

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et la recherche scientifique**  
**Université Amar Thelidji – Laghouat**



**Faculté des Sciences et de la technologie**

**Département d'Electrotechnique**

**Mémoire de Master**

**Filtre : Electrotechnique**

**Option : Machine électrique**

## **Thème**

***Élaboration d'un Programme Informatique de  
Dimensionnement des Transformateurs***

**Présenté par :**

**Bouchra Yaakoub**

**Yaichi Abdelghani**

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>qualité</b>
<b>SAROUT Mohammed</b>	<b>MAA</b>	<b>Président</b>
<b>DAREM Elmoradj</b>	<b>MAA</b>	<b>Examineur</b>
<b>MEKHANET Mohammed</b>	<b>MAA</b>	<b>Encadreur</b>

**Promotion : septembre 2020**

# Remerciements

*En premier lieu, nous remercions DIEU tout puissant, qui nous a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

Nous remercions notre prompteur **Dr.Mekhnet Mohammed et Pr.sarout Mohammed** qui ont suivi de très près ce travail, pour leur aide, leurs orientation leur disponibilité et tous les conseils qu'ils nous ont prodigué pendant toute la durée de ce travail.

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'être rapporteurs de notre mémoire.

Nous sincères remerciements vont également à tous les enseignants du Département de Electrotechnique de université Amar Theliji Laghouat ayant contribué de près et/ou de loin à notre formation de Master.

Enfin nous exprimons notre très grande reconnaissance à notre famille, à Mon père et Ma mère nos frères et mes sœurs à nos proches pour nous avoir encouragés.

*Bouchra yaakoub  
Yaichi Abdelghani*



# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon père*

*Mon mère*

*Mes très chères sœurs*

*A tous ma famille*

*A tous mes amis*

*A tous la promotion 2020 et en particulier la promotion de  
la machine électrique*

*Bouchra yaakoub*





# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon père*

*Mon mère*

*Mes très chères frères*

*Mes très chères sœurs*

*A tous ma famille*

*A tous mes amis*

*A tous la promotion 2020 et en particulier la promotion de  
la machine électrique*

*Yaichi abdelghani*



# Sommaire

---

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des symbol	
Introduction général.....	1
<b>Chapitre I : presentaion du transformateur</b>	
I.1 Introduction :.....	2
I.2 Evolution de la construction des transformateurs :.....	2
I.3 Constitution d'un transformateur :.....	3
I.3.1 Partie active :.....	3
I.3.2 Partie constructive :.....	5
I.4 Equations Magnétiques :.....	5
I.4.1 Loi d'Hopkinson :.....	5
I.4.2 Loi de Lenz :.....	6
I.5 Principe de fonctionnement d'un transformateur :.....	6
I.5.1 Symbole d'un transformateur :.....	7
I.5.2 Rapport de transformation :.....	7
I.5.3 Pertes dans le transformateur :.....	8
I.6 Essais sur les transformateurs :.....	8
I.6.1 Essais à vide :.....	9
I.6.2 Essais en court-circuit.....	9
I.7 Classification des transformateurs :.....	9
I.8 Les types de transformateur :.....	10
I.9 Le transformateur parfait :.....	12
I.9.1 Définition :.....	12
I.9.2 Relations de transformateur parfait :.....	12
I.9.2.1 Equations des tensions .....	12
I.9.2.2 Relations entre les intensités des courants primaire et secondaire.....	13
I.9.3 Diagramme de Fresnel.....	13
I.9.4 Formule de Boucherot :.....	13
I.9.5 Relations entre les puissances :.....	14
I.9.6 Puissances : <sup>[8]</sup> .....	14
I.9.7 Modèle équivalent : <sup>[9]</sup> .....	14
I.9.7.1 Equations ramenées au primaire :.....	14

---

# Sommaire

---

I.9.7.2	Equations ramenées du secondaire :.....	15
I.10	TRANSFORMATEUR RÉEL :.....	15
I.10.1	Bilan énergétique :.....	15
I.10.2	Chute de tension :.....	16
I.10.3	Rendement .....	16
I.10.4	Rendement de transformateur :.....	18
I.11	MODÈLE EQUIVALENT DU TRANSFORMATEUR RÉEL :.....	19
I.11.1	Linéarisation du circuit magnétique :.....	19
I.11.2	Modèle à vide :.....	19
I.11.3	Modèle en charge.....	19
I.11.4	Modèle complet du transformateur :.....	20
	.....	20
I.11.5	Modèle de Thévenin vu du secondaire :.....	20
I.12	Hypothèse de Kapp :.....	21
I.12.1	Modèle équivalent du transformateur dans l'hypothèse de Kapp :.....	21
I.12.2	Diagramme de Kapp :.....	21
I.13	Conclusion :.....	22

## **Chapitre II : dimensionnement de transformateur**

II-1	. Introduction :.....	23
II-2	. Les matériaux utilisés dans la construction du transformateur :.....	23
II.2.1	Matériaux actifs :.....	23
II.2.2	Matériaux d'isolation :.....	24
II.2.3	Matériaux constructif :.....	24
II-3	parties constructives principales des transformateurs :.....	24
II.3.1	Tôle :.....	24
II.3.2	L'entrefer :.....	25
II.3.3	Joints :.....	25
II-4	. Bobinage d'un transformateur monophasé :.....	26
II-5	. Calcul de circuit magnétique et électrique.....	26
II.5.1	Le circuit magnétique :.....	26
II.5.2	Circuit électrique :.....	30
II-6	. La conception d'un transformateur monophasé.....	33

---

# Sommaire

---

II.6.1	Le dimensionnement du transformateur :	33
II.6.2	. Dimensionnement de la carcasse :	37
II-7	. Les différentes étapes de bobinage :	38
II.7.1	Construction :	38
II.7.2	. La conception du transformateur :	38
II-8	. Conclusion :	42
<b>Chapitre III : partie exploitation :</b>		
III-1	Introduction :	43
III-2	Description du projet :	43
III-3	. Principales d'utilisations d'Excel incluent :	43
III-4	Fonctions de données, formules et raccourcis :	44
III.4.1	Exemple d'utilisation des fonctions :	44
III.4.1.1	Fonction RECHERCHEV .....	44
III.4.1.2	Fonction EQUIV .....	45
III.4.1.3	Fonction INDEX.....	46
III-5	Etude d'un cas :	47
III.5.1	Résultat du programme Excel :	47
III.5.1.1	Circuit magnétique .....	48
III.5.1.2	Bobine.....	48
III.5.2	Résultats obtenus par le programme Matlab .....	50
III.5.3	Conclusion :	53
Conclusion général .....		54

---

# Liste des figures

---

## Liste des figures

### Chapitre I :

Figure I- 1 : transformateur triphasé .....	1
Figure I- 2 : transformateur monophasé .....	1
Figure I- 3 : le premier transformateur de Lucien Gaulard .....	2
Figure I- 4 : les divers parties de transformateurs. ....	4
Figure I- 5 : Principe de fonctionnement d'un transformateur .....	5
Figure I- 6 : Symbole de transformateur .....	6
Figure I- 7 : Diagramme de Frensel .....	13
Figure I- 8 : Schéma équivalent vu du primaire .....	15
Figure I- 9 : Schéma équivalent vu du secondaire .....	15
Figure I- 10 : bilan énergétique .....	15
Figure I- 11 : La différence entre $U_{20}$ et $U_2$ est la chute de tension au secondaire du transformateur	16
Figure I- 12 : l'évolution des pertes en fonction du courant $I_2$ . ....	17
Figure I- 13 : Essai à vide.....	17
Figure I- 14 : Essai en court-circuit.....	18
Figure I- 15 : Modèle linéaire au circuit magnétique .....	19
Figure I- 16 : Modèle à vide .....	19
Figure I- 17 : Transformateur parfait.....	20
Figure I- 18 : Modèle de Thévenin.....	21
Figure I- 19 : circuit équivalent de transformateur monophasé.....	21
Figure I- 20 : Diagramme de kapp .....	22

### Chapitre II :

Figure II- 1 Tôles magnétiques .....	28
Figure II- 2 Section théorique d'un circuit magnétique en fonction de la puissance apparente.....	29
Figure II- 3 : carcasse standard presspahn.....	33
Figure II- 4 : Vue de face d'une carcasse .....	38
Figure II- 5 : Vue en haut d'une carcasse.....	39
Figure II- 6 : Les différentes étapes de bobinage .....	39
Figure II- 7: Les matériaux nécessaires.....	40
Figure II- 8 : La fixation de la carcasse sur la machine.....	40
Figure II- 9 : Le bobinage du secondaire.....	41
Figure II- 10 : Le bobinage du secondaire après isolation entre couche .....	41
Figure II- 11 : Bobinage de la couche finale .....	42
Figure II- 12: L'isolation extérieure du transformateur par une bande isolante et la soudure des fils.	42

### Chapitre III :

Figure III- 1: Représentation de la fonction RECHERCHEV .....	45
Figure III- 2 : Représentation de la fonction INDEX.....	46
Figure III- 3 : Interface d'entrée de l'application Excel.....	47
Figure III- 4 : Résultats obtenus par l'application Excel pour le circuit magnétique .....	48
Figure III- 5 : Résultats obtenus par l'application Excel pour la bobine .....	48

---

## Liste des figures

---

Figure III- 6 : Résultats obtenus par l'application Excel pour le nombre de couches et le nombre de spires au primaire et au secondaire.....	49
Figure III- 7 : Cotation de la carcasse donnée par l'application .....	49
Figure III- 8 : Cotation de la Tôle magnétique générée par l'application .....	50
Figure III- 9 : Tensions d'entrées et les courants de sorties du transformateur .....	50
Figure III- 10: Dimension de la carcasse et la tôle magnétique généré par le programme Matlab .....	52

---

# Liste des tableaux

---

## Liste des tableaux

### **Chapitre I :**

Tableau I- 1 : Essais à vide. ....	8
Tableau I- 2 : Essai en court-circuit. ....	9

### **Chapitre II :**

Tableau II- 1 : valeur standard de G.....	29
Tableau II- 2 : valeurs chute de tension .....	31
Tableau II- 3 : valeurs de rendement du transformateur .....	31
Tableau II- 4 : Densité du courant (A/mm <sup>2</sup> ).....	32
Tableau II- 5 : Densités de courant dans les enroulements .....	36

---

## Liste des symboles

---

### Liste des symboles

$N_1$ : Nombre de spire de primaire.

$N_2$ : Nombre de spire de secondaire.

$\Phi_{max}$  : Le flux maximum.

$f$  : La fréquence

$i_1$  : Le courant primaire

$i_2$ : Le courant secondaire.

$\mathcal{R}$  : La reluctance

$K$  : dépend du nombre de spire

$R_i$  : Résistance de l'enroulement  $i$ .

$I_i$  : L'intensité du courant qui le traverse.

$P_f$  : Perte fer

$P_j$  : Perte joule

$P_{mag}$  : Pertes magnétiques

$U_1$  : La tension primaire

$U_2$  : La tension secondaire

$S$  : La puissance apparente

$S_f$ : section apparent

$S_r$  : section réel

$G$  : Largeur théorique de la tôle magnétique

$B'$  : hauteur d'enroulement

$n$  : Nombre de tôles constituant le circuit magnétique

$P_d$ : poids de circuit magnétique

$B_T$  : Induction magnétique du fer (T)

$S_1, S_2$  : la section de conducteur

$(\delta)$  : Densité du courant

$J$  : Contrôle de l'embrument

---

## Liste des symboles

---

$N_{s/c}$  : Nombre de spire par couche

$N_c$  : Nombre de couche

$L_p$  : hauteur de bobinage

$Cr$  : coefficient de remplissage

---

# **Introduction général**

# Introduction général

---

## Introduction général

Dans notre monde moderne nous utilisons de plus en plus de technologie dans notre vie de tous les jours, au point où nous sommes devenus complètement dépendant de l'énergie électrique, autant dans notre vie privée que pour nos activités commerciales et industrielles [18].

Les transformateurs de puissance sont des unités parmi les plus importantes sur les réseaux d'énergie, aussi bien en production, en transport qu'en distribution. Ils sont des composants cruciaux aux réseaux d'énergie, car ils permettent de transformer la tension à différents potentiels. À titre d'exemple, les transformateurs élévateurs permettent de réduire le courant sur les lignes de transport en augmentant la tension et par le fait même, de diminuer les pertes ainsi que la grosseur des conducteurs.

La construction des machines électriques demande un très grand nombre de formules, des tableaux et abaquages ce qui demande un temps de calcul très important. L'utilisation de l'outil informatique permet un gain de temps très important évitant ainsi des erreurs de dimensionnement dû aux erreurs de calcul.

Dans ce projet de fin d'étude on vise à réaliser un programme informatique permettant de dimensionner d'un transformateur de puissance (bobines, circuit magnétique...).

Le travail présenté dans cette mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation du transformateur monophasé.
- Le deuxième chapitre fait une étude détaillée sur la conception du transformateur monophasé.
- Le troisième chapitre on a calcul le dimensionnement de notre transformateur par logiciel Excel.

# **Chapitre I**

## **Présentation de transformateur**

**I.1 Introduction :**

Le transformateur est un appareil électromagnétique statique destiné à transformer des grandeurs électrique variable du primaire en une autre grandeur de même type au secondaire et de même fréquence. <sup>[1]</sup>

Le rôle du transformateur est le changement l'amplitude de tension, il est largement utilisé sur le réseau de distribution pour élever la tension, par contre dans le réseau de distribution pour rôle élever la tension ou l'abaisser la valeur efficace de la tension et l'isolation galvanique ( $U_1 = U_2$ ). Le transformateur permet de créer des sources des tensions qui n'ont pas de référence de potentiel les unes par rapport aux autres (alimentation de circuit électronique, de circuit de sécurité etc...). <sup>[2]</sup>



**Figure I- 1 : transformateur triphasé[6] Figure I- 2 : transformateur monophasé[6]**

**I.2 Evolution de la construction des transformateurs :**

La procédure de la construction des transformateurs a évolué pendant plusieurs années.

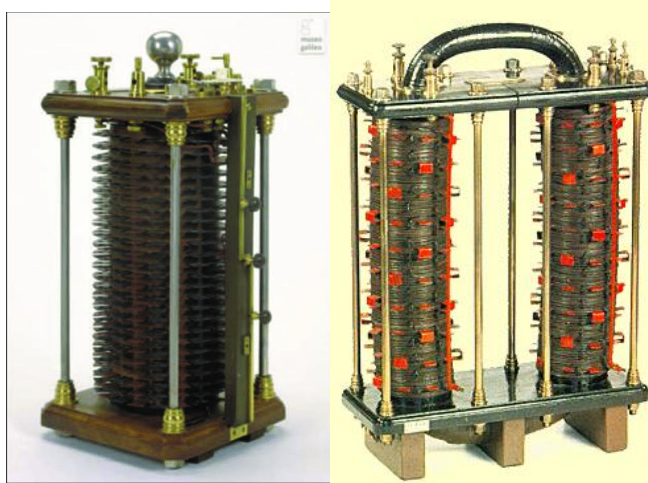
En 1820, Hans Christian Oersted, (physicien Danois) a découvert qu'un conducteur véhiculant un courant généré un champ magnétique, quelques années plus tard, vers 1830, Josef Henry donna corps aux notions d'induction et de self-induction.

Au cours de l'année 1831 L'anglais Michail Faraday procéda à une série d'expériences avec un appareil constitué d'un anneau de fer de l'enroulement de fils de cuivre isolé. <sup>[3]</sup>

Dans l'année 1883, Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs ont 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 d'un transformateur avec un noyau en forme de barres. <sup>[4]</sup>

En 1884, Lucien Gaulard met en service une liaison bouclée de démonstration 133 Hz alimentée par un courant alternatif sous 2000 volts. On fin a lors par admettre l'intérêt du transformateur qui permet d'élever la tension d'élever par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension. La reconnaissance de Lucien Gaulard interviendra trop tardivement.

Le transformateur Gaulard de 1886 n'pas grand-chose à envier aux transformateurs actuels, son circuit magnétique fermé (le prototype de 1884 comportait un circuit magnétique ouvert, d'où un bien médiocre rendement) est constitué d'une multitude de fils de fer annonçant le circuit feuilleté à tôles isolées. [4]



a- Circuit ouvert (1884)

b- Circuit fermé(1886)

**Figure I- 3 : le premier transformateur de Lucien Gaulard [5]**

Le transformateur inventé par Gaulard, permet d'augmenter fortement la tension au détriment de courant, et donc de diminuer énormément par effet joule lors de transport sur des grandes distances. [3]

### **I.3 Constitution d'un transformateur :**

Le transformateur est constitué de deux parties essentielles, partie active et partie constructive :

#### **I.3.1 Partie active :**

##### **A : Circuit magnétique fermé :**

Le noyau est composé d'un empilage de tôles ferromagnétiques haute perméabilité et aux cristaux orientés sont généralement feuilletés pour réduire les pertes par courant de

Foucault et par hystérésis qui se produisent lors de la variation périodique du flux magnétique.

Pour les transformateurs du courant, les tôles empilées magnétiques ont la forme de E et I, permettant ainsi de glisser une bobine à l'intérieur des fenêtres du circuit magnétique.

Suivant la forme du circuit magnétique, on distingue deux dispositions principales <sup>[6]</sup>:

**a : Cuirassé :**

Les enroulements sont placés sur une colonne centrale et le flux magnétique se referme par chacun des cotés qui forme la cuirasse

**b : Colonne :**

Pour les transformateurs de faibles puissances, les sections sont carrées, on réalise des sections circulaires pour ceux de grosse puissance.

