parfait, il présente le phénomène de saturation et d'hystérésis.

Il est donc le siège de pertes par hystérésis (l'aimantation absorbe de l'énergie. Au cours de la désaimantation, le matériau ne restitue pas toute l'énergie reçue pendant l'aimantation. Une partie de l'énergie électrique fournie est dissipée en chaleur dans le circuit magnétique) et de pertes par courant de Foucault (le flux alternatif  $\varphi$  crée des courants induits, appelés courant de Foucault qui entraînent l'échauffement du circuit magnétique). Ces pertes sont minimisées grâce au feuilletage du circuit magnétique dont la somme constitue les pertes dans le fer. [6]

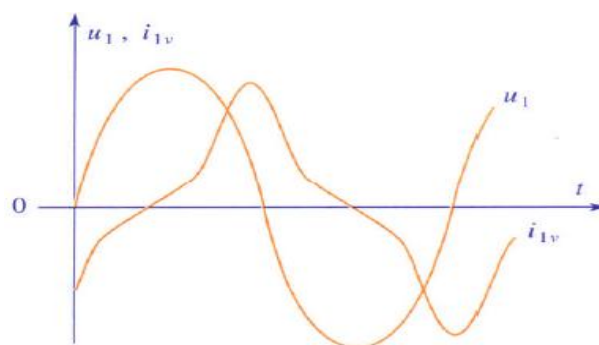


Fig. (II.15) : courbe des phénomènes de saturation et d'hystérésis



Les phénomènes de saturation et d'hystérésis entraînent un fonctionnement non linéaire du transformateur qui se traduit par un courant primaire à vide d'intensité non sinusoïdale bien que la tension primaire soit sinusoïdale. [6]

### II.9.2.1 Schématisation des pertes magnétiques

Le graphique précédent indique que le courant  $i_{1v}$  est en retard sur la tension  $u_1$ . Le primaire consomme de la puissance réactive comme une inductance pure  $L_1$  et de la puissance active que l'on schématise par une résistance  $R_f$  en parallèle à  $L_1$ .

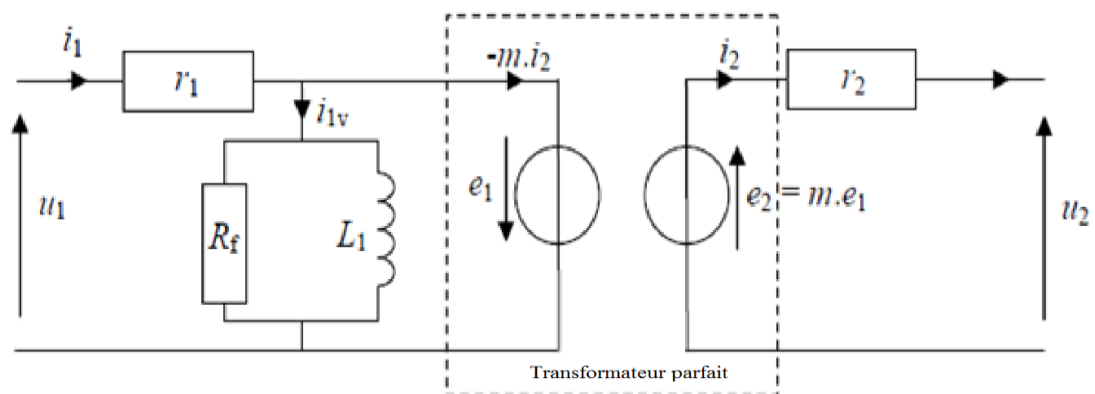


Fig. (II.16) : Modèle avec pertes fer, sans saturation.

**Remarque:**  $I_{1N} \ll I_N$

### II.9.2.2 Les fuites magnétiques

Les lignes de champ ne sont pas totalement canalisées par le circuit magnétique. Les flux de fuites  $\varphi_{f1}$  et  $\varphi_{f2}$  des deux enroulements sont proportionnels aux courants  $i_1$  et  $i_2$  qui le traversent.

Les constantes de proportionnalité sont appelés inductances de fuites  $l_1$  et  $l_2$ :

$$\varphi_{f1} = l_1 \cdot I_1 \text{ Et } \varphi_{f2} = l_2 \cdot I_2 \quad (\text{Equ. II. 7})$$

## II.10 Modèle équivalent du transformateur réel [4]

### II.10.1 Linéarisation du circuit magnétique.

Si on utilise un matériau de cycle d'hystérésis très étroit et que l'on évite la saturation en limitant l'amplitude de la tension  $u_1$ , on peut admettre que le circuit magnétique est encore linéaire. On représente alors le transformateur réel par un modèle équivalent linéaire, dans lequel  $R_f$ ,  $L_1$ ,  $i_1$  et  $i_2$  sont des constantes indépendantes des courants  $i_1$  et  $i_2$

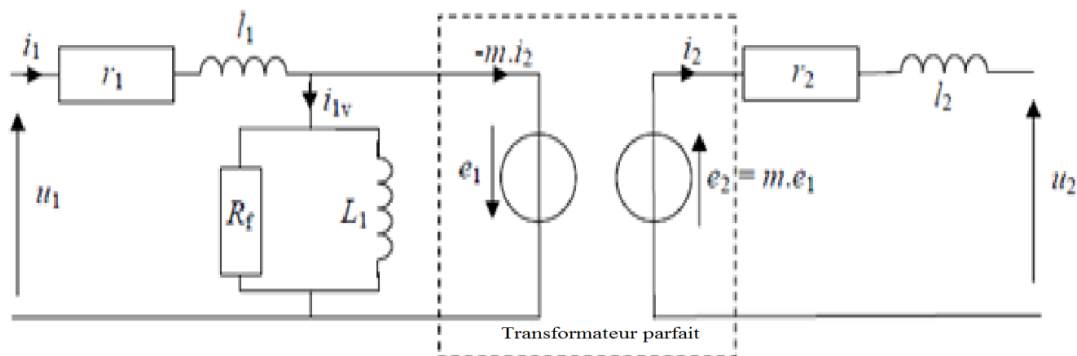


Fig. (II.17) : Modelé avec saturation

### II.10.2 Chute de tension secondaire en charge

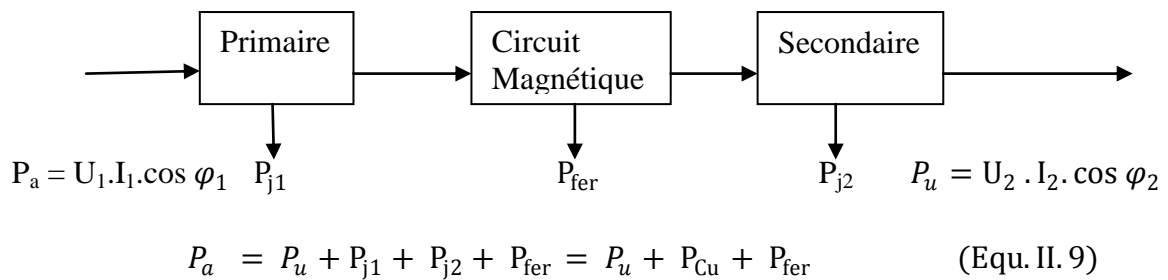
A cause des résistances des enroulements et des fuites magnétiques, la tension secondaire en charge  $u_2$  est différente de la tension à vide  $u_{2v}$ . On appelle chute de tension secondaire en charge, la différence entre les valeurs efficaces de ces tensions:

$$\Delta U_2 = U_{2v} - U_2 \quad (\text{Equ. II. 8})$$

## II.11 Bilan des puissances [6]

### II.11.1 Rendement du transformateur

A la puissance utile  $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$  fournie à la charge, il faut ajouter les pertes dans le cuivre  $P_{CU} = P_{j1} + P_{j2} = r_1 \cdot I_1^2 + r_2 \cdot I_2^2$  et les pertes dans le fer  $P_{fer}$  pour obtenir la puissance absorbée par le primaire.



Le rendement :  $\eta = \frac{P_u}{P_a} < 1$  mais en est proche.

**II.11.2 Détermination des pertes fer**

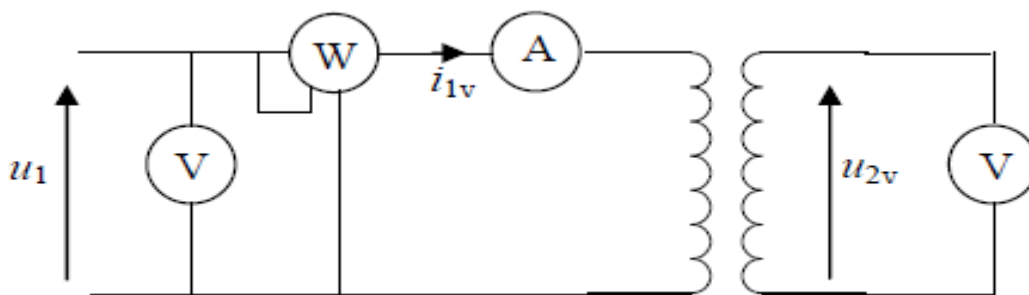


Fig. (II.18) : le transformateur à vide

Il s'agit d'un montage longue dérivation (amont).  $i_{1v}$  n'étant pas sinusoïdal, il convient d'utiliser un ampèremètre ferromagnétique (ou numérique RMS) pour mesurer sa valeur efficace.

Le secondaire étant ouvert,  $I_2 = 0$  A d'où  $P_{j2} = 0$  W. De même  $P_u = 0$  W.

$$P_{1v} = P_u + P_{j1} + P_{j2} + P_{fer} = P_{j1} + P_{fer} \text{ or } P_{j1} \ll P_{fer} \text{ on en déduit } P_{1v} \approx P_{fer}$$

**Remarque :** les pertes fer dépendent essentiellement du champ magnétique, donc de la tension  $U_1$  et de la fréquence  $f$ . Comme ces deux grandeurs restent les même à vide ou en charge, les pertes fer mesurées à vide sont les même que celle en charge.

**II.11.3 Détermination des pertes Joule**

On effectue un essai en court-circuit, sous tension réduite  $\left\{ U_{1cc} < \frac{U_{N1}}{10} \right\}$  et à courant secondaire nominal.

On utilise une pince Ampérométrique pour mesurer  $I_{2cc}$

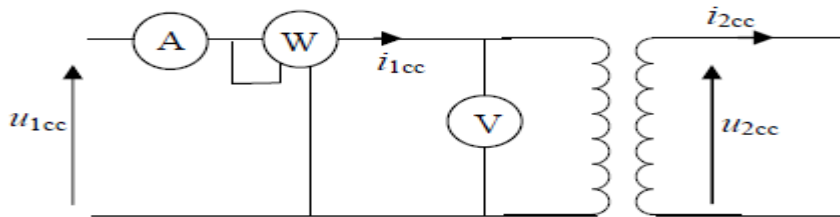


Fig. (II.19) : le transformateur court-circuit

Augmentons la valeur de  $U_1$  jusqu'à obtenir  $I_{2cc} = I_{2N}$ . On mesure alors  $U_1 = U_{1cc}$  et  $I_{1cc}$ .  
 $P_a = P_{1cc} = P_{j1cc} + P_{j2cc} + P_u$  or  $U_2 = 0$  V donc  $P_{2cc} = P_u = 0$  W

Les pertes dans le fer dans cet essai sont négligeables puisqu'elles dépendent de  $U_1^2$  très réduite par rapport à sa valeur nominale.  $P_{fer} \approx 0$  W

$$P_{1cc} = P_{j1cc} + P_{j2cc} + P_{fer} = P_{cu} \quad (\text{Equ. II. 10})$$

## II.12 Modèle équivalent du transformateur réel

### II.12.1 Transformateur en fonctionnement au voisinage du régime nominal

A vide et en charge, le flux se conserve :  $N_1 \cdot i_{1v} (\text{à vide}) = N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2$

$$\Rightarrow i_1 + \frac{N_2}{N_1} \cdot i_2 = i_{1v} \text{ soit } i_1 = i_{1v} - \frac{N_2}{N_1} \cdot i_2 \text{ or } m = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow i_1 = i_{1v} - m \cdot i_2 \Rightarrow \underline{I_1} = \underline{I_{1v}} - m \underline{I_2}$$

Hypothèse de Kapp :  $i_{1v} \ll i_1$  et  $i_2$  au voisinage du régime nominal. On suppose le

Circuit magnétique parfait

$$N_1 \cdot i_1 = 0 = N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 \Rightarrow \underline{I_1} = - m \cdot \underline{I_2} \text{ d ou } I_1 = m \cdot I_2$$

En charge, le transformateur réel se comporte, pour les courants, comme un transformateur parfait.

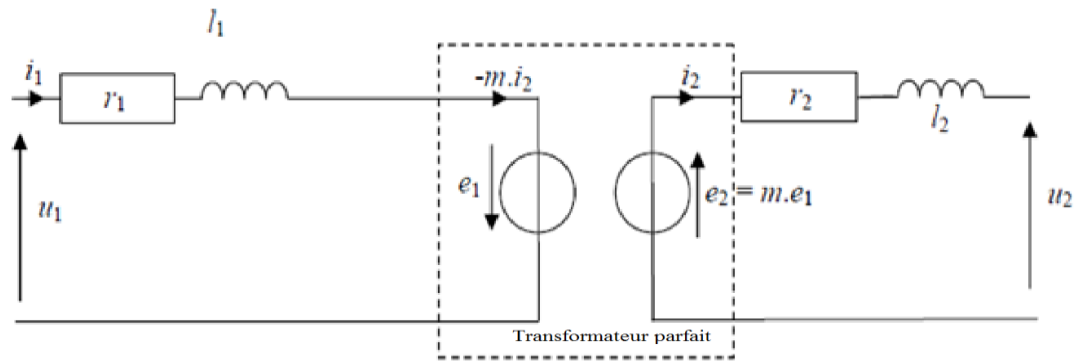


Fig. (II.20): circuit équivalent de la transformation réel

**II.12.2 M.E.T. pour la charge**

Pour la charge, le transformateur peut être assimilé à un modèle équivalent de thévenin de f.é.m.  $E_s$  et d'impédance  $Z_s$  qui lui fournirait le même courant  $I_2$ , sous la même tension  $U_2$ . On obtient ainsi :

$$\underline{U}_2 = \underline{E}_s - \underline{Z}_s \cdot \underline{I}_2$$

$$\underline{Z}_s = R_s + jX_s$$

$$\underline{U}_2 = -m\underline{U}_1 - R_s \cdot \underline{I}_2 - jX_s \cdot \underline{I}_2$$