**B : Enroulements :**

Pour les transformateurs de base tension et de faible puissance, les enroulements primaires et secondaires sont constitués par des bobines en file de cuivre émaillé, chaque couche étant isolée de la suivante par du papier. Pour les appareils à haute tension et grande puissance, les bobines, quelque fois fractionnées en galettes, sont constituées par du fil rond ou méplat isolé au carton imprégnés et séparés par des isolants tels que fibre mica, etc. <sup>[7]</sup>

En générale, les enroulements doivent répondre aux exigences suivantes :

- Résiste aux contraintes mécaniques.
- Résiste aux contraintes thermiques.
- Résiste aux contraintes électriques.
- Être économique.

On rencontre trois types d'enroulements, qui sont déterminés en fonction de la puissance et tension sont :

- Enroulement concentrique en conche (en fil rond vernis).
- Enroulement concentrique en méplat isolé au papier.

- Enroulement concentrique alterné en méplat isolé au papier.
- Enroulement concentrique à galette en fil rond isolé au papier.

### I.3.2 Partie constructive :

Le transformateur comprend, en plus de la partie active, une série d'éléments Mécaniques qu'on appelle pièces constructives, destinées à l'isolation électrique entre les Enroulements, à la fixation et au refroidissement de la partie active qui se compose de<sup>[4]</sup>:

#### A : Cuve de refroidissement :

La cuve protège la partie active du transformateur, son rôle est d'assurer le refroidissement en utilisant l'huile.

Elle doit présenter une grande surface d'échange de chaleur avec le milieu extérieur. C'est pour ça qu'elle présente des ondulations comme moyen d'augmenter cette surface avec le milieu extérieur.

#### B: Couvercle :

C'est un élément important, on a placé plusieurs pièces importantes, c'est une plaque métallique qui sert à couvrir la partie supérieure de la cuve comme un support des isolateurs.

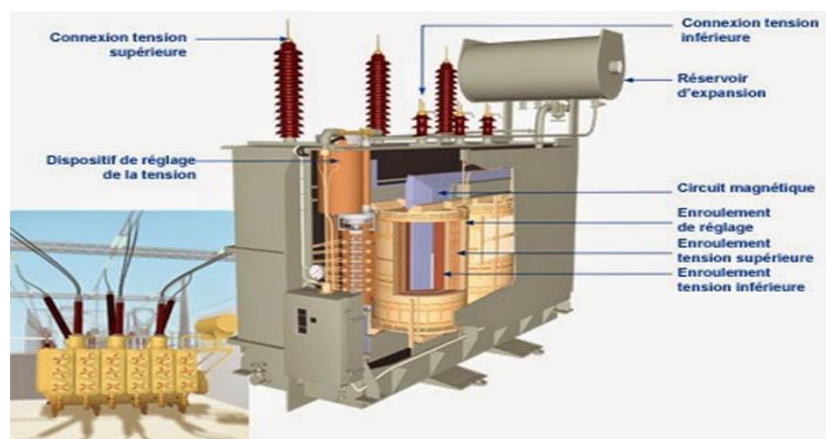


Figure I- 4 : les divers parties de transformateurs.

## I.4 Equations Magnétiques :

### I.4.1 Loi d'Hopkinson :

La formule d'Hopkinson est une équation d'électromagnétisme qui permet de calculer la force magnétomotrice dans un générateur électrique.<sup>[15]</sup>

$$F = nI = \varphi \tag{I-1}$$

**I.4.2 Loi de Lenz :**

Un courant sinusoïdal dans n spires bobinées sur un matériaux magnétique fermé crée un flux magnétique sinusoïdal. Dans ce cas on a : <sup>[15]</sup>

$$\varphi(t) = \frac{ni(t)}{\mathfrak{R}} \tag{I-2}$$

Une variation de flux magnétique dans une spire provoque l'apparition d'une tension (f.é.m.) créant un courant dont les effets s'opposent au flux. C'est la loi de Lenz <sup>[5]</sup>:

$$U(t) = -n. (d \Phi (t)) /dt$$

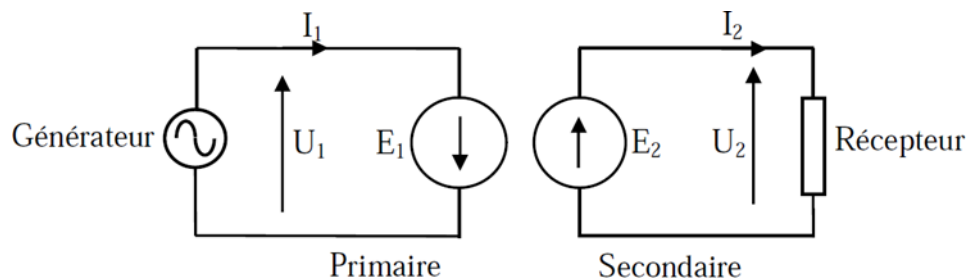
$$\text{Donc : } u(t) = \frac{n^2}{\mathfrak{R}} \frac{di(t)}{dt} = L \frac{di(t)}{dt} \tag{I-3}$$

L : l'inductance de la bobine.

**I.5 Principe de fonctionnement d'un transformateur :**

L'enroulement primaire est soumis à une tension sinusoïdale. Il est donc traversé par un courant sinusoïdal et donne naissance à travers le circuit magnétique à un flux sinusoïdal. Ce flux engendre alors une force électromotrice induite E1 dans l'enroulement primaire et E2 dans l'enroulement secondaire. Au niveau des bornes du secondaire, pour une tension <sup>[15]</sup>

Sinusoïdale de même fréquence que celle du primaire, mais d'une amplitude différente comme le montre la figure1 ci-dessous :



**Figure I- 5 : Principe de fonctionnement d'un transformateur.** <sup>[15]</sup>

La force électromotrice maximale au primaire et au secondaire est donnée par l'équation suivante :

$$E_1 = \sqrt{2}\pi f n_1 \Phi_{max} \tag{I-4}$$

$$E_2 = \sqrt{2}\pi f n_2 \Phi_{max} \tag{I-5}$$

Avec :

$n_1$ : Nombre de tours primaires.

$n_2$ : Nombre de tours primaires.

$\Phi_{max}$  : Le flux maximum.

$f$  : La fréquence.

Les lois qui régissent le fonctionnement du transformateur sont données pas la loi de Lenz et la loi de d’Hopkinson montrées par les équations :

$$u_1(1) = -E_1 = -n_1 \left( \frac{d\Phi}{dt} \right) \quad (I-6)$$

$$u_2(1) = -E_2 = -n_2 \left( \frac{d\Phi}{dt} \right) \quad (I-7)$$

$$n_1 \cdot i_1 = n_2 i_2 = \mathcal{R} \Phi_{max} \quad (I-8)$$

Avec :

$i_1$  : Le courant primaire

$i_2$ : Le courant secondaire.

$\mathcal{R}$  : La reluctance.

### I.5.1 Symbole d’un transformateur :

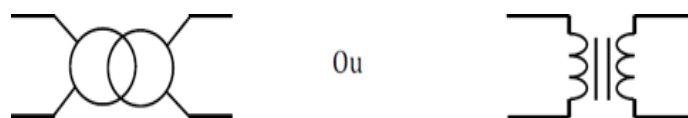


Figure I- 6 : Symbole de transformateur

### I.5.2 Rapport de transformation :

On désigne par un rapport de transformateur un rapport des tensions entre l’enroulement primaire et l’enroulement secondaire, ou bien entre enroulement tertiaire et primaire :

$$K_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{E_2}{E_1} \quad (I.9)$$

$$K_{31} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{E_3}{E_1} \quad (I.10)$$

Avec :

K : dépend du nombre de spire  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ , et du couplage des enroulements primaire, secondaire, tertiaire.

### I.5.3 Pertes dans le transformateur :

La conversion de l'énergie dans transformateur s'accompagne de diverses pertes sont :

➤ **Pertes par effet Joule :**

Les pertes par effet Joules dans les enroulements sont appelées également (pertes cuivre) elles dépendent de la résistance de ces enroulements et de l'intensité du courant qui les traverse est donnée par l'équation suivante :

$$P_1 = \sum_i R_i I_i^2 \quad (\text{I-11})$$

Avec :

$R_i$  : Résistance de l'enroulement  $i$ .

$I_i$  : Intensité du courant qui le traverse.

➤ **Pertes magnétiques :**

Ces pertes dans le circuit magnétique, également appelée pertes fer dépendent de la tension d'alimentation. L'origine de ces pertes sont :

**a: Pertes par courant de Foucault :**

Les courants de Foucault sont induits dans la masse du matériau ferromagnétique, lorsque ce matériau est soumis à un champ d'induction variable, ces courants vont faire chauffer le circuit magnétique produisant des pertes actives.

**b: Pertes par hystérésis :**

La surface du cycle, elle correspond à un échauffement du matériau du frottement des moments magnétiques, orientés dans une direction pour  $(+H_{max})$  et dans la direction opposée pour  $(-H_{max})$ , c'est à-dire une demi période plus tard (en courant alternatif).

### I.6 Essais sur les transformateurs :

Deux essais permettent la détermination des paramètres internes des transformateurs, ces deux essais s'appellent essais de performance.

**I.6.1 Essais à vide :**

L'essai à vide consiste à appliquer une tension nominale en gardant le secondaire ouvert, on mesure le courant, la puissance absorbée à vide et les tensions permettent la détermination du rapport de transformation et les pertes fer ( $I_2=0$ ).

Le montage de mesure utilisé sont schématisés et présenté dans le tableau (I.3).<sup>[15]</sup>

**Tableau I- 1 : Essais à vide. [15]**

	Montage monophasé	Montage triphasé
Circuit de test		
Facteur de puissance	$\cos(\varphi) = \frac{P_0}{V_0 I_0}$	$\cos(\varphi) = \frac{P_0}{\sqrt{3} V_0 I_0}$
Résistance shunt	$1/R_f = I_0 / V_0 \cos(\varphi)$	$1/R_f = (I_{0-phase}) / (V_{0-phase}) \cos(\varphi)$
Réactance shunt	$1/X_m = I_0 / V_0 \sin(\varphi)$	$1/X_m = (I_{0-phase}) / (V_{0-phase}) \sin(\varphi)$

**I.6.2 Essais en court-circuit**

L'essai en court-circuit permet la détermination des paramètres et pertes joule, consiste à appliquer la tension réduite (valeur minimale) au primaire en gardant le secondaire en court-circuit. Puis on augmente la tension primaire jusqu'à ce que le courant secondaire atteigne sa valeur nominale. On mesure le courant et la puissance de court- circuit.

Le montage de mesure utilisé sont résumés dans le tableau (I.4).<sup>[15]</sup>

**Tableau I- 2 : Essai en court-circuit. [15]**

	Montage monophasé	Montage triphasé
Circuit de teste		
Facteur de puissance	$\cos(\varphi) = \frac{P_{cc}}{V_{cc} I_{cc}}$	$\cos(\varphi) = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} V_{cc} I_{cc}}$
L'impédance équivalente	$Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \cos(\varphi)$	$Z_{eq} = \frac{V_{cc-phase}}{I_{cc-phase}} \cos(\varphi)$ et $Req = \frac{P_{cc}}{3I_{cc}^2}$
Réactance série	$X_{eq} = V_{cc} / (I_{cc}) \sin(\varphi)$	$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - Req^2}$

**I.7 Classification des transformateurs :**

Le classement des transformateurs se fait par :

- **Leurs fonctions :** Élévateur/abaisseur, de Puissance, de courant, de potentiel.

- **Leurs services :** Transformateurs de génération, transformateurs de postes (interconnexion, distribution), transformateurs spéciaux (Traction, Fours, déphaseurs).
- **Leurs constructions :** A colonnes, cuirassés.
- **Leurs nombres de phases :** Triphasé, Monophasé.
- **Type d'isolation :** Les transformateurs peuvent être classés par le type d'isolation de la partie active, les types d'isolation sont :
  - ✓ Transformateurs immergés.
  - ✓ Transformateurs secs.
- **Par type de respiration :** Deux principes sont utilisés :
  - ✓ Transformateurs dits « respirant ».
  - ✓ Transformateurs dits « hermétique ».
- **Par le nombre d'enroulement :** Transformateur de puissance avec Tertiaire

## **I.8 Les types de transformateur :**

### ➤ **Transformateur de puissance :**

Le transformateur de puissance est un appareil dont la tension d'au moins une des phases dépasse 1000V, il en existe plusieurs types : transformateur à colonnes, transformateur cuirassé, transformateur ordinaire de phases, transformateur à l'huile et transformateur sec. Son rôle principal dans le réseau électrique est de réduire les pertes pour permettre le transport de l'énergie électrique sur les longues distances .il peut être monophasé ou triphasé, et recevoir plusieurs couplages : étoile, triangle ou zigzag.

### ➤ **Autotransformateur :**

Ce type d'appareil ne dispose que d'un seul enroulement, le secondaire étant une partie de l'enroulement primaire. Le courant alimentant le transformateur parcourt le primaire en totalité et une dérivation à un point donné de celui-ci détermine la sortie du secondaire, ses principaux avantages en le comparant avec un transformateur normal sont : sa petite taille, son prix, et enfin son rendement.

➤ **Transformateur variable :**

Il est constitué d'un noyau d'acier toroïdal, d'une bobine de cuivre en une seule couche et d'un balai- carbone. Pour faire varier proportionnellement le rapport du transformateur il suffit de jouer avec la position du balai sur la bobine. Son intérêt par rapport à un rhéostat, c'est de produire beaucoup moins de pertes joule, et sa tension au secondaire dépend beaucoup moins de la charge. La présence d'un fusible entre le secondaire et la charge est indispensable.

➤ **Transformateur d'isolement :**

Il est aussi appelé transformateur de séparation, il permet de créer un isolement électrique en isolant la partie primaire et la partie secondaire du transformateur .On l'utilise principalement pour des raisons de sécurité, par exemple dans les blocs opératoires ou chaque salle du bloc est équipée de son propre transformateur d'isolement, pour éviter qu'un défaut dans un bloc n'affecte les autres.

➤ **Transformateur d'impédance :**

Le transformateur en général est toujours un transformateur d'impédance, mais ce mot est attribué au transformateur qui n'est pas utilisé dans des circuits d'alimentation. Son rôle principal est d'adapter l'impédance de sortie d'un amplificateur à sa charge, il est utilisé : dans la restitution sonore, pour adapter la sortie d'un amplificateur audio à lampes (haute impédance), en électronique audio professionnelle, on utilise toujours ces transformateurs pour les entrées et sorties d'appareils haut de gamme etc....)

➤ **Transformateur de mesure :**

Il est destiné à alimenter des appareils de mesure comme les compteurs, les relais et autres appareils analogues. On l'utilise pour permettre la mesure de la tension ou du courant. Si ces deux derniers sont très élevés pour être mesurés directement, Il doit faire en sorte de transformer la tension ou le courant de manière proportionnelle et sans déphasage.

➤ **Transformateurs déphaseurs :**

Un transformateur déphaseur est une forme spéciale de transformateur de puissance, utilisé pour réguler le transit de puissance active entre plusieurs lignes électriques triphasées.

Le coût de ces transformateurs est assez élevé, ce qui rend leur usage limité à certains nœuds assez critiques du réseau.

➤ **Transformateur d'essai :**

Conçu spécialement pour atteindre de très hautes tensions alternatives. Il sert de source de tension dans les laboratoires de haute-tension, où est testé le matériel électrique, et permet aussi de mesurer la qualité de l'isolation électrique.

**I.9 Le transformateur parfait :**

**I.9.1 Définition :**

Le transformateur parfait (ou idéal) est un transformateur pour lequel on néglige :

- Les pertes par effet Joule  $\Leftrightarrow$  on considère que  $R_1$  et  $R_2$  sont nulles.
- Les pertes magnétiques, c'est-à-dire les pertes par hystérésis et les pertes par courants de Foucault. Cela revient à considérer que la caractéristique du matériau magnétique est une droite [8].

**I.9.2 Relations de transformateur parfait :**

**I.9.2.1 Equations des tensions**

L'enroulement du primaire, formé de  $N_1$  spires est le siège d'une f.é.m. [9]

$$e_1 = -N_1 \frac{d\varphi}{dt} \quad (1) \text{ et } e_1 = u_1 \quad (\text{I-12})$$

Le flux  $\varphi$  embrassé par toutes les spires de secondaires puisque nous supposons que les fuites magnétiques sont nulles.

$$e_2 = N_2 \frac{d\varphi}{dt} = u_2 \quad (\text{I-13})$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = - \frac{e_1}{N_1} = - \frac{e_2}{N_2} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (\text{I-14})$$

$\frac{e_2}{e_1} = - \frac{u_2}{u_1} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1}$  le signe – indique une opposition de phase en valeur efficace :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = m \quad (\text{I-15})$$

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

$$U_2 = -m.u_1 \quad \text{d'où} \quad U_2 = m.u_1$$

**I.9.2.2 Relations entre les intensités des courants primaire et secondaire.**

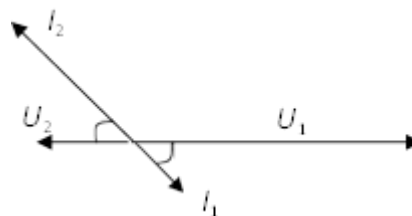
Les flux étant additifs et le circuit magnétique idéal, le théorème d'Ampère s'écrit :

$$N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad N_1 i_1 = -N_2 i_2 \quad \text{(I-16)}$$

$$\text{On en déduit : } \frac{i_2}{i_1} = -\frac{N_1}{N_2} = -\frac{1}{m} \quad \Rightarrow \quad i_1 = m.i_2 \quad \text{(I-17)}$$

**I.9.3 Diagramme de Fresnel**

La représentation de Fresnel ou diagramme de Fresnel est la représentation vectorielle des tensions et des courants.



**Figure I- 7 : Diagramme de Fresnel**

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

$$i_1 = -m.i_2 \Rightarrow \vec{I}_1 = -m.\vec{I}_2$$

On constate que  $\varphi_1 = \varphi_2$ .

**I.9.4 Formule de Boucherot :**

On a <sup>[8]</sup> :

$$u_1 = -N_1 \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{(I-18)}$$

$$u_2 = N_2 \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{(I-19)}$$

$$N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0 \quad \text{(I-20)}$$

Le flux commun qui traverse chacune des spires du primaire et du secondaire étant sinusoïdal, il est de la forme :

$$\varphi = \hat{\varphi} \cdot \sin(\omega t) \quad \text{(I-21)}$$

En utilisant (I-13) et (I-15)  $u_1 = N_1 \cdot \hat{\varphi} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$  mais  $u_1$  s'écrit sous la forme :

$u_1 = U_1 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t)$  et comme on a :  $\omega = 2\pi f$  et  $\Phi = B.S$  en identifiant on obtient :

$$U_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N_1 \cdot \hat{\Phi} \cdot f \quad \text{Soit } U_1 = 4,44 N_1 \cdot S \cdot f \cdot \hat{B}$$

### I.9.5 Relations entre les puissances :

Les relations établies précédemment permettent d'écrire :

$$U_2 = -m \cdot u_1 \quad (\text{I-22})$$

$$U_2 = m \cdot u_1 \quad (\text{I-23})$$

$$i_1 = -m \cdot i_2 \quad (\text{I-24})$$

$$I_1 = m \cdot I_2 \quad (\text{I-25})$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 \quad (\text{I-26})$$

### I.9.6 Puissances : <sup>[8]</sup>

- **Puissance apparente** : au primaire  $S_1 = U_1 \cdot I_1 = \frac{U_2}{m} \cdot m \cdot I_2 = S_2$

Au secondaire  $S_2 = U_2 \cdot I_2$

- **Puissance active** : au primaire  $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$

Au secondaire  $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$  comme  $S_1 = S_2$  et  $\varphi_1 = \varphi_2$ , alors  **$P_1 = P_2$** .

- **Puissance réactive** : au primaire  $Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$

au secondaire  $Q_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2$  comme  $S_1 = S_2$  et  $\varphi_1 = \varphi_2$ , alors  $Q_1 = Q_2$ .

- **Rendement** :  $\eta = \frac{p_u}{P_a} = \frac{p_2}{P_1} = 1$  pour un transformateur parfait.

### I.9.7 Modèle équivalent : <sup>[9]</sup>

#### I.9.7.1 Equations ramenées au primaire :

$$\underline{U}_2 = -m \cdot \underline{U}_1 \quad (\text{I-27})$$

$$\underline{I}_1 = -m \cdot \underline{I}_2 \quad (\text{I-28})$$

$$\underline{z}_2 = Z_2 \cdot \underline{I}_2 \quad (\text{I-29})$$

$$\underline{Z}_2 = \underline{U}_2 \div \underline{I}_2 = -m \cdot \underline{U}_1 \div (\underline{I}_1/m) = m^2 \cdot \underline{U}_1 \div \underline{I}_1 = m \cdot \underline{Z}_1 \quad (\text{I-30})$$

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

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

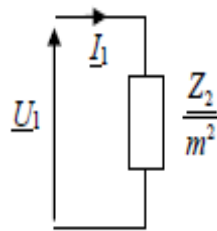


Figure I- 8 : Schéma équivalent vu du primaire

**I.9.7.2 Equations ramenées du secondaire :**

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

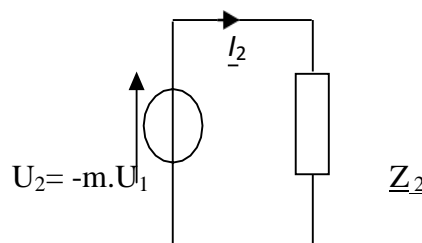


Figure I- 9 : Schéma équivalent vu du secondaire

**I.10 TRANSFORMATEUR RÉEL :**

**I.10.1 Bilan énergétique :**

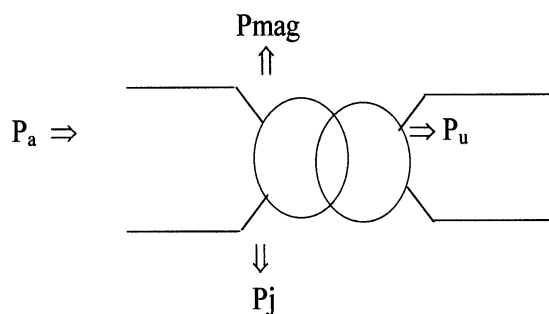


Figure I- 10 : bilan énergétique

$P_u$  est la puissance disponible au secondaire (puissance utile pour la charge)

$P_a$  est la puissance absorbée par le primaire, elle est supérieure à  $P_u$ , car on doit ici tenir compte des pertes suivantes :

$p_j$  : les pertes par effet Joule (dues à  $R_1$  et  $R_2$ )

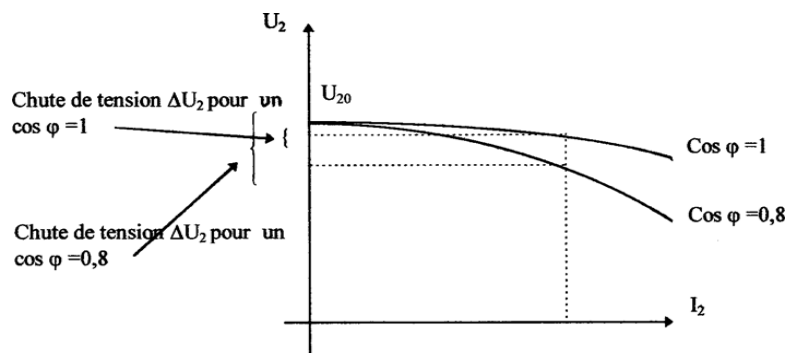
$p_{\text{mag}}$  : les pertes magnétiques (ou pertes dans le fer pf) c'est-à-dire les pertes par hystérésis et les pertes par courants de Foucault.<sup>[9]</sup>

**Remarque :** - les pertes dans le fer sont proportionnelles à  $U_1^2$

- les pertes par effet Joule sont constantes pour un courant  $I_1$  donné.

### I.10.2 Chute de tension :

Contrairement à un transformateur parfait, pour un transformateur réel, la tension  $U_2$  en charge est différente de la tension à vide  $U_{20}$ .  $U_2$  diminue lorsque l'intensité  $I_2$  du courant débité au secondaire augmente. La différence entre  $U_{20}$  et  $U_2$  est la chute de tension au secondaire du transformateur. Cette chute de tension est due aux résistances des enroulements et aux fuites magnétiques.<sup>[9]</sup>



**Figure I- 11 : La différence entre  $U_{20}$  et  $U_2$  est la chute de tension au secondaire du transformateur [8]**

La différence  $\Delta U_2 = U_{20} - U_2$  est la chute de tension au secondaire du transformateur.

### I.10.3 Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

#### ➤ Rendement s'exprime :

On peut déterminer le rendement par deux méthodes comme pour les machines tournantes:

#### ➤ Mesure directe

Qui consiste à mesurer directement la puissance absorbée et la puissance utile par l'intermédiaire de wattmètres. Mais cette méthode n'est pas souvent utilisée car elle engendre

des essais en charge qui ne sont pas faciles à réaliser quand le transformateur est de grande taille.

➤ **Mesure indirecte**

Qui consiste à mesurer les pertes fer par un essai à vide et à mesurer les pertes par effet Joule par un essai en court-circuit. C'est la méthode des pertes séparées.

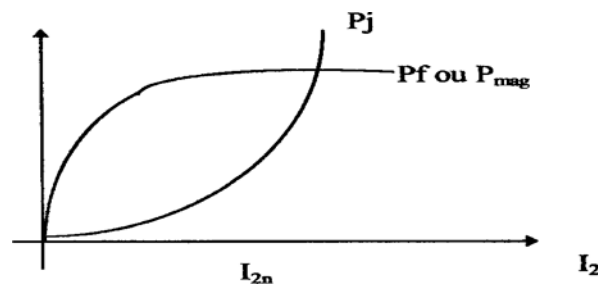


Figure I- 12 : l'évolution des pertes en fonction du courant I2.

**Remarque :**

le rendement est maximal pour Pj (point d'intersection des deux courbes )

**a-Essai à vide :**

Pour effectuer cet essai, il faut que la tension primaire soit égale à la tension primaire nominale  $U_{1n}$ . Le wattmètre indique une puissance  $P_{10}$  qui représente la somme des pertes Magnétiques et des pertes par effet Joule au primaire (pas au secondaire car  $I_{20} = 0$ ). L'intensité  $I_{10}$  est très faible ( $I_{10} = 5\% I_{1n}$ ), donc soit on néglige les pertes par effet Joule à vide  $P_{j0}$  devant  $P_f$ , soit on les retranche à  $P_{10}$ .

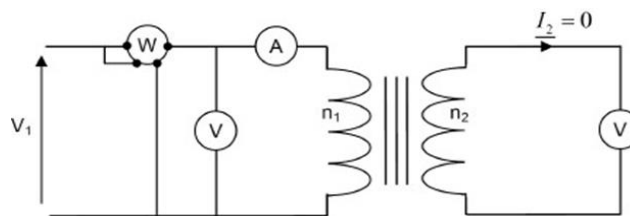


Figure I- 13 : Essai à vide

d'où  $P_{10} = P_f + R_1 \cdot I_{10}^2$

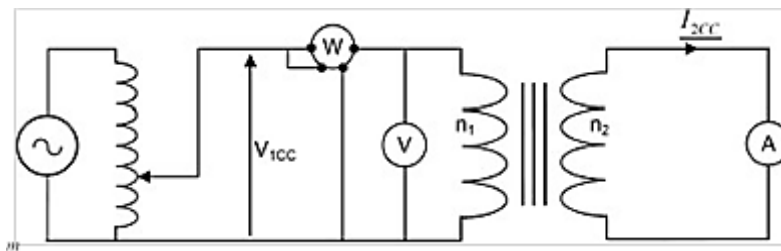
pour  $U_{10} = U_{1n}$

Si on néglige les pertes par effet Joule à vide devant  $P_f$ , alors

$$P_{10} = P_f$$

**b. Essai en court-circuit :**

La tension au primaire est réglée afin d’obtenir au secondaire le courant nominal ( $U_{1cc} = 10\% U_{1n}$ ) le wattmètre indique une puissance  $P_{1cc}$  qui représente la somme des pertes magnétiques et des pertes par effet Joule au primaire et au secondaire. L’essai se faisant sous tension réduite les pertes magnétiques sont négligeables (elles sont proportionnelles à  $U_1^2$ ) L’essai en court-circuit permet donc de déterminer les pertes par Effet Joule



**Figure I- 14 : Essai en court-circuit**

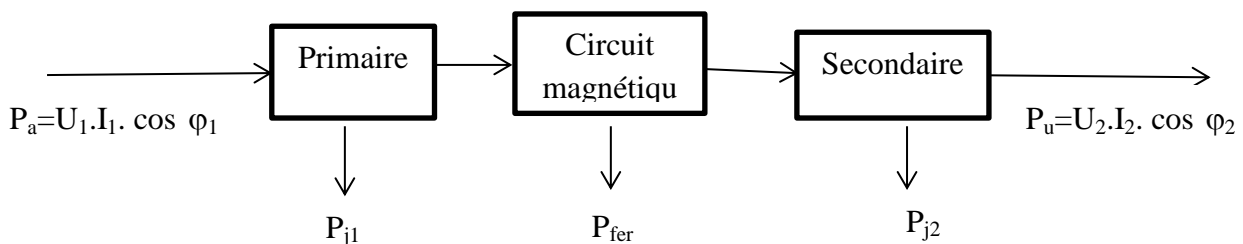
D’où  $P_{1cc} = P_{foc} + P_{icc} = P_{icc}$  pour  $I_{2cc} = I_{2n}$

**Remarque :**

Les pertes par effet Joule peuvent être calculées aussi par la relation  $P_j = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$  si les résistances du primaire et du secondaire sont connues.

C-Rendement pour un fonctionnement nominal

**I.10.4 Rendement de transformateur :**



$$P_a = P_u + P_{j1} + P_{j2} + P_{fer} = P_u + P_{Cu} + P_{fer}$$

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

## I.11 MODÈLE EQUIVALENT DU TRANSFORMATEUR RÉEL :

### I.11.1 Linéarisation du circuit magnétique :

Si on utilise un matériau au silicium, le cycle d'hystérésis devient très étroit. De plus, en évitant la saturation et en limitant l'amplitude de la tension, on peut associer un modèle linéaire au circuit magnétique, dans lequel les éléments du circuit modélisé sont des constantes indépendantes des courants  $i_1$  et  $i_2$ .

Allure à vide de  $u_1$  et  $i_{10}$  :

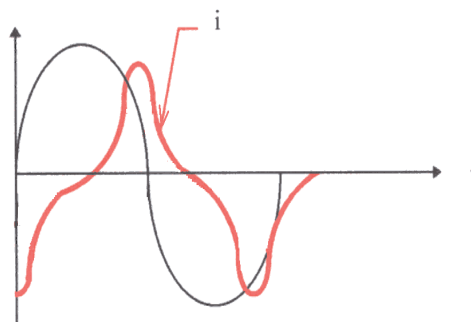


Figure I- 15 : Modèle linéaire au circuit magnétique

$i_{10}$  n'est pas sinusoïdal mais nous allons le supposer

### I.11.2 Modèle à vide :

A vide, le transformateur se comporte comme une bobine à noyau ferromagnétique, elle peut être modélisée par une résistance  $R_f$  en parallèle avec une inductance  $L$  :

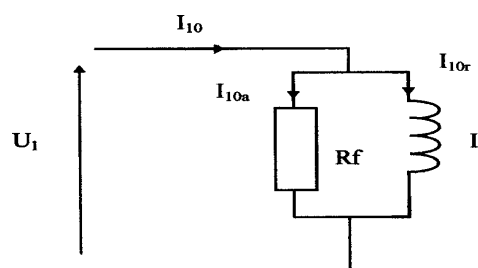


Figure I- 16 : Modèle à vide

$R_f$  est traversée par la composante active  $I_{10a}$  du courant  $I_{10}$ .

$L$  est traversé par la composante réactive  $I_{10r}$  du courant  $I_{10}$ .

### I.11.3 Modèle en charge

Le transformateur fonctionne à flux forcé. Le flux est imposé par  $U_1$  donc  $B$  est imposé, d'où  $H$  est imposé. La valeur instantanée de ce flux conserve la même expression

quel que soit la charge. Ce flux créé par les courants  $i_1$  et  $i_2$  dépend de la relation (3) c'est-à-dire :

$$N_1 \times i_1 + N_2 \times i_2 = \mathfrak{R} \cdot \varphi$$

Cette somme a donc la même valeur en charge qu'à vide.

A vide, on a :  $i_1 = i_{10}$  et  $i_2 = 0$  d'où  $\mathfrak{R} \cdot \varphi = N_1 \cdot i_{10}$  à vide.

On peut donc écrire l'égalité en charge et à vide :  $N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 = N_1 \cdot i_{10}$

$$\text{Soit : } i_1 = -m \cdot i_2 + i_{10}$$

**I.11.4 Modèle complet du transformateur :**

Si nous reprenons les relations générales sans simplification :

$$u_1 = R_1 \cdot i_1 + l_1 \frac{di_1}{dt} + N_1 = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

$$-u_2 = R_2 \cdot i_2 + l_2 \frac{di_2}{dt} + N_2 = \frac{d\varphi}{dt} \quad (2)$$

$$N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 = N_1 \cdot i_{10} \quad (3)$$

Traduisons ces relations électriques par un schéma électrique en tenant compte du courant magnétisant  $i_{10}$

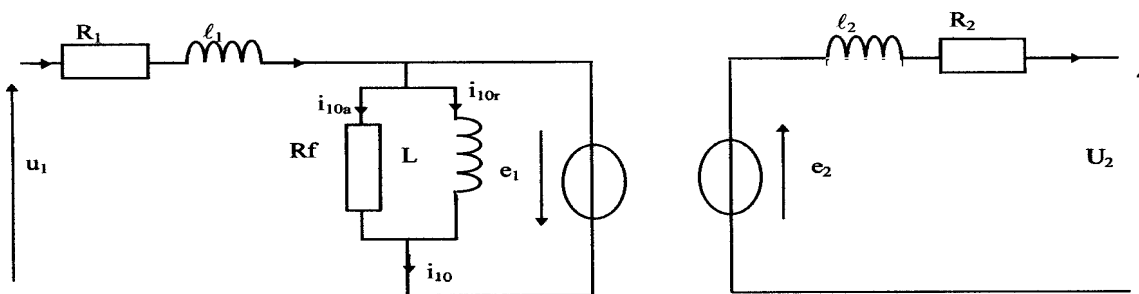


Figure I- 17 : Transformateur parfait

**I.11.5 Modèle de Thévenin vu du secondaire :**

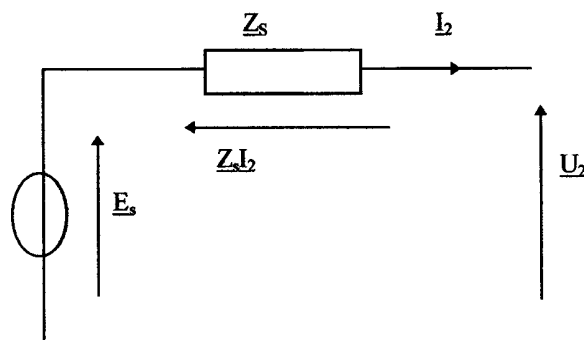
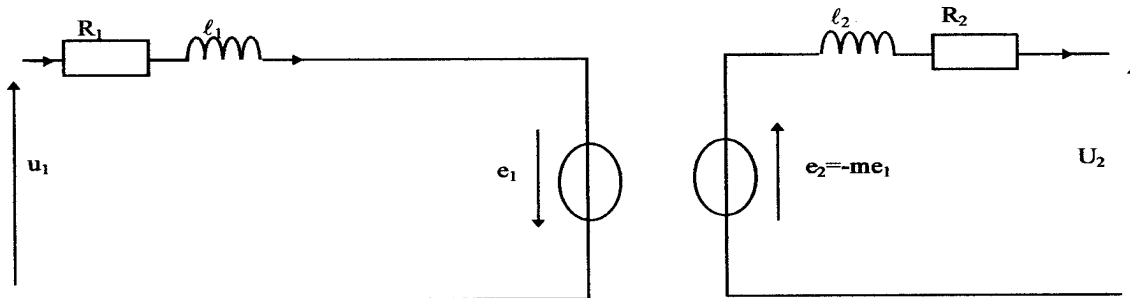


Figure I- 18 : Modèle de Thévenin

**I.12 Hypothèse de Kapp :**

Dans l’hypothèse de Kapp, on considère le circuit magnétique comme parfait et la perméabilité infinie. Ainsi, on néglige les courants de Foucault et le phénomène d’hystérésis. On néglige donc le courant  $I_{10}$ , d’où le schéma équivalent :



**Figure I- 19 : circuit équivalent de transformateur monophasé**

Dans ces conditions, la relation entre les intensités  $i_1$  et  $i_2$  se simplifie :

$$N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 = 0$$

D’où  $i_1 = -m \cdot i_2$

**I.12.1 Modèle équivalent du transformateur dans l’hypothèse de Kapp :**

L’hypothèse de Kapp a pour but de permettre de déterminer les éléments du modèle équivalent au transformateur, vu du secondaire, en fonction de  $U_1$ ,  $m$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $l_1$  et  $l_2$ .