Avec  $X_s = l_s \cdot \omega$

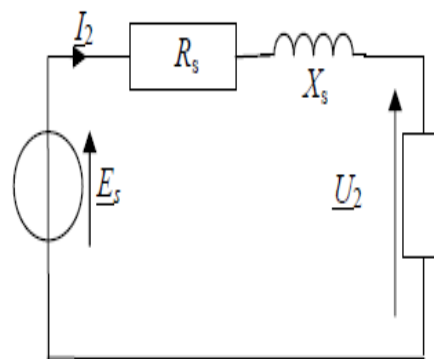


Fig. (II.21) : Circuit équivalent simplifié du transformateur

**II.12.3 Détermination expérimentale de  $R_s$  et  $X_s$**

D'après l'essai en court-circuit :

$$P_{cu} = P_u = P_{1cc} = r_1 \cdot I_1^2 + r_2 \cdot I_2^2 \tag{Equ. II. 11}$$

Or  $I_1 = m \cdot I_2$  d ou  $P_{cu} = P_u = P_{1cc} = m \cdot r_1 \cdot I_2^2 + r_2 \cdot I_2^2 = I_2^2 (m \cdot r_1 + r_2) = R_s \cdot I_2^2$

Avec  $R_s = m \cdot r_1 + r_2$

$$R_s = \frac{P_{1cc}}{I_2^2} \tag{Equ. II. 12}$$

D'après l'essai en charge :

$$\underline{E}_1 = \underline{U}_2 + \underline{Z}_S \cdot \underline{I}_2 = -m \cdot \underline{U}_1$$

$$\Rightarrow \underline{Z}_S \cdot \underline{I}_{2N} = -m \cdot \underline{U}_{1cc}$$

En court circuit :  $\underline{U}_2 = 0$

$$\underline{Z}_S = -\frac{m \cdot \underline{U}_{1cc}}{\underline{I}_{2N}} \quad (\text{Equ. II. 13})$$

$$Z_S = \frac{m \cdot U_{1cc}}{I_{2N}} \quad (\text{Equ. II. 14})$$

$$\text{Or } \underline{Z}_S = R_s + jX_s \Rightarrow \underline{Z}_S^2 = R_s^2 + X_s^2 \Rightarrow X_s = \sqrt{Z_S^2 - R_s^2} \quad (\text{Equ. II. 15})$$

### II.13 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre là une définition du transformateur électrique; ensuite on a touché leur principe de fonctionnement avec présentation des différents éléments essentiels qui le compose.

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va décrire la procédure qui a été suivie pour la réalisation de la soudeuse a arc électrique, voire le calcul du circuit magnétique le nombre de spires et le travail qui a été réaliser pour le montage du transformateur ainsi la finalisation de l'appareille toute entier.

### III.2 Le circuit magnétique :

Le circuit magnétique des transformateurs électriques et former de feuilles de tôles (05-1 mm), pour l'acheminement du champ magnétique, ce type de tôles et spécifique pour les circuits magnétique des machines électrique cette tôle n'est pas disponible sur le marcher, donc la seul solution pour ce procure cette tôles est la récupération d'un circuit magnétique de poste à souder endommager.



Fig. (III.1) : Transformateur de poste à soude.



Fig. (III.2): Bobinage primaire endommagé (gauche) et secondaire saint (droit)



La première étape, en commence par le l'ouverture du circuit magnétiques, ensuit l'enlèvement de la bobine primaire, pour être remplacer par la bobine qui va être calculé pour notre application. (Fig.III.3)



Fig. (III.3) : Démantèlement de la bobine primaire

Les tôles utiliser sont (vertical l'épaisseur 0.5mm, de longueur est de 110 mm et de largeur 45 mm) et (horizontal l'épaisseur 0.5mm, de longueur est de 70 mm et de largeur 45 mm) (Fig.III. 4)



Fig. (III.4) : Tôles magnétiques utilisées dans la fabrication du circuit magnétique.

### III.3 Calcule des transformateurs

#### III.3.1 La section d'un noyau

Par mesure des grandeurs du circuit magnétique disponible la section est :

$$\text{Section du circuit magnétique} = 6.3 \times 4 = 25.2 \text{ cm}^2 = 25.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

#### III.3.2 Calcule du nombre de spires de la bobine primaire

$U_1$  : la tension en Volts,  $U_1 = 220$  volts.

$B$  : Avec une inductance en Gauss dans le fer,  $B = 10\,000$  gauss = 1 tesla.

$f$  : La fréquence en Hertz,  $f = 50$  Hz

S : la section en centimètres carrés,  $S = 25.2\text{cm}^2$

4,44 : Constante (valeur exacte =  $\pi\sqrt{2}$ )

$$N_1 = \frac{U_1}{4.44 \times f \times B \times S} \quad (\text{Equ. III. 1})$$

$$N_1 = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 1 \times 25 \times 10^{-4}} = 397 \text{ spire}$$

### III.3.3 Calcule des courants dans les enroulements

❖ Dans le primaire :

Pu : la puissance utile  $P_u = U_2 \times I_2$  (Equ.III.2)

$$I_1 = \frac{P_u}{U_1} \quad (\text{Equ. III. 3})$$

$$I_1 = \frac{6400}{220} = 29.09\text{A}$$

Epaisseur du métal	Diamètre de l'électrode	Intensité de l'arc en Ampère
1,5 à 2 mm	1,6 mm	35 à 52 A
2 à 2,5 mm	2 mm	52 à 75 A
2,5 à 3,5 mm	2,5 mm	75 à 100 A
3,5 à 5 mm	3,15 mm	130 à 170 A
5 à 7 mm	4 mm	180 à 210A

**Tableau (III.1)** des diamètres d'électrode et de l'intensité en fonction de l'épaisseur du métal à soude

### III.3.4. Calcule du nombre de spires à du circuit secondaire

Ce qui donne un rapport de transformation m de :

$$m = \frac{I_{1\text{ch}}}{I_{2\text{ch}}} \quad (\text{Equ. III. 5})$$

$$m = \frac{29}{105} = 0.27$$

On également

$$m = \frac{N_2}{N_1} \quad (\text{Equ. III. 6})$$

$N_1$  = Nombre de spires primaires.