On peut montrer que :

$$\begin{aligned} E_s &= -m \cdot U_1 = U_{20} \\ R_s &= m^2 \cdot R_1 + R_2 \\ L_s &= m^2 \cdot l_1 + l_2 \end{aligned}$$

**I.12.2 Diagramme de Kapp :**

**A – représentation vectorielle :**

On effectue la construction de Fresnel relative à l’équation complexe donnée par l’approximation de kapp.

$$U_{20} = U_2 + R_s \cdot I_2 + jX_s \cdot I_2$$

Nous pouvons prévoir la chute de tension au secondaire à l’aide de cette construction :

- Choisir une échelle pour les tensions et une pour les courants.
- Tracer le vecteur  $\vec{U}_2$  horizontalement.
- Tracer la direction de vecteur  $\vec{I}_2$  (l’angle  $\varphi_2$  doit être connu)
- Tracer en partant de  $\vec{U}_2$ , le vecteur  $R_s \cdot \vec{I}_2$

- Tracer à partir de ce vecteur le vecteur  $jX_c \cdot I_{2n}$
- Tracer en partant de l'origine, le vecteur  $\vec{U_{20}}$
- La distance entre l'arc et  $U_2$  nous donne la chute de tension au secondaire en charge.

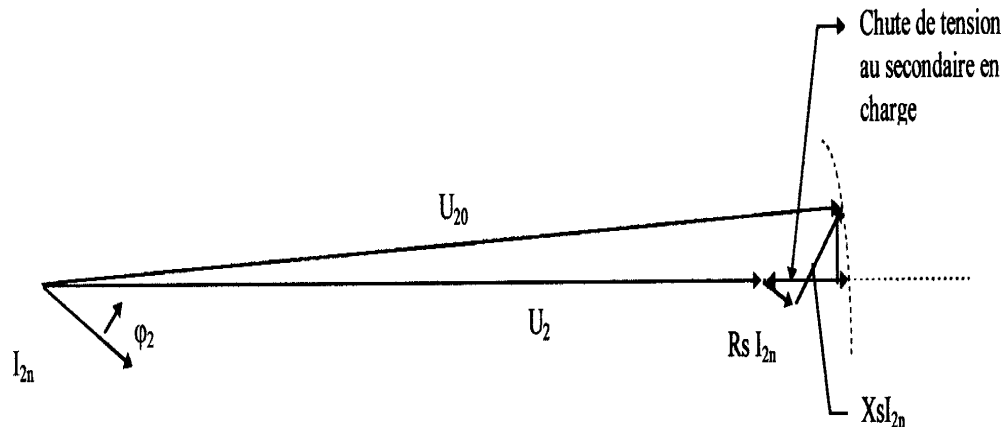


Figure I- 20 : Diagramme de Kapp

**B- valeur approchée de la chute de tension au secondaire :**

On peut montrer par une démonstration mathématique que.

$$\Delta U_2 = U_{20} - U_2 = R_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + X_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2 \quad (I-31)$$

**I.13 Conclusion :**

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté les transformateurs de point de vue théorique et nous avons aussi traité le principe de fonctionnements. D'autre part, une étude du bilan énergétique a été faite pour présenter les éléments permettant d'augmenter le rendement et les performances des transformateurs. Une étude a été présentée qui a permis la modélisation du transformateur réel sous forme d'équations mathématiques. Le chapitre qui suit est consacré à l'étude et la conception du transformateur monophasé.

## **Chapitre II**

### **Dimensionnement de transformateur**

**II-1 . Introduction :**

Dans ce chapitre nous décrivons le dimensionnement optimal d'un transformateur Monophasé. Nous présentons donc le modèle analytique utilisé et nous décrivons les différents dimensionnements en décryptant l'intérêt de chaque optimisation dans la compréhension des différents phénomènes physiques qui orientent le dimensionnement d'un transformateur.

**II-2 . Les matériaux utilisés dans la construction du transformateur :**

Les matériaux utilisés dans la construction de transformateur comportant 03 catégories :

**II.2.1 Matériaux actifs :****• Matériaux conductibles :**

Les principaux matériaux conducteurs utilisés pour les bobinages sont l'or, l'aluminium et le cuivre. Ce dernier est le conducteur le plus utilisé à cause de sa faible résistivité de  $1,75 \mu\Omega.cm$  et de son coût.<sup>[10]</sup>

**• Matériaux magnétiques :**

Les matériaux magnétiques les plus utilisés dans le domaine des radiofréquences et des hyperfréquences sont les ferrites (oxydes ferrimagnétiques). Ils sont choisis comme noyau à cause de leurs perméabilités relatives élevées permettant une augmentation significative de l'inductance, de leurs champs magnétiques à saturation et de leurs résistivités électriques élevées limitant les "pertes fer" par courants de Foucault<sup>[10]</sup>

Généralement, le noyau fait partie des constituants d'un composant passif. Le noyau magnétique peut jouer trois rôles :

- servir de support mécanique pour les enroulements ;
- renforcer le flux magnétique et augmenter la valeur de l'inductance (jusqu'à un facteur  $\mu_r$ ) ;
- assurer un blindage quand il renferme totalement la bobine.

**II.2.2 Matériaux d'isolation :**

L'oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), l'oxyde d'aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), les nitrures de silicium et les polymères de type résines photosensibles ou polyimides sont les matériaux isolants habituellement utilisés. Ils ont pour rôle de séparer électriquement la spirale conductrice du noyau magnétique ou du substrat.<sup>[10]</sup>

**II.2.3 Matériaux constructif :**

Se présente dans l'acier spécial dit acier a transformateur de (0.35 ou 0.5 mm) d'épaisseur et d'autre accessoire constructifs tell que les boulons les vis ...etc.

Actuellement en utilisé deux sortes d'acier a transformateur :

- acier laminé à chaud.
- acier laminé à froid.

**II-3 parties constructives principales des transformateurs :**

Les dispositifs et les constructives principales de transformateurs sont assez divers en fonction des paramètres et la destination de cas appareils.

Bien que les transformateurs différent par leur construction en fonction de leur destination, on peut cependant représenter tous c'est type fondamentale c'est le transformateur monophasé.<sup>[11]</sup>

**II.3.1 Tôle :**

Les courants de Foucault imposent bien sûr que le circuit magnétique soit feuilleté.

Après la découpe des tôles les bordures ne présent plus d'isolant, les constructeurs préconisent alors un revêtement et un recuit pour rendre aux tôles leur isolements, et pour isolé les tôles entre elles ont utilisé généralement de papier de (0.03 mm) d'épaisseur et vernis à l'huile afin de supprimer les contraintes mécaniques.

L'isolation en papier est beaucoup mieux au marché que l'isolation au vernis mais sa conductibilité et sa résistance à la chaleur sont beaucoup mieux au marché que l'isolation au vernis mais sa conductibilité sa résistance à la chaleur sont beaucoup plus petites et leur résistance mécanique est également moindre. De plus avec l'emploi de papier le coefficient de remplissage d'isolations est plus grand, pour ces raisons dans les transformateurs de grand puissance ou ces inconvénients ou une grande importance on préfère l'isolement au vernis.

**II.3.2 L'entrefer :**

Les transformateurs étant fabriqués en plusieurs parties les enroulements d'un côté, et le circuit magnétique d'un part présentent toute à la fois un entrefer, c'est pour ça il faut alors prendre des précautions pour minimiser celui-ci.

Le serrage de la culasse sur les colonnes doit se faire avec précaution, sans quoi un phénomène de gerbage risque d'apparaître à cause de feuilletage des tôles. <sup>[1]</sup>

**II.3.3 Joints :**

Il s'agit de raccorder les colonnes sur les culasses au moyen des joints aussi simple que possible, c'est joints peuvent être de trois types :

- **Joint plat :**

Les extrémités des colonnes sur les culasses au moyen des joints aussi simple que possible, c'est joints isolant afin de supprimer les court-circuits magnétiques.

- **Joint enchevêtré :**

Les extrémités des tôles de la colonne et de la culasse sont enchevêtrées les unes avec les autres

- **Joint enchevêtré simple :**

Les culasse et les colonnes sont terminent par de petits paquets des tôles qui s'enchevêtrent suivant la disposition classique, ce type donne un découpage facile des tôles, utilisé sur les circuits magnétique en tôles laminées à chaud.

- **Joint enchevêtré à coupé oblique :**

Dans le cas des tôles à cristaux orientés qui favorisent le passage du flux dans le sens du laminage, le joint doit être à 45°. Dans ce cas il faut un faible recouvrement obtenu en décalant le joint

Le serrage des tôles est effectué par des tiges filetées, régulièrement répartis et isolés du circuit magnétique. Le serrage et l'assemblage des culasses et des noyaux sont obtenus par des matériaux non magnétiques.

## II-4 . Bobinage d'un transformateur monophasé :

Nous allons prendre un exemple tout à fait réel pour illustrer la nécessité de recourir au bobinage d'un petit transformateur. On remarquera enfin que la réalisation d'un transformateur est une opération de patience, mais dont le résultat est souvent un succès, et remarquable par la fiabilité. Un transformateur tombe rarement en panne. Les transformateurs qu'on peut dimensionner après un petit calcul sont les transformateurs ayant une puissance variante de 5VA à 1000VA, qui sont utilisés pour la protection des circuits, variation de tension et pour charger les piles <sup>[12]</sup>.

Pour faire ce calcul on a besoin de connaître les données suivantes :

- La tension primaire :  $U_1$
- La tension secondaire :  $U_2$
- La fréquence :  $f$
- La puissance apparente :  $s$

## II-5 . Calcul de circuit magnétique et électrique

### II.5.1 Le circuit magnétique :

Le choix des tôles est moyennement important, car il ne faut pas faire la "fine bouche" du fait que pour trouver le bon transformateur, ce ne sera pas toujours facile. Donc tôle de grande qualité ou non, cela restera tout de même des tôles magnétiques...

Le plus important est de reconnaître le "design" des tôles, car il y a de nombreuses solutions existantes avec des tôles en un ou plusieurs éléments à assembler. Nous recommandons sans façons les formes en "E" et "I" Fig. II 1. (Les autres formes posent des problèmes pour introduire le bobinage). Le premier critère de choix se réalise donc par la section du fer (section autour de laquelle sont enroulés les bobinages) et donc la puissance effective du transformateur. Pour ce faire vous noterez pour le principe les deux formules qui gouvernent la relation entre la surface du noyau et la puissance. (Nous n'en aurons pas besoin, car les abaques permettent de simplifier) <sup>[12]</sup>.

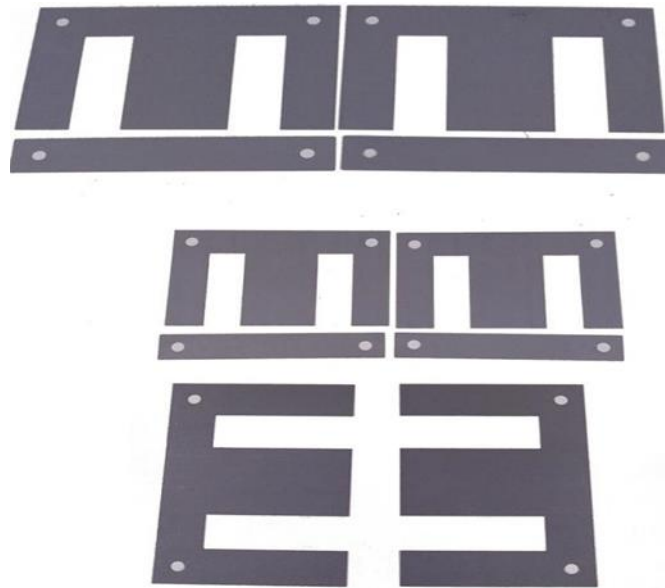


Figure II- 1 Tôles magnétiques [16]

Pour le circuit magnétique on va calculer les deux sections : Apparente et réelle.

❖ **Détermination de ma section du fer :**

• **Section apparente**

C'est la section avec l'isolant entre les lames elle est donnée par la relation suivante. [13]:

$$S_f = 1,32 \sqrt{P_s} \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(II-1)}$$

$P_s$  : puissance apparente (VA)

• **Section réelle**

La section réelle est la section du circuit magnétique sans isolant entre les lames, elle est donnée par la relation :

$$S_r = 1,2 \sqrt{P_s} \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(II-2)}$$

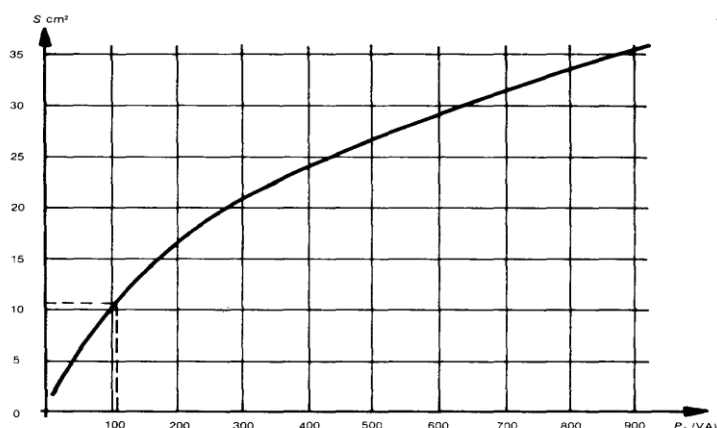


Figure II- 2 Section théorique d'un circuit magnétique en fonction de la puissance apparente

❖ Détermination de la largeur théorique de la tôle magnétique G :

$$G' = \sqrt{S_f} \dots \dots \dots (II-3)$$

(si l'on considère que le noyau magnétique doit se rapprocher d'une section carré)

❖ Choix la valeur standard de G :

Le choix de ma valeur standard (G) s'effectue d'après le tableau donné par le constructeur russe comme le montre le tableau ci-dessous par exemple

Tableau II- 1 : valeur standard de G

type de circuit	A	B	C	D	E	F	G
10*15	15	8	2	6	2	3,5	4
15,8*19,2	19,2	13,4	2,4	11	2,4	4,8	4,8
19,1*25,6	25,6	15,8	3,3	12,5	3,3	6,3	6,4
26*30	30	22	4	18	4	7	8
28*32	32	23,2	4,5	19	4,5	7	9
28*32	32	23,2	4,5	19	4,5	7	9

- ❖ **Détermination de la hauteur d'enroulement B' et la longueur intérieure de la carcasse standard B**

$$B' = \frac{S_f}{G.C_f} \dots\dots\dots (II-4)$$

$C_f$  : coefficient de foisonnement

- ❖ **Nouvelle section de fer :**

$$S'_f = G.B.C_f \dots\dots\dots (II-5)$$

- ❖ **Nombre de tôles n constituant le circuit magnétique :**

$$n = \frac{B.f}{e} \dots\dots\dots (II-6)$$

e : l'épaisseur d'un tôle

- ❖ **Détermination du poids de circuit magnétique  $P_d$  :**

Le point du circuit magnétique se choisit d'après (annexe)

Le poids du circuit magnétique donné par la relation suivante :

$$P_d = P_{lt}.n \dots\dots\dots (II-7)$$

- ❖ **Détermination des pertes totales :**

On peut estimer  $P_f = P_j$  pour les petites transformateurs

$$P_t = P_f + P_j \approx 2P_f \dots\dots\dots (II-8)$$

$P_f$  : Perte fer

$P_j$  : Perte joule

- ❖ **Détermination du nombre de spire primaire  $N_p$  :**

$$N_1 = \frac{U_1}{4,44.f.S'_p.B_T} \dots\dots\dots (II-9)$$

$N_1$  : Nombre de spire primaire

f : Fréquence du réseau (Hz)

$U_1$  : Tension au primaire (V)

$B_T$  : Induction magnétique du fer (T)

$S_1$  : Section apparente du circuit magnétique (cm<sup>2</sup>)

❖ **Détermination du nombre de spire secondaire :**

$$N_s = N'_s \left(1 + \frac{P_t}{P_s}\right) \quad \text{(II-10)}$$

$$N'_s = N_p \cdot \frac{U_s}{U_p} \quad \text{(II-11)}$$

$\left(1 + \frac{P_t}{P_s}\right)$  : coefficient correcteur du nombre de spire en fonction des pertes totales du transformateur.

$$U_{20} = U_2 + \Delta U_2$$

La chute de tension est donnée en fonction de la puissance apparente dans le tableau suivant :

**Tableau II- 2 : valeurs chute de tension**

$P_s$ (VA)	5	10	25	50	75	100	150	200	300	400	500
$\Delta U_2\%$	20	17	15	12	10	9	8	7,5	7	6,5	6

Les chutes de tension sont dues à la résistance ohmique des enroulements et aux résistances se fuit.