$N_2$  = Nombre de spires secondaires.

$N_1 = 200$  spires.

Le nombre de spires secondaire sera

$$N_2 = m \times N_1 = 0.27 \times 200 = 53.3 \text{ soit } 53 \text{ spires.} \quad (\text{Equ. III. 7})$$

### III.3.5. Calcule et choix de la section du diamètre du fil de l'enroulement :

#### III.3.5.1 Pour le circuit primaire

Le choix de la section du files utiliser et réalisé par apport a l'intensité du courant primaire :

Le courant primaire est :  $I_1=29A$

Pour un fonctionnement normale sont refroidissement en prend

$$S = \frac{5 A}{1 mm^2} = \frac{29 A}{5 mm^2} = 5.8 mm^2$$

Donc le diamètre du file est  $D = 1.35mm$

Le file disponible sur le marcher et de diamètre un peut plus important

$d= 1.6mm$

De section :  $S=3.14 \times r^2$

$$S = 3.14 \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 2mm^2$$



Fig. (III.5) : La file de bobinage

### III.4 La méthode de faire le bobinage primaire

#### III.4.1 Les éléments de fabrication le gabaria de bobinage

On utilise des éléments pour l'isolement du fil est des bobines (papier kraft et goulotte. (Fig.III.6)

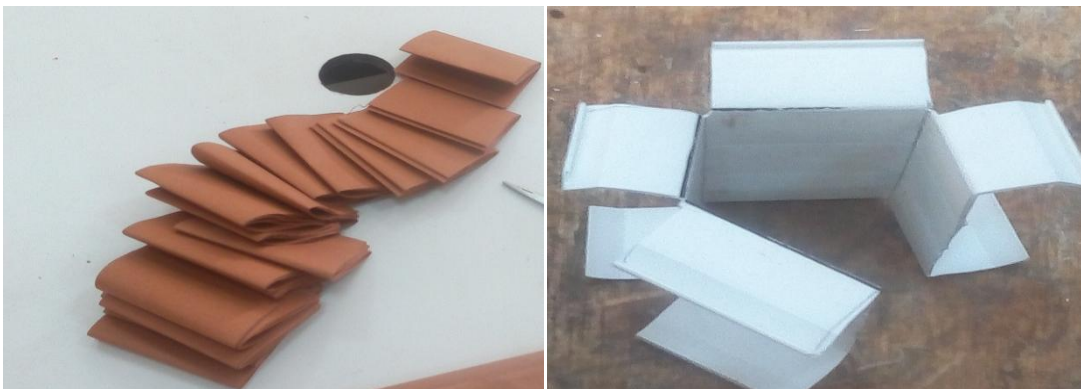


Fig. (III.6) : Les éléments de fabrication le bobinage (papier kraft et goulotte)

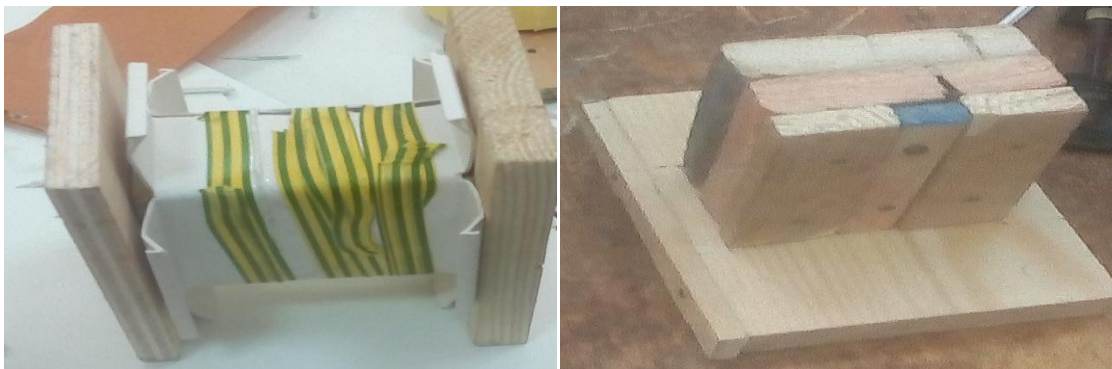


Fig. (III.7) : Support pour bobinage.

### III.4.2 Les donné de bobinage

- ❖ La tension primaire  $U = 220V$ .
- ❖ Nombre de spire primaire  $N = 397$  spires.
- ❖ Diamètre de file primaire  $d = 1.6mm^2$ .
- ❖ La section du circuit magnétique :  $S_{CM} = 25.2cm^2$ .
- ❖ La longueur de circuit magnétique  $L = 11 cm = 110mm$ .

### III.4.3 Calcule de nombre de spire par couche

Nombre de couche = longueur de circuit magnétique/diamètre de file (Equ.III.9)

$$N_{COU} = \frac{110}{1.6} = 68.75 \approx 69 \text{ spire par couche}$$

### III.4.4 Calcule le nombre de couches

Nombre de couche T= nombre spire  $\frac{\text{totale}}{\text{nombre}}$  de spire en seule couche (Equ.III. 10)

$$N_{COT} = \frac{397}{69} = 5.75 \approx 6 \text{ couche}$$

### III.4.5 Calcule de l'épaisseur de la bobine primaire E1:

$E_1 = \text{Nombre de couche} \times D$  (diamètre de la file primaire) (Equ.III.11)

$$E_1 = 6 \times 1.6 = 9.6 \text{ mm} = 0.96cm < 5cm$$

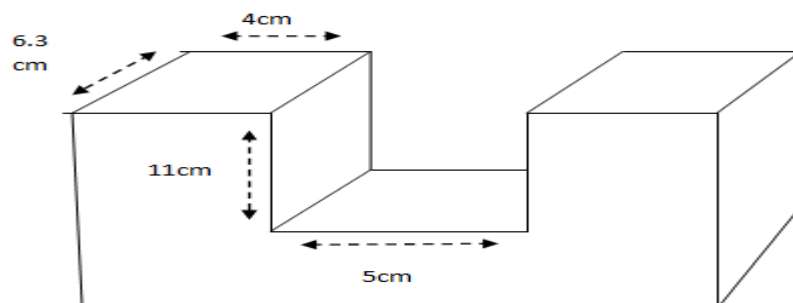


Fig. (III.8) : dimensionnement le circuit magnétique

**III.4.6 Calcule de la longueur de la file de cuivre en mètre :**

Le périmètre du circuit magnétique =  $(7+4.5) \times 2 = 23\text{cm} = 0.23\text{m}$ .

Pour chaque couche de bobiné le périmètre de la bobine augmente de :  $1.6 \times 4 = 6.4 \text{ mm}$ .

Tableaux. (III.2) : Longueur de la file de cuivre en mètre.