**II.5.2 Circuit électrique :**

❖ **Détermination de la section des conducteurs :**

**a) Détermination de courant primaire et secondaire :**

On doit tenir compte des pertes pour déterminer le courant absorbée au primaire ce qui conduit à estimer le rendement de transformateur d'après le tableau suivant :

**Tableau II- 3 : valeurs de rendement du transformateur**

$P_s$ (VA)	25	50	100	200	300	400	500
$\eta$ %	76	84	85	86	88	90	90,5

- Courant primaire :

$$I_1 = \frac{P_s}{U_1} \quad (\text{II-12})$$

- Courant secondaire :

$$I_2 = \frac{P_s}{U_2} \quad (\text{II-13})$$

**b) Détermination de la section de conducteur :**

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul de la section du fil parmi eux cette méthode :

$$S_1 = \frac{I_1}{\delta} \quad (\text{II-14})$$

$$S_2 = \frac{I_2}{\delta} \quad (\text{II-15})$$

La densité du courant ( $\delta$ ) est donnée en fonction de la puissance apparente du transformateur par le tableau ci-dessous.

**Tableau II- 4 : Densité du courant (A/mm<sup>2</sup>)**

Puissance apparente(VA)	Densité du courant (A/mm <sup>2</sup> )
Jusqu'à 50	4
50 à 100	3,5
100 à 200	3
200 à 500	2,5
500 à 1000	2

❖ **Contrôle de l'embrument :**

On doit tenir compte de l'épaisseur de l'isolement des conducteurs, c'est-à-dire le diamètre réelle du fil est égale à la somme de diamètre trouvé plus l'épaisseur de isolant.

$$J = \frac{C-a-2l}{2} \quad (\text{II-16})$$

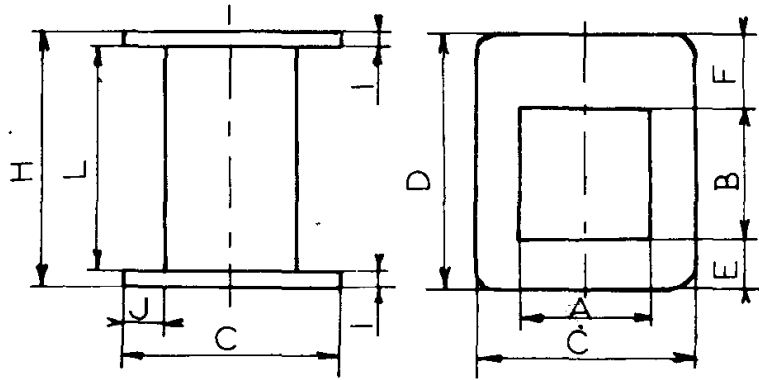


Figure II- 3 : carcasse standard presspahn

- ❖ Longueur disponible sur la carcasse :

$$L = h - 2I \quad (\text{II-17})$$

- ❖ Hauteur occupée par les bobinages :

- Au primaire :

- Nombre de spire par couche :

$$N_{s/c} = \frac{L}{d'_1} \quad (\text{II-18})$$

- Nombre de couche

$$N_c = \frac{N_p}{N_{s/c}} \quad (\text{II-19})$$

- Hauteur du bobinage :

$$L_p = N_c \cdot d'_1 \quad (\text{II-20})$$

- Au secondaire :

- Nombre de spire par couche :

$$N_{s/c} = \frac{L}{d'_{2}} \quad (\text{II-21})$$

- Nombre de couche

$$N_c = \frac{N_p}{N_{s/c}} \quad (\text{II-22})$$

- Hauteur du bobinage :

$$L_s = N_c \cdot d'_{2} \quad (\text{II-23})$$

- ❖ **La hauteur totale du bobinage :**

$$L_b = L_p + L_s \quad (\text{II-24})$$

- ❖ **Détermination du coefficient de remplissage :**

$$Cr = \frac{L_b}{J} \quad (\text{II-25})$$

## II-6 . La conception d'un transformateur monophasé

Pour la conception de notre transformateur monophasé on a besoin de savoir les grandeurs d'entrée et de sortie qui sont décrit dans un cahier de charge et effectuer les calculs nécessaire pour le dimensionnement du transformateur [13]

### II.6.1 Le dimensionnement du transformateur :

#### Cahier de charge :

$U_p = 220 \text{ V}$  ;  $U_s = 48 \text{ V}$  ;  $P_s = 400 \text{ VA}$  ;  $f = 50 \text{ Hz}$  ;  $B = 1.5 \text{ T}$  ;  $0w6$  ;  $e = 0.35 \text{ mm}$

- ❖ **Calcul de la section apparente :**

$$S_f = 1,2 \sqrt{P_s} = 1,2 \sqrt{400} = 2400 \text{ mm}^2$$

## ❖ Détermination de la largeur théorique de la tôle magnétique G :

$$G' = \sqrt{S_f} = \sqrt{2400} = 48.99 \quad \Rightarrow \quad G = 50 \text{ mm type } 125 \times 150$$

## ❖ Choix le valeur standard de G :

$$A = 150 ; B = 100 ; C = 25 ; D = 75 ; E = 25 ; F = 25$$

$$E + I = 39.9 \text{ g : } 25 \text{ tôles/Kg}$$

## ❖ Détermination de la hauteur d'enroulement B' et la longueur intérieure de la carcasse standard B :

$$B' = \frac{S}{G \cdot C_f} = \frac{2400}{50 \times 0.96} = 50 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad B = 51 \text{ mm}$$

$$A = 51 ; B = 51 ; C = 98 ; D = 110 ; E = 25.5 ; F = 33.5 ; H = 74.5 ; I = 2.5 ; L = 69.5 ; J = 21$$

## ❖ Nouvelle section de fer :

$$S'_f = G \cdot B \cdot f = 50 \times 51 \times 0.96 = 2448 \text{ mm}^2$$

## ❖ Nombre de tôles n constituant le circuit magnétique :

$$n_t = \frac{B \cdot f}{e} = \frac{51 \times 0.96}{0.35} = 139.8, \quad n_t = 139$$

❖ poids de circuit magnétique P<sub>d</sub> :

$$P_d = 139 - 39.9 = 5.54 \text{ kg}$$

## ❖ Pertes totales :

$$P_T = P_f + P_j \approx 2P_f$$

$$P_f = 1.11 \times 5.54 = 6.15 \text{ W}$$

$$P_T = 2 \times 6.15 = 12.13 \text{ W}$$

❖ Détermination du nombre de spire :

$$N_p = \frac{U_p}{4,44 \cdot f \cdot S'_p \cdot B_T} = \frac{220 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 24 \cdot 48} = 269,8 = 270 \text{ spire}$$

$$N'_s = N_p \times \frac{U_s}{U_p} = 270 \times \frac{48}{220} = 58,9 \Rightarrow N_s = N'_s \left(1 + \frac{P_t}{P_s}\right) \Rightarrow N_s = 58,9 \left(1 + \frac{12,31}{400}\right) = 61 \text{ spire}$$

❖ Détermination de la section de conducteur :

Tableau II- 5 : Densités de courant dans les enroulements

S(VA)	rendement(%)	Densité (A/mm <sup>2</sup> )
10 à 17,5	60	5
17,5 à 37,5	70	4,5
37,5 à 75	76	4
75 à 150	82	3,8
150 à 250	83	3,6
250 à 350	85	3,4
350 à 450	87	3,2
450 à 650	88	3
650 à 900	89	2,6
900 à 1500	90	2,4
1500 à 2000	92	2,2

$$\delta = 3,2 \text{ A/mm}^2$$

$$I_p = \frac{P_s}{U_p} = \frac{400}{220} = 1,81 \text{ A}$$

$$S_p = \frac{1,81}{\delta} = 0,568 \text{ mm}^2$$

$$S'_p = 0,567 \left\{ \begin{array}{l} d_1 = 0,8 \text{ mm} \\ d'_1 = 0,84 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$I_s = \frac{P_s}{U_s} = \frac{400}{47} = 8,33 \text{ A}$$

$$S_p = \frac{8.33}{3.2} = 2.6 \text{ mm}^2$$

$$S's = 2.83 \quad \left\{ \begin{array}{l} d_2 = 1.8 \text{ mm} \\ d'_2 = 1.87 \text{ mm} \end{array} \right.$$

❖ **Contrôle de l'enroulement :**

$$J = \frac{C-a-2I}{2} = \frac{98-51-(2 \times 2.5)}{2} = 2.1$$

❖ **Longueur disponible sur la carcasse :**

$$L = h - 2I = 74.5 - (2 \times 2.5) = 69.5 \text{ mm}$$

❖ **Hauteur occupée par les bobinages :**

• **Au primaire :**

➤ Nombre de spire par couche :

$$N_{s/c} = \frac{L}{d'1} = \frac{69.5}{0.84} = 82,73 = 82$$

➤ Nombre de couche :

$$N_c = \frac{N_p}{N_{s/c}} = \frac{270}{82} = 3.29 = 4 \text{ couche}$$

➤ Hauteur du bobinage :

$$L_p = N_c \cdot d'1 = 0.84 \times 4 = 3.36 \text{ mm}$$

• **Au secondaire :**

➤ Nombre de spire par spire :

$$N_{s/c} = \frac{L}{d'2} = \frac{69.5}{1.87} = 37.16 = 37$$

➤ Nombre de couche

$$N_c = \frac{N_p}{N_{s/c}} = \frac{61}{37} = 1.64 = 2 \text{ couche}$$

➤ Hauteur du bobinage :

$$L_s = N_c \cdot d'_2 = 1.87 \times 2 = 3.74 \text{ mm}$$

• La hauteur totale du bobinage :

$$L_b = L_p + L_s = 3.36 + 3.74 = 7.10 \text{ mm}$$

❖ Détermination du coefficient de remplissage :

$$C_r = \frac{L_b}{J} = \frac{7.10}{21} = 0.338 = 33.8\%$$

#### II.6.2 . Dimensionnement de la carcasse :

Le bobinage du transformateur ne se fait pas directement sur le noyau central, mais sur une carcasse en plastique dont les dimensions sont liées au circuit magnétique et plus précisément à la zone fenêtre (Fig. II-2) <sup>[12]</sup>.

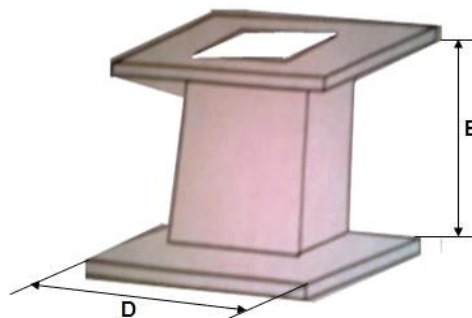


Figure II- 4 : Vue de face d'une carcasse

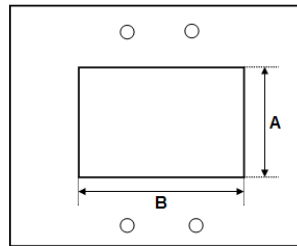


Figure II- 5 : Vue en haut d'une carcasse

Les dimensions caractérisant la carcasse sont :

A : largeur du noyau central du circuit magnétique

B : longueur du noyau central du circuit magnétique

E : longueur utile de la carcasse

D : largeur total (longueur du noyau + longueur de deux fenêtre)

## II-7 . Les différentes étapes de bobinage :

### II.7.1 Construction :

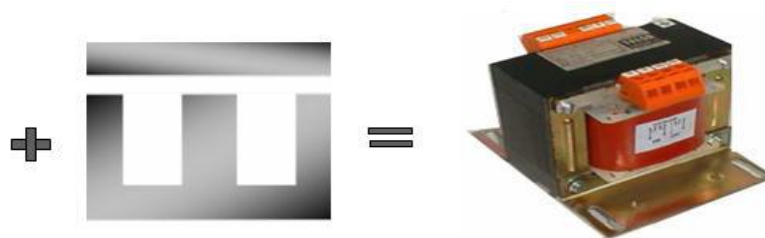
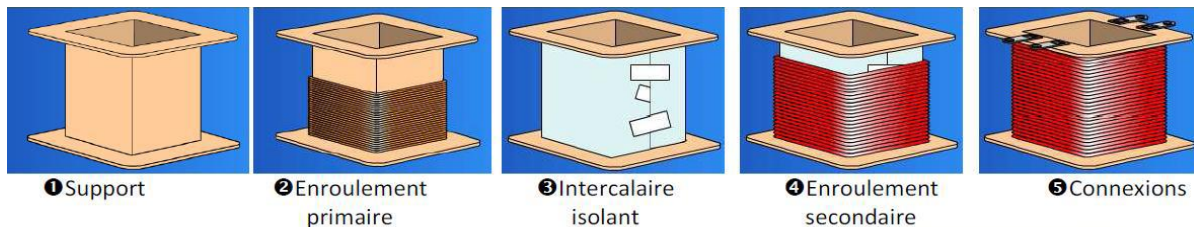


Figure II- 6 : Les différentes étapes de bobinage[14]

### II.7.2 . La conception du transformateur :

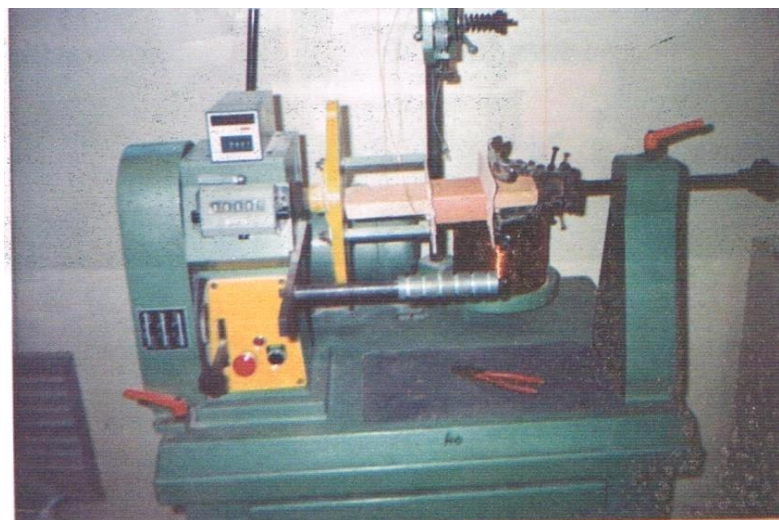
Après le dimensionnement de notre transformateur on va poursuivre les étapes suivantes:

- La préparation des outils et les matériaux nécessaires Figure II-7



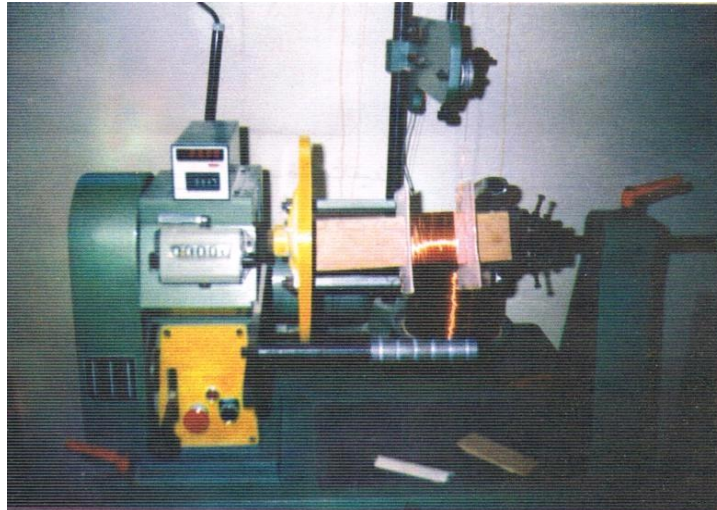
**Figure II- 7: Les matériaux nécessaires[14]**

- La fixation de la carcasse dans la machine (Fig. II-8).
- La préparation du fil nécessaire pour le secondaire ( $d'_2=1,87\text{mm}$ ).
- La préparation du fil nécessaire pour le primaire ( $d'_1=0,84\text{mm}$ ).



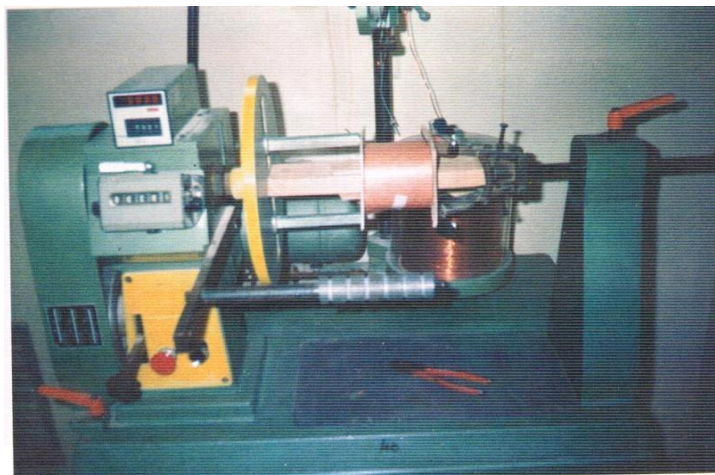
**Figure II- 8 : La fixation de la carcasse sur la machine [14]**

- Le réglage du nombre de spires pour chaque couche sachant qu'on fait le bobinage des spires de basse tension en primaire pour qu'il reste les spires de haute tension en extérieur à fin de faciliter l'isolement.
- On a 04 couches dans le primaire et 2 couches dans le secondaire.