Nombre de couches	Nombre de cuivre en mètre
1 couche	$0.23\text{m} \times 69 = 15.87\text{m}$
2couche	$0.2364\text{m} \times 69 = 16.31\text{m}$
3 couches	$0.2428\text{m} \times 69 = 16.753\text{m}$
4 couches	$0.2492\text{m} \times 69 = 17.194\text{m}$
5 couches	$0.2556\text{m} \times 69 = 17.636\text{m}$
6 couches	$0.262\text{m} \times 69 = 18.078\text{m}$
Totale	101.843m

Un support de bobinage (gabarie), le bobine et réalisé manuellement spire par spire et couche par couche, jusqu'à la 397 spire comme représenté sur la (Fig.III.10)

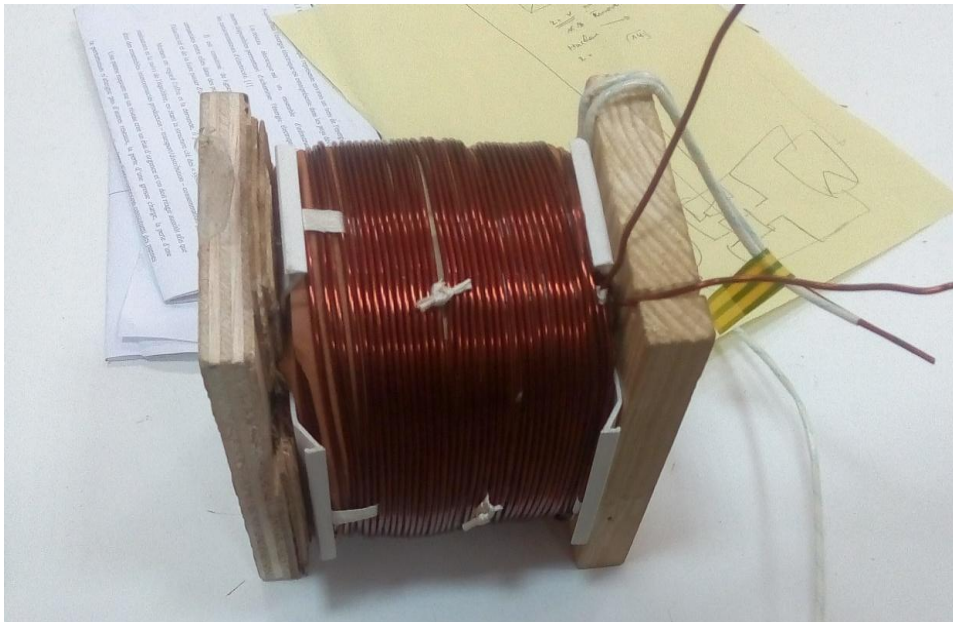


Fig. (III.10) : bobinage primaire neveux.

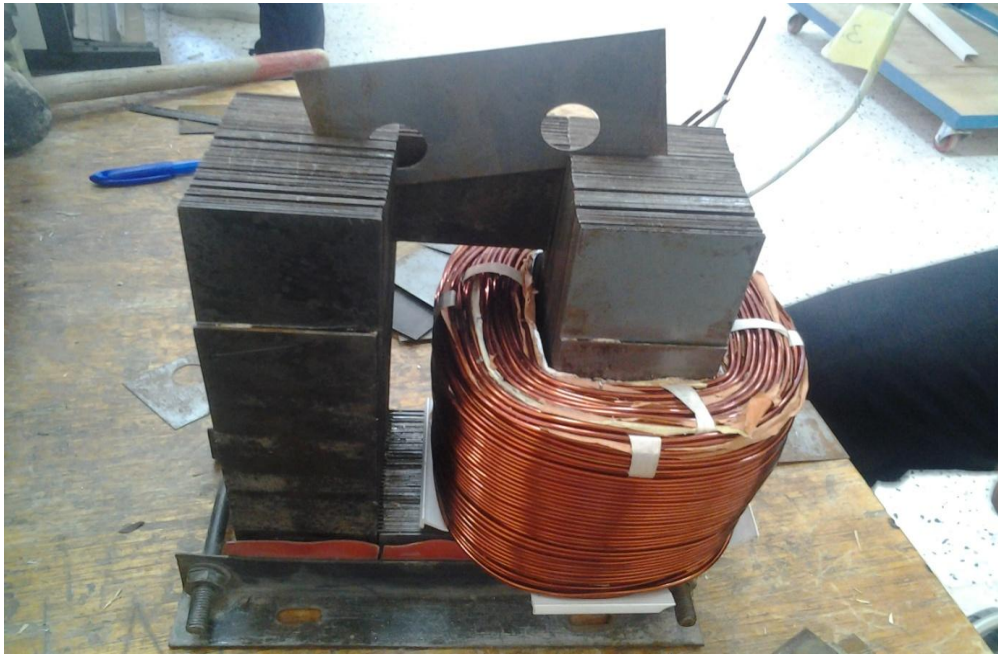


Fig. (III.11) : bobinage primaire place dans le circuit magnétique

Ce tableau expliquer pratiquement la disposition des spires et couches des spires.

Nbr couches	Nbr de spires /couche
1	50
2	50
3	50
4	50
5	50
6	50
7	52
8	45
	<b>Total =397</b>

Tableau. (III.3) : Nombre de spire pour chaque couche (pratique)

**Remarque :** le nombre de couches en théorie (6 couche) est différent du nombre pratique (8 couches), cette différence est due à la mesure pratique du montage.



### III.5 Remontage des tôles

La figure ci-dessus représente la fermeture du circuit magnétique (montage des tôles).



Fig. (III.12) : le lame et comment fermeture le circuit magnétique

Prendre ensuite un marteau et un bout de bois pour taper délicatement toutes les tôles pour qu'elles soient bien alignées, mais surtout sans aucun entrefer entre les I. On resserre les côtés latéraux à l'étau et pincer légèrement les bords inférieurs

Après de terminé le bobinage primaire, remontage et resserrage des tôles on commence de place le transformateur dans le poste. En fait la structure de poste fig. (III.13)



Fig. (III.13) : le circuit magnétique avec les deux bobines placé

### III.6 Construction de la carcasse du poste

Cette figure représente le couvercle du transformateur et nous facilite le portage



Fig. (III.14) Carcasse de notre poste a soudage

**III.7 Les éléments que utilisés pour le soudage par poste d'arc**

- ❖ Porte-électrode isolé.
- ❖ Prise de masse
- ❖ Conducteur (câble de porte électrode et prise de masse et alimentation)