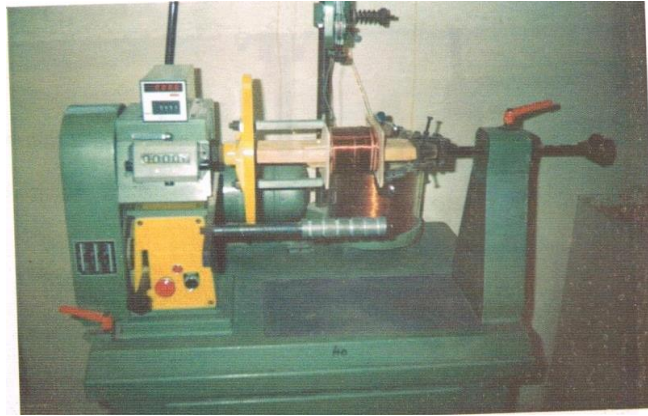
**Figure II- 9 : Le bobinage du secondaire[14]**

- on règle le nombre de spires (37 spires) dans les deux couche de secondaire et après l'arrêt automatique du bobinage on fait l'isolation entre le secondaire et le primaire de tel façon qu'on apparait les pôles du secondaire (Fig. II-10)



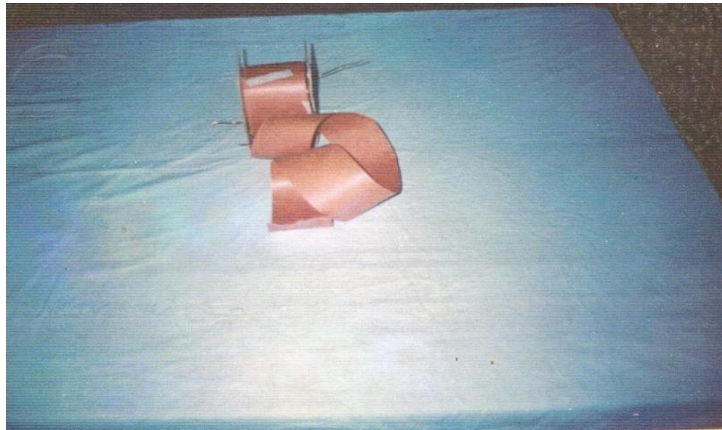
**Figure II- 10 : Le bobinage du secondaire après isolation entre couche [14]**

- On règle le nombre de spires de primaire a (82 spires) dans le compteur de la machine, On répète les mêmes étapes du secondaire jusqu'à la couche N°04.



**Figure II- 11 : Bobinage de la couche finale [14]**

- On fait l'isolation extérieure du transformateur par une bande isolante et la soudure des fils qui sont apparus aux pôles de la conduction (Fig. II-12)



**Figure II- 12: L'isolation extérieure du transformateur par une bande isolante et la soudure des fils. [14]**

On fixe le circuit magnétique dans la carcasse, en fin on obtient notre transformateur monophasé.

- On fait les essais du transformateur à vide et en charge pour la description de la plaque signalétique (Fig. II-12).

**II-8 . Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons vu la notion du dimensionnement proprement dite, ainsi que les corrélations entre ses différents paramètres afin d'optimiser le problème de dimensionnement que se résume dans le choix judicieux des différents paramètres afin d'obtenir un rendement maximal dans les meilleures conditions de fonctionnement.

Le but étant, en général, de minimiser le volume, le poids, le prix ou les pertes, ou la combinaison de ces grandeurs.

**Chapitre III**  
**Partie Exploitation**

**III-1 Introduction :**

Les problèmes de construction qui se posent en technologie peuvent atteindre rapidement une grande complexité et ils nécessitent un temps de calcul impressionnant. Nous avons tenté de réaliser une application utilisant le logiciel Microsoft Excel qui est une suite de Microsoft office la plus connu, il nous permet de présenter une solution très pratique pour le calcul des paramètres des transformateur d'une façon exceptionnelle.

Excel est un logiciel créé par Microsoft qui utilise des feuilles de calcul pour organiser les nombres et les données avec des formules et des fonctions. L'analyse Excel est omniprésente dans le monde et il est utilisé par les entreprises de toutes tailles pour effectuer une analyse financière.

**III-2 Description du projet :**

La construction des machines électriques demande un très grand nombre de formules, des tableaux et abaquages ce qui demande un temps de calcul très important. L'utilisation de l'outil informatique permet un gain de temps très important évitant ainsi des erreurs de dimensionnement dû aux erreurs de calcul.

Dans ce projet de fin d'étude on vise à réaliser un programme informatique interactif permettant de dimensionner les transformateurs monophasés de puissance allant de 9 à 2000VA. Ce logiciel permet de dimensionner et de faire le choix du circuit magnétique les bobines et le du transformateur monophasé.

**III-3 . Principales d'utilisations d'Excel incluent :**

Excel est un logiciel de la suite bureautique Office de Microsoft et permet la création de tableaux, de calculs automatisés, de plannings, de graphiques et de bases de données. On appelle ce genre de logiciel un "tableur". Excel permet de créer facilement des tableaux de toutes sortes, et d'y intégrer des calculs. Les valeurs du tableau se mettent donc à jour automatiquement en fonction des valeurs saisies et calculs [17]. Nous, autant que technicien électrotechnicien, il nous permet d'en servir pour le calcul et de lire les tableaux et les abaquages ou d'interpoler ou extrapoler des valeurs données par un tableau. C'est un puissant outil de visualisation mathématique.

**III-4 Fonctions de données, formules et raccourcis :**

Le logiciel Excel comprend de nombreuses fonctions, formules qui peuvent être utilisés comme moyen de calcul ou de recherche d'une valeur. Parmi les fonctions les plus connus et les plus utilisées.

Nous présentons les fonctions clés et les formules correspondantes ci-dessous :

Fonction	Disruption
SI	C'est une fonction de test logique permettant l'utilisation conditionnelle.
RECHERCHE	C'est la fonction utilisée pour effectuer une recherche dans une table
RECHERCHEV	Utilisez cette fonction pour rechercher dans une table d'une façon <b>V</b> erticale (colonne)
RECHERCHEH	Utilisez cette fonction pour rechercher dans une table d'une façon <b>H</b> orizontale (ligne)
EQUIV	C'est une fonction utilisée pour la recherche d'un élément dans une plage de cellules, puis renvoyer la position relative de cet élément dans une plage.
INDEX	Cette fonction est utile pour renvoyer une valeur ou une référence à une valeur provenant d'un tableau.
ARRONDI	Arrondit un nombre au nombre de chiffres indiqué
ARRONDI.INF	Arrondit un nombre en tendant vers 0 (zéro).
ARRONDI.SUP	Arrondit un nombre à l'entier supérieur, en s'éloignant de zéro.

**III.4.1 Exemple d'utilisation des fonctions :**

**III.4.1.1 Fonction RECHERCHEV**

La fonction Excel RECHERCHEV recherche une valeur dans la première colonne d'un tableau puis renvoie la valeur d'une cellule qui se situe sur la même ligne que la valeur recherchée.

Formule : : **RECHERCHEV** (recherche ; tableau ; colonne ; type)

L'objectif ici est de rechercher des informations de la cellule E35=2.651 dans le tableau situé dans le classeur « caractéristique du fil » le tableau est de dimension allant de C6 à F32.

La valeur recherchée est dans la colonne 2 de la table. Le résultat trouvé est de 1.8.

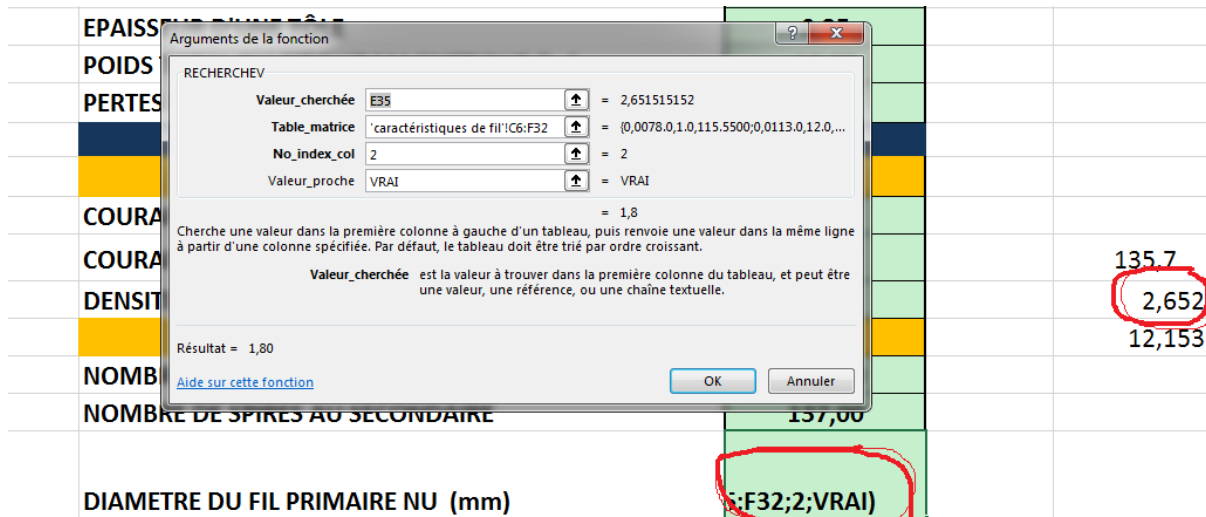


Figure III- 1: Représentation de la fonction RECHERCHEV

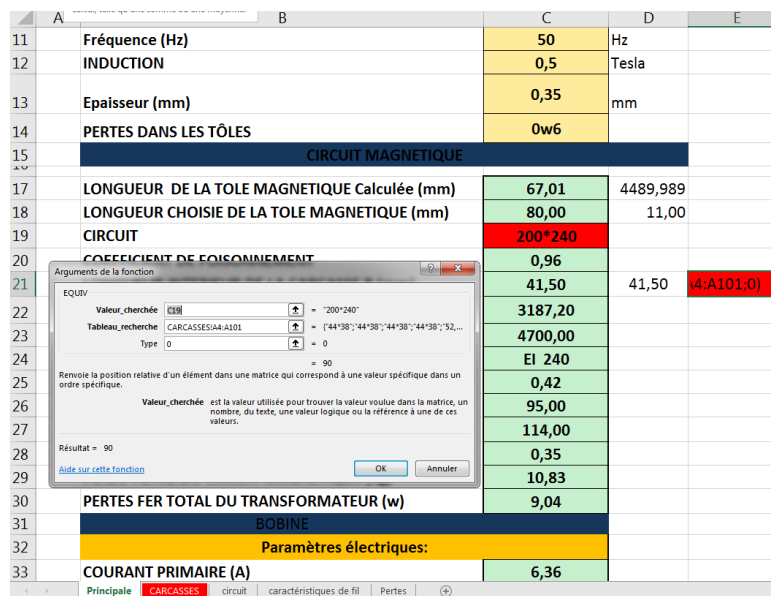
Dans "Valeur proche",

- Entrez FAUX pour rechercher la valeur exacte de "Valeur cherchée"
- Vous pouvez aussi choisir la valeur la plus proche de "Valeur cherchée" en entrant VRAI (ou en laissant vide).

### III.4.1.2 Fonction EQUIV

Renvoie la position relative d'un élément d'une matrice qui équivaut à une valeur spécifiée dans un ordre donné.

Formule : **EQUIV (valeur recherchée ; plage ; type)**



Dans notre cas d'exemple en recherche le circuit magnétique (200\*240) affiché dans la cellule C19 dans la table colonne de A4 à A101 du casneur carcasse, le résultat affiché est la position 90. (C'est-à-dire dans la 90<sup>ème</sup> ligne se trouve la valeur recherché (200\*240))

Dans "Type", ont choisie :

- 0 pour trouver la valeur exacte,
- 1 pour la valeur la plus élevée qui est inférieure ou égale à "Valeur cherchée",
- -1 pour la plus petite valeur qui est supérieure ou égale à "Valeur cherchée" (dans l'ambiguïté, entrez 0).

### III.4.1.3 Fonction INDEX

La fonction INDEX renvoie la valeur / position de la cellule dans une table ou une plage donnée.

Formule : INDEX (plage de cellules ; no ligne ; no colonne)

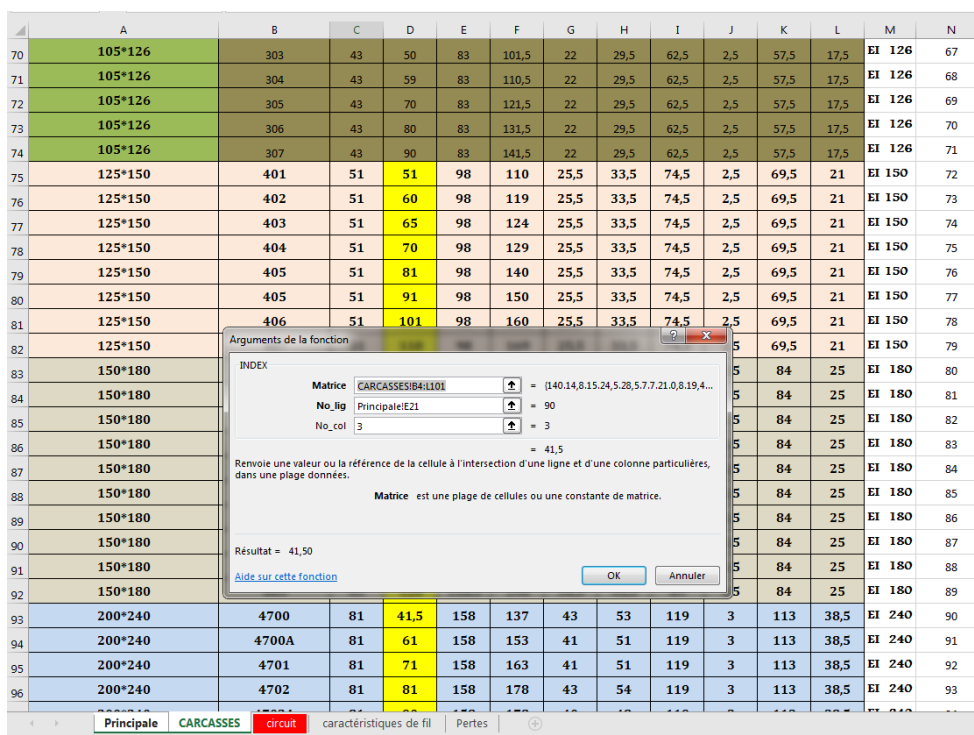


Figure III- 2 : Représentation de la fonction INDEX

Dans cet exemple en recherche dans la Matrice allant de B4 à L101 situé dans le classeur « Circuit », Numéro de ligne **90** (indiqué par le classeur Principal dans la cellule E21), Numéro de colonne **3**, le résultat renvoyé est **41.50**

III-5 Etude d'un cas :

Après la réalisation de notre application, nous voulons la comparer à d'autre programme déjà réalisé par le logiciel Matlab.