Fig. (III.15) : Porte-électrode isolé. Et prise de masse

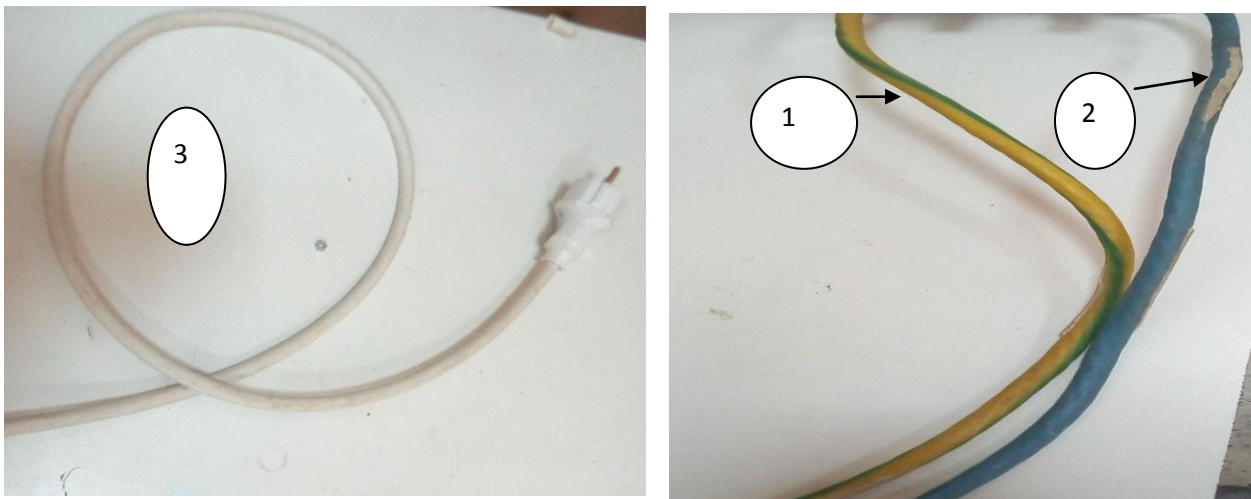


Fig. (III.16) : câble de porte électrode (1) et de prise de masse (2) et alimentation(3)

### III.8 Systèmes des protections

Pour éviter les pannes des transformateurs il faut que nous appliquions des systèmes de protection.

Interface entre la moyenne et la basse tension, le transformateur subit toutes les perturbations aussi bien des réseaux situés en amont et en aval (coups de foudre, coupures de ligne, etc.).

Les variations anormales de la température ambiante ou de la charge peuvent provoquer un échauffement des enroulements susceptible de compromettre la durée de la vie de l'appareil

D'autre part, dans le cas des transformations immergées, la réglementation impose des dispositifs prévenant et /ou limitant les conséquences d'un incident.

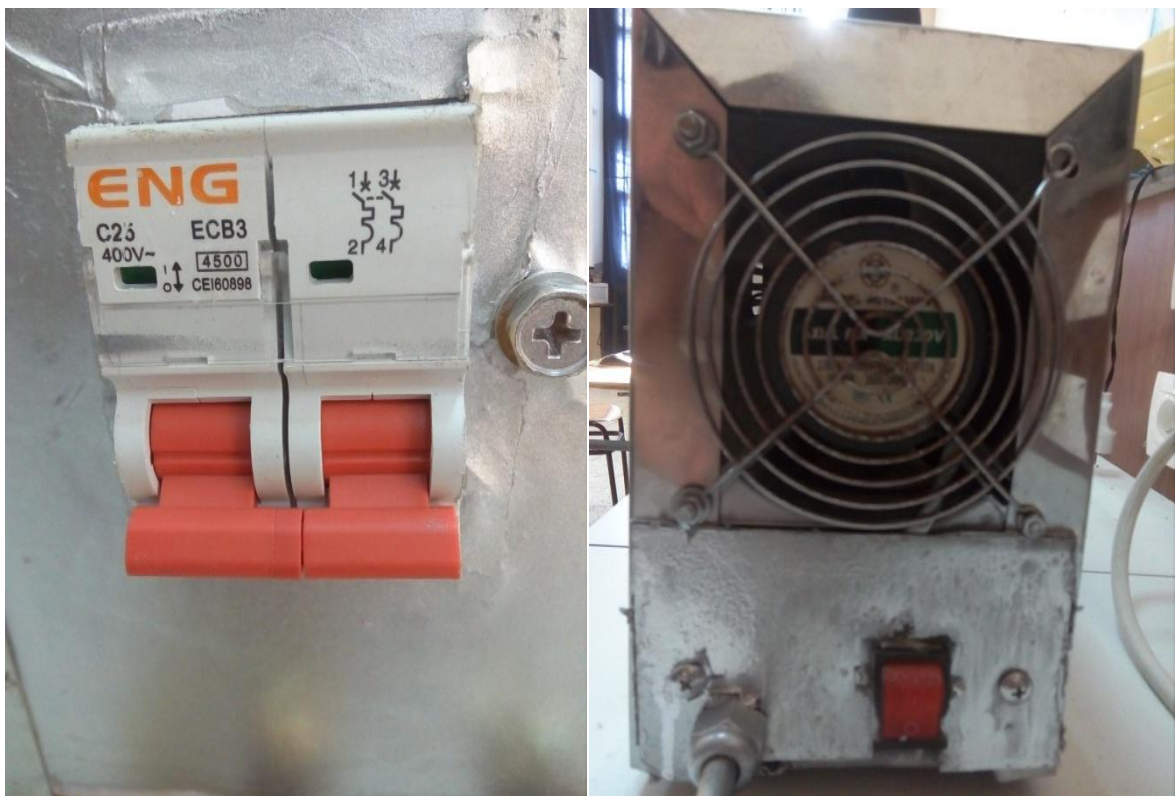


Fig. (III.17) : outils de protection et refroidissement (disjoncteur, ventilateur)