**Cahier de charge**

Les données du transformateur déjà étudié au chapitre II, sont les suivants :

$U_p=220V$  ;  $U_s=48V$  ;  $P_s=400AV$  ;  $f=50HZ$  ;  $B =1.5T$  ;  $e=0.35mm$  ;  $0W6$

**III.5.1 Résultat du programme Excel :**

En introduisant les paramètres d'entrés par l'interface de l'application Excel achevée,

Paramètres d'entrée		
LA PUISSACE APPARENTE DU TRANSFORMATEUR	400	VA
LA TENSION PRIMAIRE	220	V
LA TENSION SECONDAIREE	48	V
Fréquence (Hz)	50	Hz
INDUCTION	1,5	Tesla
Epaisseur (mm)	0,35	mm
PERTES DANS LES TÔLES	0w6	

**Figure III- 3 : Interface d'entrée de l'application Excel**

Les résultats présentés par l'application sont les suivants :

## III.5.1.1 Circuit magnétique

CIRCUIT MAGNETIQUE	
LONGUEUR DE LA TOLE MAGNETIQUE Calculée (mm)	48,99
LONGUEUR CHOISIE DE LA TOLE MAGNETIQUE (mm)	50,00
CIRCUIT	125*150
COEFFICIENT DE FOISONNEMENT	0,96
LONGUEUR INTERIEUR DE LA CARCASSE B (mm)	51,00
Section du fer (mm <sup>2</sup> )	2448,00
REFERANCE DE LA CARCASSE	401,00
CIRCUIT	EI 150
PERTES FER DE LA TÔLE CHOISIE	1,30
POIDS D UNE TÔLES	39,90
NOMBRE DE TÔLES	140
EPAISSEUR D'UNE TÔLE	0,35
POIDS TOTAL DU CIRCUIT MAGNETIQUE (kg)	5,59
PERTES FER TOTAL DU TRANSFORMATEUR (w)	14,51

Figure III- 4 : Résultats obtenus par l'application Excel pour le circuit magnétique

## III.5.1.2 Bobine

Le calcul des courant et le choix de du fil

BOBINE	
<b>Paramètres électriques:</b>	
COURANT PRIMAIRE (A)	1,82
COURANT SECONDAIRE (A)	8,33
DENSITE DE COURANT	3,20
<b>Paramètres du fil:</b>	
NOMBRE DE SPIRES AU PRIMAIRE	270
NOMBRE DE SPIRES AU SECONDAIRE	61
DIAMETRE DU FIL PRIMAIRE NU (mm)	0,80
DIAMETRE DU FIL SECONDAIRE NU (mm)	1,80
DIAMETRE DU FIL PRIMAIRE ISOLE (mm)	0,84
DIAMETRE DU FIL SECONDAIRE ISOLE (mm)	1,87
LONGUEUR DISPONIBLE SUR LA CARCASSE (mm)	69,50

Figure III- 5 : Résultats obtenus par l'application Excel pour la bobine

A) PRIMAIRE	
NOMRE DE SPIRES PAR COUCHE	82,00
NOMRE DE COUCHES	4,00
HAUTEUR OCCUPEE PAR LES BOBINES (mm)	3,36
B) Secondaire	
NOMRE DE SPIRES PAR COUCHE	37
NOMRE DE COUCHES	2
HAUTEUR OCCUPEE PAR LES BOBINES (mm)	3,74
HAUTEUR TOTAL DU BOBINAGE (mm)	7,10
COEFFICIENT DE REMPLISSAGE %	33,81

Figure III- 6 : Résultats obtenus par l’application Excel pour le nombre de couches et le nombre de spires au primaire et au secondaire

Les dimensions présentées par l’application :

a) Pour la carcasse

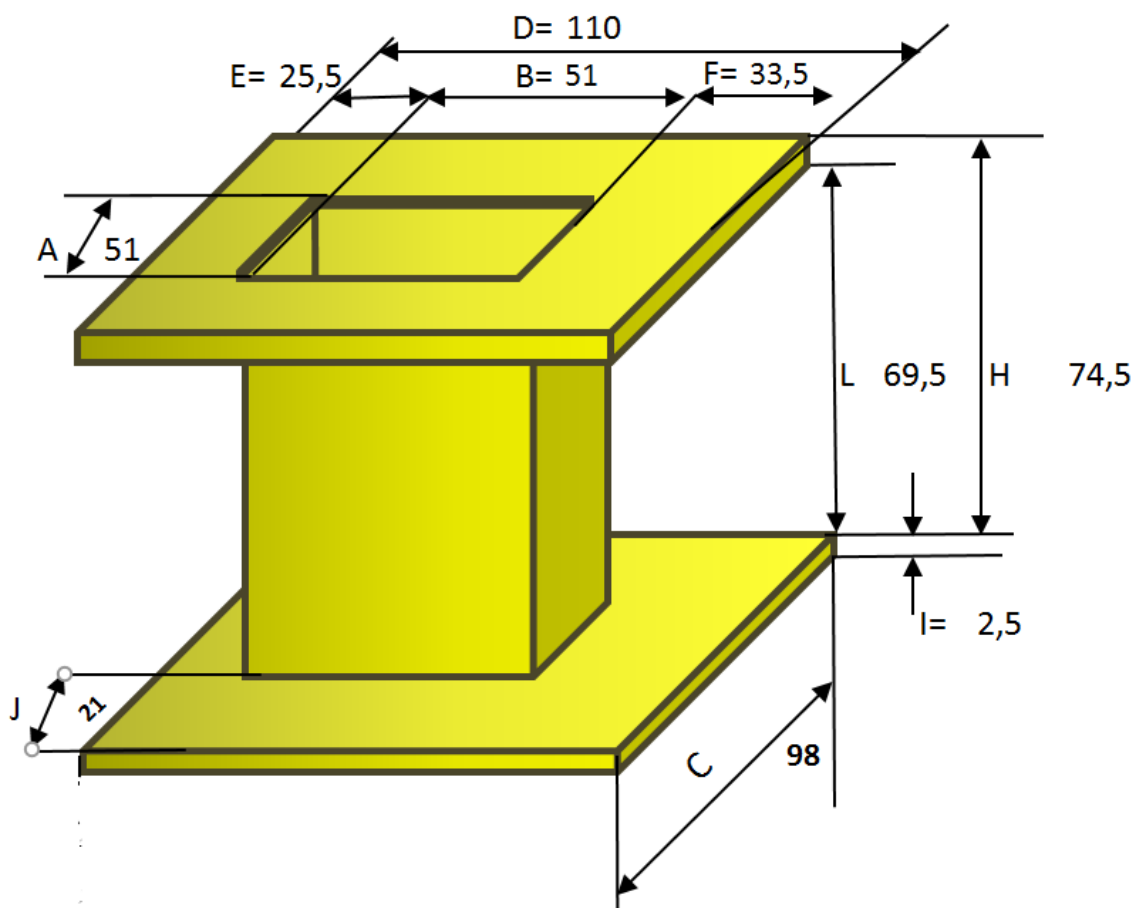


Figure III- 7 : Cotation de la carcasse donnée par l’application

b) Pour le circuit magnétique

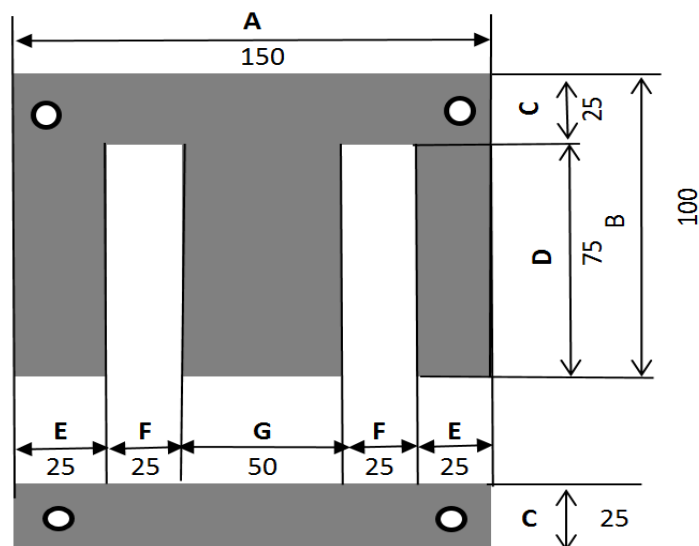


Figure III- 8 : Cotation de la Tôle magnétique générée par l’application

c) Valeurs électriques présentées par l’application Excel

Les tensions d’entrées et les courants de sorties ainsi que les nombres de spires primaires et secondaires sont présentés par la figure III.7 :

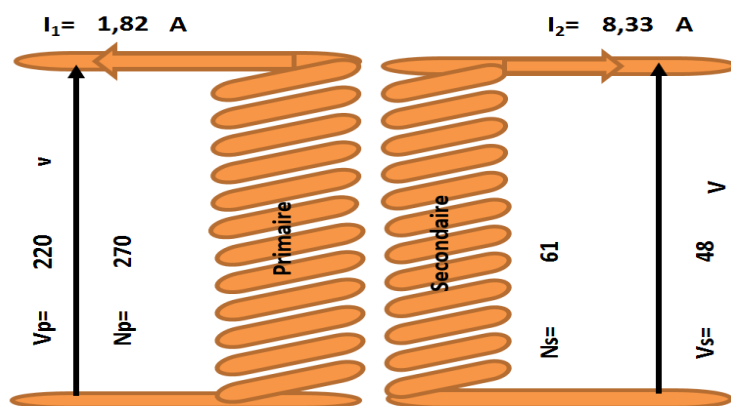


Figure III- 9 : Tensions d’entrées et les courants de sorties du transformateur

### III.5.2 Résultats obtenus par le programme Matlab

a) Programme Matlab

Les mêmes données ont été introduite dans un programme élaboré par le logiciel Matlab, les résultats sont représentés comme suite :

```

LES PARAMETRES D'ENTREES
* LA PUISSACE APPARENTE DU TRANSFORMATEUR----- :400.00 VA
    
```

\* LA TENSION PRIMAIRE-----: 220.00 V  
 \* LA TENSION SECONDAIRE-----: 48.00 V  
 \* L'INDUCTION-----: 1.50 Tesla  
 \* PERTES DANS LES TÔLES-----: 0.60 W/Kg

CIRCUIT MAGNETIQUE

\* TÔLE MAGNETIQUE QUALITE-----: N° 60  
 \* LA LONGUEUR CHOISIE DE LA TÔLE MAGNETIQUE-----: **50.00** mm  
 \* CIRCUIT-----: **125 X 150**  
 \* COEFFICIENT DE FOISONNEMENT-----: 0.945  
 \* LA LONGUEUR INTERIEUR DE LA CARCASSE B-----: 65.00 mm  
 \* La section du fer-----: 0.56 mm<sup>2</sup>  
 \* REFERANCE DE LA CARCASSE : -----: 403  
 \*CIRCUIT-----: **EI 150**  
 \*PERTES FER DE LA TÔLE CHOISIE-----:3.98 W/kg  
 \*POIDS D'UNE TÔLES-----:39.90 g  
 \*LE NOMBRE DE TÔLES-----: 176 tôles  
 \*L'EPAISSEUR D'UNE TÔLE-----: 0.35 mm  
 \*LE POIDS TATAL DU CIRCUIT MAGNETIQUE-----:7022 g (7.02 kg)  
 \*LES PERTES FER TOTAL DU TRANSFORMATEUR-----: 55.741 W

BOBINE

a) -Les paramètres électriques :

\*LE COURANT PRIMAIRE-----:1.818 A  
 \*LE COURANT SECONDAIRE-----:8.333 A  
 \*LA DENSITE DE COURANT -----:3.28 A/mm<sup>2</sup>

b) -Les paramètres du fil :

\*LE NOMBRE DE SPIRES AU PRIMAIRE-----: 208 spires  
 \*LE NOMBRE DE SPIRES AU SECONDAIRE-----: 45 spires  
 \*LE DIAMETRE DU FIL PRIMAIRE NU-----: 0.90 mm  
 \*LE DIAMETRE DU FIL SECONDAIRE NU-----: 1.80 mm  
 LE DIAMETRE DU FIL PRIMAIRE ISOLE-----:0.95 mm  
 \*LE DIAMETRE DU FIL SECONDAIRE ISOLE-----:**1.87** mm

LONGUEUR DISPONIBLE SUR LA CARCASSE ----- : **69.50** mm

a) **AU PRIMAIRE**-----:

NOMRE DE SPIRES RAR COUCHE-----: 73 spires/couche  
 NOMRE DE COUCHES-----: 3 couches  
 HAUTEUR OCCUPEE PAR LES BOBINES-----: 2.85 mm

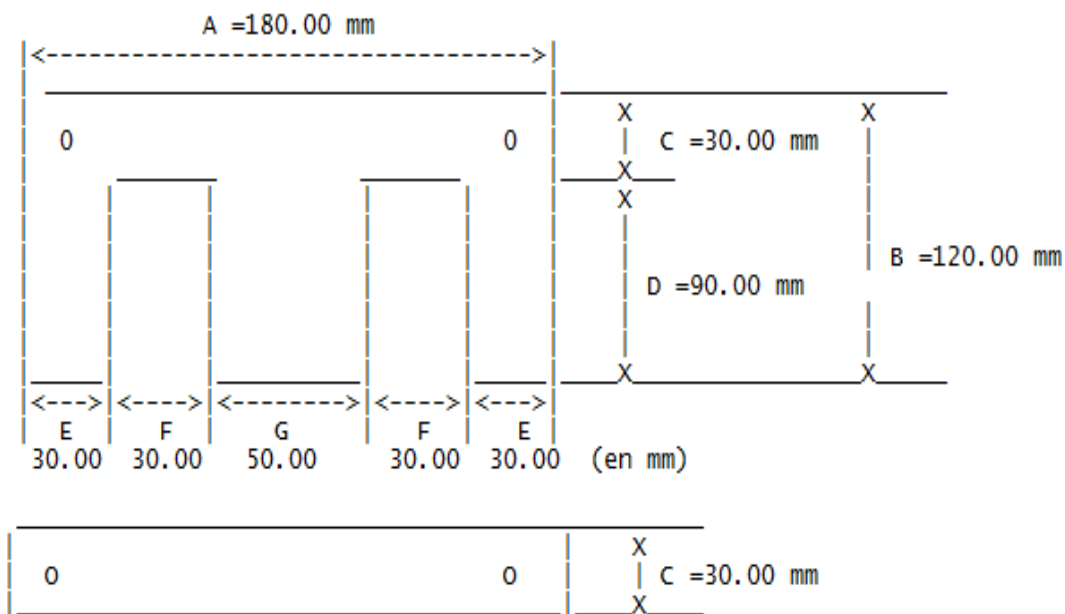
b) **AU SECONDAIRE**-----:

NOMRE DE SPIRES RAR COUCHE-----: **37** spires/couche  
 NOMRE DE COUCHES-----: 1 couches  
 HAUTEUR OCCUPEE PAR LES BOBINES-----:1.87 mm

HAUTEUR TOTAL DU BOBINAGE.....:4.72 mm  
 COEFFICIENT DE REMPLISSAGE %.....: 24

DIMENSION

LE CIRCUIT MAGNETIQUE EN (E):



HAUTEUR D'ENCOMBREMENT ET LA LONGUEUR INTERIEUR DE LA CARCASSE: (SUPPORT BOBINE)

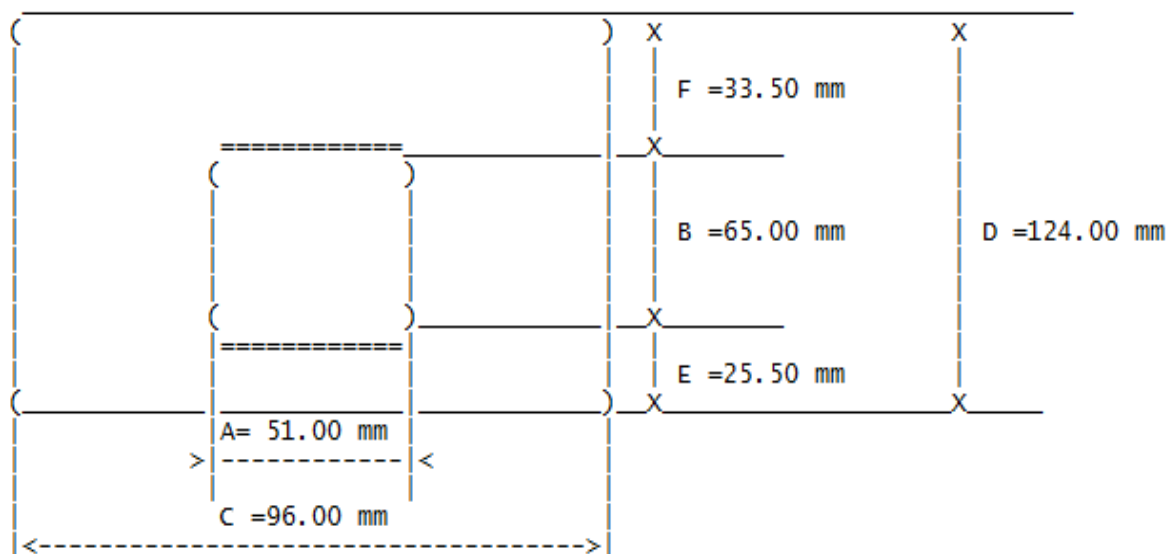


Figure III- 10: Dimension de la carcasse et la tôle magnétique généré par le programme Matlab

D'après les résultats obtenus, il est clair que l'application réalisée fonctionne correctement et les différences entre les deux logiciels résident de la méthode de calcul

utilisée (interpolation, extrapolation ...) et même les résultats obtenus coïncide correctement avec les résultats obtenus théoriquement.

### **III.5.3 Conclusion :**

On a procédé dans ce chapitre a une description de processus de calcul numérique que on a décomposé en deux étapes, la première concernant la présentation du logiciel Excel et les fonctions les plus utilisées, par contre, la deuxième étape prend on calcul les dimensionnements de transformateur par notre logiciel

Au cours de ce chapitre on a également présenté une comparaison entre les résultats théorique et les résultats obtenus par les deux logiciels Excel et Matlab.

## **Conclusion général**

### Conclusion général

Notre travail a consisté à étudier la conception d'un transformateur monophasé, nous avons commencé par la présentation du transformateur monophasé et décrire tous les lois correspondantes, nous avons établi les équations des tensions, des courants et des puissances.

Nous avons effectué une étude détaillée sur la conception du transformateur pour en dégager des paramètres caractéristiques fixant un cadre au modèle électrique que nous proposons.

La conception de notre transformateur électrique nous a amené à définir toute une classe d'éléments finis adaptés aux besoins des électriciens. La caractéristique de certains éléments se distingue nettement de ceux que l'on rencontre dans les codes de calculs classiques. Ils peuvent imposer des conditions des contraintes globales comme le courant total sur la charge totale.

Dans cette étude, nous nous sommes attachés à réaliser un transformateur monophasé de faible puissance grâce à des abaques plus fidèle des phénomènes entrant en jeu disponibles aux rembobinages du petit transformateur à usage électronique.

Ensuite, on a passé en revue la présentation du transformateur monophasé en générale, que l'on a appliqué pour la conception de notre transformateur.

Pour maîtriser et caractérisé notre machine, il faut maîtriser la simulation, pour se faire, on a réalisé tous nos essais sur le laboratoire virtuel sous environnement Excel qui permet de mieux analyser et de représenter le profil de notre transformateur même avant sa construction.

Une partie importante du travail consiste à étudier expérimentalement les caractéristiques du transformateur sous environnement Excel.

Même si les résultats rapportés sont validés seulement pour les petits transformateurs, les méthodes expérimentales et numériques présentées pourraient être appliquées à tous les autres modèles, mais il faut vérifier cela, car dans le domaine de conception il y a des phénomènes qui ne peuvent s'expliquer qu'après des études bien approfondies.