**Remarque :** On a choisi le disjoncteur c25 pour protéger de la surintensité

## III.9 Equipment de protection individuelle

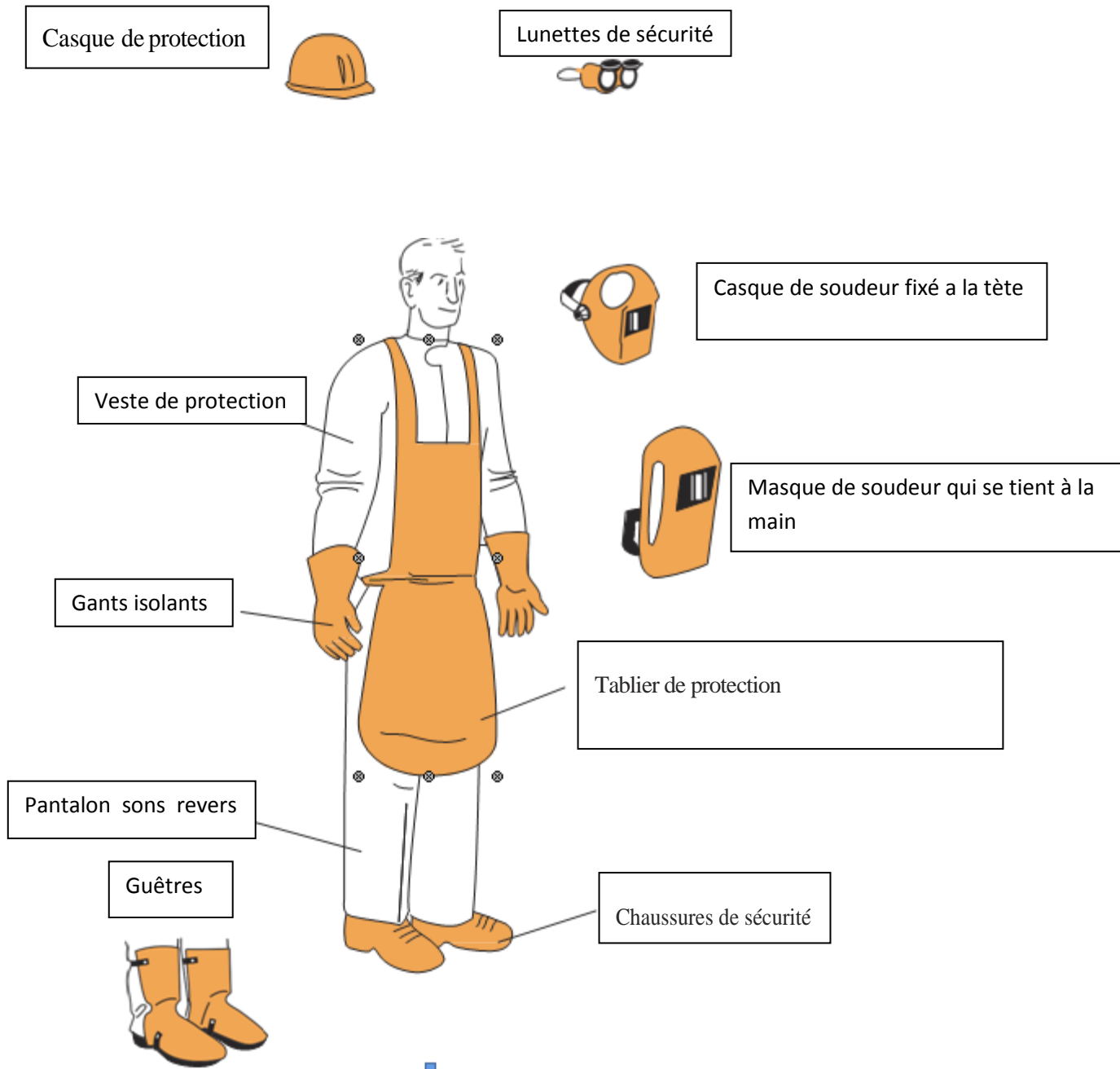


Fig. (III.18) : protection individuelle



Fig. (III.19) : le poste soudage et termine

### III.10 Teste pour le poste de soudure

Après qu'on a terminé le poste à souder on a fait un teste de soudure sur deux tôles métalliques

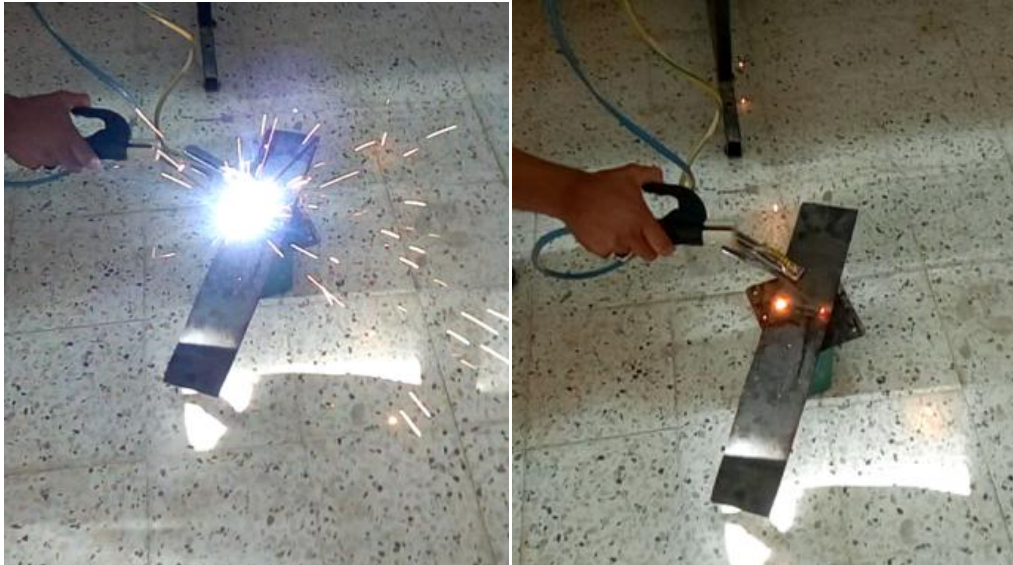


Fig. (III.20) : test de soudage

On alimente le poste à souder par une tension de 220v après on allume le disjoncteur est le transformateur fonctionne pour souder deux tôles il faut les assemble, crocher la borne de masse sur le métal et en contact l'électrode avec les tôles qu'on veut souder.

### III.11. Résultats du teste de transformateur :

- **Essai 1** : Avec 397 spires

Essai	Bobinage primaire		Bobinage secondaire	
	Courant (A)	Tension (V)	Courant (A)	Tension (V)
<b>En 220 v</b>				
<b>A vide</b>	<b>2.3</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>28</b>
<b>En charge (c.c)</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>67</b>	<b>0</b>

Tableau. (III.4) : essai en charge et à vide (avec 397 spires)

➤ **Essai 2 :**

Nombre de couche 6

Nombre de spire 300

Essai En 220 v	Bobinage primaire		Bobinage secondaire	
	Courant (A)	Tension (V)	Courant (A)	Tension (V)
<b>A vide</b>	<b>3.5</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>35</b>
<b>En charge (c.c)</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>90</b>	<b>0</b>

Tableau. (III.5) : essai en charge et à vide (avec 300 spires)

➤ **Essai 3 :**

On minimisation le nombre de spire de secondaire ce dernier et (53 spire) à la (33 spire) on donne le résultat suivant :

Essai En 220 v	Bobinage primaire		Bobinage secondaire	
	Courant (A)	Tension (V)	Courant (A)	Tension (V)
<b>A vide</b>	<b>7</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>17</b>
<b>En charge (c.c)</b>	<b>5.9</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>0</b>

Tableau. (III.6) : essai en charge et à vide (avec 53 spires)



➤ **Essai4 :**

Le nombre de couche 4

Nombre de spire 200

<b>Essai</b>  <b>En 220 v</b>	<b>Bobinage primaire</b>		<b>Bobinage secondaire</b>	
	<b>Courant (A)</b>	<b>Tension (V)</b>	<b>Courant (A)</b>	<b>Tension (V)</b>
<b>A vide</b>	<b>7</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
<b>En charge (c.c)</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>105</b>	<b>0</b>

Tableau. (III.7) : essai en charge et à vide (avec 200 spires)

Cette essai est donne un bon resulta

### III.12 Conclusion :

Comme conclusion on peut déduire que les calcule théorique dans la conception des machine n'aboutie pas a des résultats qui mène a un bon fonctionnement de la machine dans notre cas le courant n'nécessaire pour former un arc électique, il faut toujours fere des modifications pratique (expérience des ingénieurs).

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude présente les Applications des transformateurs Soudage à arc électrique.

Le premier chapitre est une introduction au soudage, représentant un historique, des définitions, principe et type de soudage.

Le deuxième chapitre est une introduction pour les transformateur électrique voire le principe de fonctionnement et leurs différent domaine d'application. Ainsi le chapitre introduit le calcul des transformateur.

Le dernier chapitre et le cœur de notre travail, il représente les différentes phases de la construction d'un poste à arc électrique de puissance 6.4 KVA sous tension de 220 volts.

L'étude comprend pour fabriquer cette poste :

- le calcul du circuit magnétique de transformateur électrique
- Calcul du nombre de spires de la bobine primaire
- Calcul des courants dans les enroulements Dans le primaire
- Calcul du nombre de spires à du circuit secondaire
- Calcul et choix de la section du diamètre du fil de l'enroulement Pour le circuit Primaire
- Conception Support pour bobinage.
- Calcul le nombre de couches et Calcul de nombre de spire par couche
- Calcul de la longueur de la file de cuivre en mètre
- On commence le bobinage
- Après de terminé le bobinage primaire, remontage et resserrage des tôles on commence de place le transformateur dans le poste. En fait la structure de poste
- Après de terminé la structure de poste On fait le teste de le poste pour confirment (Essai à vide et en charge)

Ensuite le poste donnée bon résultat on a fait le fonctionnement de soudage et mesure la méthode de construction d'un poste à arc électrique de puissance assignée.

Enfin j'ai proposé de choisir le poste soudage variation avec L'enrobage basique


## Référence Bibliographiques

- [1] HICHEM .B, ‘Optimisation de la vitesse de soudage a l’arc électrique des aciers’, thèse de master, 2013, université de Biskra.
- [2] BENEDDEB Mostefa, Étude les défauts de soudage des pipelines, thèse de master, 2012, université de Biskra.
- [3] cour-chapitre 8-GABRIEL CORMIER
- [4] YAHIOU ABDE LLEGHANI,’ Contribution à l’étude et à l’analyse du régime transitoire dans les transformateurs de puissance : Cas du courant d’appel ‘, Mémoire magister, réseaux électriques université farhate abas Stif.2012
- [5] Toufik SMAIL ‘Modélisation des éléments non linéaire ‘, Mémoire de magister, département d’électronique, Université de Batna, 2005.
- [6] V. COSTAN, ‘ Convertisseurs Parallèles Entrelacés : Etude des Pertes Fer dans les Transformateurs Inter-cellules’, Thèse de doctorat, institut national polytechnique de Toulouse, octobre 2007



# **Introduction**

# **Générale**

A welder wearing a protective mask and gear is working on a large metal structure, likely a ship's hull, in a bright, industrial setting. The welder is positioned in the center of the frame, and the background shows a large, curved metal structure with a grid pattern.

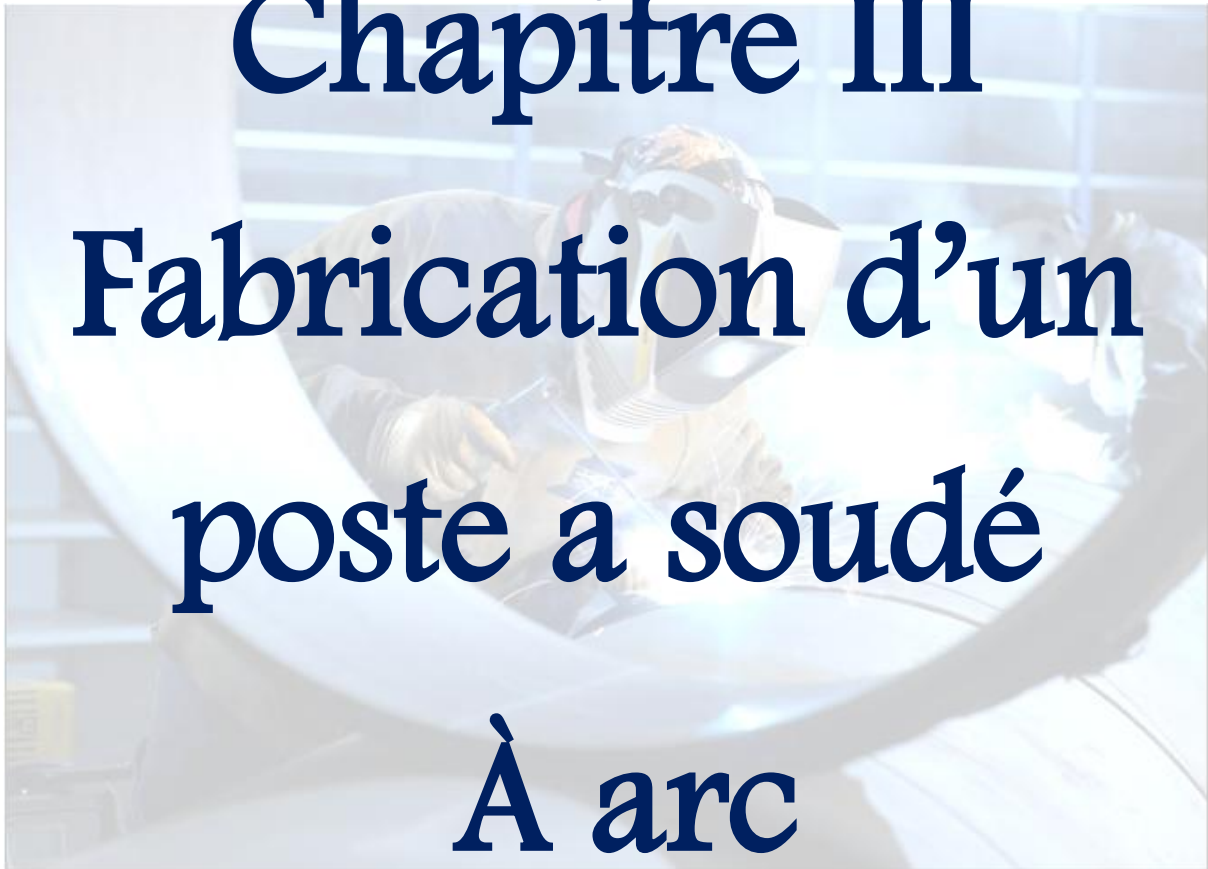
# **Chapitre I**

# **Généralité Sur Le**


# **Soudage**



**Chapitre II**  
**Transformateurs**  
**Electriques**



**Chapitre III**  
**Fabrication d'un**  
**poste a soudé**  
**À arc**



# **Conclusion Générale**