# **Annexe**

## Annexe

circuit	Référence	A	B	C	D	E	F	H	I	L	J	
44*38	140	14,8	15	24,5	28,5	7	7	21	0,8	19,4	6	EI 44
44*38	141	15	17	29	33	33	9	21	1	19	6	EI 44
44*38	141B	15	17	29	41,5	41,5	14,2	21	1	19	6	EI 44
44*38	141D	15	17	29	32	32	7,5	21	1	19	6	EI 44
52,5*44	142F	18	18	34,2	34,2	8	8	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	142V	18	18	34,2	34,2	8	8	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	142B	18	18	34,1	44	8	17,5	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	143	18,5	20,5	42	36	10	15,3	26	1	24	6	EI 52,5
50*60	102	21	21	39,5	50,5	10	19,3	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	103	21	26	39,5	55	10	19	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	104	21	30	39,5	59,5	10	19	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	105	21	40	39,5	69,5	10	19,5	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	106	21	42	39,5	71,5	10	19,5	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	144	21,3	21,3	39	39	9	9	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	145	21,5	21,5	38,6	47	8,4	17	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	146	20,8	10,4	40	48	9,5	17,8	29	1,2	26,6	7,9	EI 60
50*60	147	21	21	38	47	8,6	17	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	148	21	26	39	55	9	19,7	29	1	27	7,9	EI 60
62,5*75	118	26	21	49	58	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	119	26	26	49	59	15	18	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	119C	26	26	49	58	12	20	37	1	35	10	EI 75

## Annexe

62,5*75	119GD	26	26	49	63	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	120	26	30	49	67	14	23	37	1,3	34	0	EI 75
62,5*75	121	26	32	49	69	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	121	26	35	49	72	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	123	26	38	49	75	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	124	26	40	49	77	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	125	26	45	49	82	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	126	26	50	49	87	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	127	26	60	49	97	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	128	26	70	49	107	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
70*84	151	29	29	55	68	15	24	41, 5	1,6	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	152	29	32	55	71	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	153	29	34	55	73	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	154	29	36	55	75	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	155	29	40	55	79	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	156	29	44	55	83	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	157	29	46	55	86	16	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	158	29	50	55	89	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	159	29	56	55	96	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	160	29	80	55	119	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	208	33	71	62,5	113	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 84
80*96	199	33	19, 5	62,5	61,5	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96
80*96	200	33	25	62,5	67	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96
80*96	201	33	30	62,5	72	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96
80*96	202	33	34	62,5	76	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96

## Annexe

<b>80*96</b>	203	33	40	62,5	82	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	204	33	54	62,5	87	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	204	33	47,5	62,5	89,5	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	205	33	50	62,5	92	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	206	33	56	62,5	98	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	207	33	63	62,5	105	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	208	33	71	62,5	113	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>90*108</b>	<b>249</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>76</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>251</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>70</b>	<b>83</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>251 B</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	<b>70</b>	<b>88</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>252</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>70</b>	<b>93</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>252 B</b>	<b>37</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>96</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>253</b>	<b>37</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>101</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254</b>	<b>37</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>107</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254 A</b>	<b>37</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>107</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254 B</b>	<b>37</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>116</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>255</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>70</b>	<b>118</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>105*126</b>	300	43	25,5	83	77	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	301	43	35,5	83	87	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	302	43	43	83	94,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	303	43	50	83	101,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	304	43	59	83	110,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	305	43	70	83	121,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	306	43	80	83	131,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	307	43	90	83	141,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>

## Annexe

125*150	401	51	51	98	110	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	402	51	60	98	119	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	403	51	65	98	124	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	404	51	70	98	129	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	405	51	81	98	140	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	405	51	91	98	150	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	406	51	101	98	160	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	407	51	110	98	169	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
150*180	600	61	41	118,5	111	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	600B	61	51	118,5	121	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	601	61	61	118,5	131	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	602	61	70	118,5	140	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	602B	61	75	118,5	145	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	603	61	80	118,5	150	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	603B	61	90	118,5	160	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	604	61	100	118,5	170	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	604B	61	110	118,5	180	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	605	61	120	118,5	190	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
200*240	4700	81	41,5	158	137	43	53	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4700A	81	61	158	153	41	51	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4701	81	71	158	163	41	51	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4702	81	81	158	178	43	54	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4702A	81	90	158	178	40	48	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4703	81	96	158	190	42	52	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4703A	81	100	158	190	40	50	119	3	113	38,5	EI 240

## Annexe

<b>200*240</b>	<b>4703B</b>	<b>81</b>	<b>110</b>	<b>158</b>	<b>203</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>113</b>	<b>38,5</b>	<b>EI 240</b>
<b>200*240</b>	<b>4704</b>	<b>81</b>	<b>121</b>	<b>158</b>	<b>211</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>113</b>	<b>38,5</b>	<b>EI 240</b>

circuit standard (2w6-1w6 et 0x6 à grain orinnté)										2w6-1w6 épisieur 50/100		0x6 à grain orinnté 35/100	
Circuit	A	B	C	D	E	F	G	H	L	Eet l en g	en kg	Eet l en g	en kg
44*38	44,0 0	29,0 0	9,0 0	22,0 0	8,0 0	8,0 0	14, 00	3,0 0	36,0 0	4,6	21 8	3,22	30 0
52,5*4 4	62,5 0	35,0 0	9,0 0	26,0 0	8,7 0	8,7 0	17, 50	3,5 0	44,0 0	6,6	15 1	4,62	21 6
50*60	60,0 0	40,0 0	10, 00	30,0 0	10, 00	10, 00	20, 00	3,5 0	50,0 0	8,6	11 7	6,02	16 6
62,5*7 5	75,0 0	50,0 0	12, 50	37,5 0	12, 50	12, 50	25, 00	4,0 0	62,5 0	14,5	70	10	10 0
70*84	84,0 0	56,0 0	14, 00	42,0 0	14, 00	14, 00	28, 00	4,2 0	70,0 0	17,1	59	11,97	83
80*96	96,0 0	63,7 0	16, 00	47,5 0	16, 00	16, 00	31, 80	5,5 0	80,0 0	21,2	47	14,84	67
90*10 8	108, 00	72,0 0	18, 00	54,0 0	18, 00	18, 00	36, 00	5,5 0	90,0 0	27,9	36	18,53	54
105*1 26	126, 00	84,0 0	21, 00	36,0 0	21, 00	21, 00	42, 00	6,5 0	105, 00	37,7	27	26,39	38
125*1 50	150, 00	100, 00	25, 00	75,0 0	25, 00	25, 00	50, 00	9,0 0	125, 00	57	18	39,9	25
150*1 80	180, 00	120, 00	30, 00	90,0 0	30, 00	30, 00	60, 00	9,0 0	150, 00	76	13	57	17
200*2 40	240, 00	200, 00	40, 00	120, 00	40, 00	40, 00	80, 00	12, 00	200, 00	145	7	95	10

## Annexe

section(mm2)	fil nu	fil isolé	spires par(mm2)
0,0078	0,1	0,115	5500
0,0113	0,12	0,14	4000
0,0132	0,13	0,15	3600
0,0154	0,14	0,16	3100
0,0176	0,15	0,17	2800
0,0101	0,16	0,18	2500
0,0254	0,18	0,2	2070
0,00314	0,2	0,22	1720
0,038	0,22	0,245	1400
0,019	0,25	0,275	1140
0,0706	0,3	0,325	810
0,0962	0,35	0,38	590
0,1256	0,4	0,43	470
0,1963	0,5	0,535	305
0,2827	0,6	0,64	215
0,3848	0,7	0,74	160
0,5026	0,8	0,84	125
0,6361	0,9	0,95	100
0,7853	1	1,05	82
1,1309	1,2	1,26	58
1,3272	1,3	1,36	50
1,5393	1,4	1,46	44
1,7671	1,5	1,56	39
2,0105	1,6	1,66	33
2,5446	1,8	1,87	26
2,83	1,9	1,996	23
3,1415	2	2,07	20

### 11.26.1 caractéristiques technologiques et magnétiques des toles

11.26.1. Toles a grains non orientés Laminées a froid (NFC 28 900)	Qualité	e	pertes (w/kg)		Induction minimum En tesals Pour une Intensité de champ DE :	f			
			1,5 T	1,7 T					
			fev 89-27 7	0,2					
fev 97-30	0,3	0,9 7	1,5	1,75	0,95 5				
fev 111- 35	0,3 5	1,1 1	1,6 5	1,75	0,96				

## Annexe

---

## **Référence et bibliographique**

# Bibliographie

- [1] M.Kostenko et L.piotrovski ‘’ Machine électrique Tom (1) ‘’ Edition 1979
- [2] Document interon ‘’projet d’électrotechnique des nombres du forme électrique
- [3] J.R lucas, « historial développement of the transformer » chaimain IEE sirilanka center, 2000/1
- [4] Toufik Ismail ‘’modélisation des éléments non linéaire’’ mémoire magister, département d’électronique Batna 2005
- [5] <http://dspt.perso.sfr.fr/GAULARD.htm> (© 2000-2007 Pierre Dessapt)
- [6] Kahina ben amar ‘’ modélisation par élément finis d’un micro-transformateur intégré’’ mémoire de fin d’étude 2015
- [7] A.LEFEURE « contrition a la modalisation électrique électromagnétique et thermique des transformateurs » Ecole poly technique Nante,2006
- [8] Cour terminal génie électrique chapitre 03
- [9] T<sup>le</sup> GET le transformateur
- [10] Abderahim Awat « étude des pertes dans les enroulements des composants passifs planaires » Mémoire doctorat U.J.M saint Etienne 2019
- [11] Français Mislant « cour d’électrotechnique » éditions Marketing 1990
- [12] Technologie des composantes électrique, bobinage, norme et essai, R.Besson, Edition Radio 1987
- [13] Pr. SAROUT MED « cour construction des machines électriques » 1<sup>er</sup> master machine électrique université Amar Theliji Laghouat 2011/2
- [14] Etude et simulation du transformateur monophasé Mémoire de fin d’étude 2006

[15] YAHIOU Abdelghani «Contribution à l'étude et à l'analyse du régime transitoire dans les transformateurs de puissance : Cas du courant d'appel » Mémoire magister option Réseaux électriques UNIVERSITE FERHAT ABBAS — SETIF

[16] <http://bricolsec.canalblog.com/archives/2009/03/30/13192521.html>.

[17] <https://cours-informatique-gratuit.fr/dictionnaire/office-excel/>)

## **Résumé**

Le présente travail consiste a exposé un logiciel pur calcule et déterminer le différentes paramètres constrictifs d'un transformateur monophasé de petit puissance

Le mémoire que nous présentant est conçu sur le plan suivant :

Le premier chapitre on a parlé présentation générale des éléments constitutifs des transformateurs ainsi que leur principe de fonctionnement qu'il régitse

Dans le deuxième chapitre nous ferons un rappel détaillé sur la théorie et la mise en œuvre de fonctionnement monophasé pour avoir une idée exacte sur les différentes applications des connaissances théorique

Dans le troisième chapitre, il y a une brève introduction au programme ' Excel' avec un bas de propriétés utilisateur et les marches de calcule de ses paramètres qu'il faut suivre, finalement Nous avons présenté le programme qui nous avons mise au point au sein de ce travail

## **Conclusion général**

---

## Conclusion générale

### Conclusion générale

Notre travail consiste à étudier la conception d'un transformateur monophasé, nous avons commencé par la présentation du transformateur monophasé et décrire tous les lois correspondantes, nous avons établi les équations des tensions, des courants et des puissances.

Nous avons effectué une étude détaillée sur la conception du transformateur pour en dégager des paramètres caractéristiques fixant un cadre au modèle électrique que nous proposons.

La conception de notre transformateur électrique nous a amené à définir toute une classe d'éléments finis adaptés aux besoins des électriciens. La caractéristique de certains éléments se distingue nettement de ceux que l'on rencontre dans les codes de calculs classiques. Ils peuvent imposer des conditions des contraintes globales comme le courant total sur la charge totale.

Dans cette étude, nous nous sommes attachés à réaliser un transformateur monophasé de faible puissance grâce à des abaques plus fidèle des phénomènes entrant en jeu disponibles aux rebobinages du petit transformateur à usage électronique.

Ensuite, on a passé en revue la présentation du transformateur monophasé en générale, que l'on a appliqué pour la conception de notre transformateur.

Pour maîtriser et caractérisé notre machine, il faut maîtriser la simulation, pour se faire, on a réalisé tous nos essais sur le laboratoire virtuel sous environnement Excel qui permet de mieux analyser et de représenter le profil de notre transformateur même avant sa construction.

Une partie importante du travail consiste à étudier expérimentalement les caractéristiques du transformateur sous environnement Excel.

Même si les résultats rapportés sont validés seulement pour les petits transformateurs, les méthodes expérimentales et numériques présentées pourraient être appliquées à tous les autres modèles, mais il faut vérifier cela, car dans le domaine de conception il y a des phénomènes qui ne peuvent s'expliquer qu'après des études bien approfondies.

# Annexe

## Annexe

### Tableau (A)

circuit	Référence	A	B	C	D	E	F	H	I	L	J	
44*38	140	14,8	15	24,5	28,5	7	7	21	0,8	19,4	6	EI 44
44*38	141	15	17	29	33	33	9	21	1	19	6	EI 44
44*38	141B	15	17	29	41,5	41,5	14,2	21	1	19	6	EI 44
44*38	141D	15	17	29	32	32	7,5	21	1	19	6	EI 44
52,5*44	142F	18	18	34,2	34,2	8	8	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	142V	18	18	34,2	34,2	8	8	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	142B	18	18	34,1	44	8	17,5	26	1	24	7	EI 52,5
52,5*44	143	18,5	20,5	42	36	10	15,3	26	1	24	6	EI 52,5
50*60	102	21	21	39,5	50,5	10	19,3	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	103	21	26	39,5	55	10	19	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	104	21	30	39,5	59,5	10	19	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	105	21	40	39,5	69,5	10	19,5	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	106	21	42	39,5	71,5	10	19,5	29	1,3	26,4	8	EI 60
50*60	144	21,3	21,3	39	39	9	9	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	145	21,5	21,5	38,6	47	8,4	17	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	146	20,8	10,4	40	48	9,5	17,8	29	1,2	26,6	7,9	EI 60
50*60	147	21	21	38	47	8,6	17	29	1	27	7,9	EI 60
50*60	148	21	26	39	55	9	19,7	29	1	27	7,9	EI 60
62,5*75	118	26	21	49	58	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	119	26	26	49	59	15	18	37	1,5	34	10	EI 75

## Annexe

62,5*75	119C	26	26	49	58	12	20	37	1	35	10	EI 75
62,5*75	119GD	26	26	49	63	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	120	26	30	49	67	14	23	37	1,3	34	0	EI 75
62,5*75	121	26	32	49	69	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	121	26	35	49	72	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	123	26	38	49	75	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	124	26	40	49	77	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	125	26	45	49	82	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	126	26	50	49	87	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	127	26	60	49	97	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
62,5*75	128	26	70	49	107	14	23	37	1,5	34	10	EI 75
70*84	151	29	29	55	68	15	24	41, 5	1,6	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	152	29	32	55	71	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	153	29	34	55	73	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	154	29	36	55	75	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	155	29	40	55	79	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	156	29	44	55	83	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	157	29	46	55	86	16	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	158	29	50	55	89	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	159	29	56	55	96	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	160	29	80	55	119	15	24	41, 5	1,8	37, 9	11, 5	EI 84
70*84	208	33	71	62,5	113	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 84
80*96	199	33	19, 5	62,5	61,5	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96
80*96	200	33	25	62,5	67	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96
80*96	201	33	30	62,5	72	17	25	47, 5	1,7	44, 1	13	EI 96

## Annexe

<b>80*96</b>	202	33	34	62,5	76	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	203	33	40	62,5	82	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	204	33	54	62,5	87	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	204	33	47,5	62,5	89,5	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	205	33	50	62,5	92	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	206	33	56	62,5	98	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	207	33	63	62,5	105	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>80*96</b>	208	33	71	62,5	113	17	25	47,5	1,7	44,1	13	<b>EI 96</b>
<b>90*108</b>	<b>249</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>76</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>251</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>70</b>	<b>83</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>251 B</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	<b>70</b>	<b>88</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>252</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>70</b>	<b>93</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>252 B</b>	<b>37</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>96</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>253</b>	<b>37</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>101</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254</b>	<b>37</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>107</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254 A</b>	<b>37</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>107</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>254 B</b>	<b>37</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>116</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>90*108</b>	<b>255</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>70</b>	<b>118</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>53,5</b>	<b>2</b>	<b>49,5</b>	<b>17</b>	<b>EI 108</b>
<b>105*126</b>	300	43	25,5	83	77	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	301	43	35,5	83	87	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	302	43	43	83	94,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	303	43	50	83	101,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	304	43	59	83	110,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	305	43	70	83	121,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>
<b>105*126</b>	306	43	80	83	131,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	<b>EI 126</b>

## Annexe

105*126	307	43	90	83	141,5	22	29,5	62,5	2,5	57,5	17,5	EI 126
125*150	401	51	51	98	110	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	402	51	60	98	119	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	403	51	65	98	124	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	404	51	70	98	129	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	405	51	81	98	140	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	405	51	91	98	150	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	406	51	101	98	160	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
125*150	407	51	110	98	169	25,5	33,5	74,5	2,5	69,5	21	EI 150
150*180	600	61	41	118,5	111	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	600B	61	51	118,5	121	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	601	61	61	118,5	131	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	602	61	70	118,5	140	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	602B	61	75	118,5	145	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	603	61	80	118,5	150	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	603B	61	90	118,5	160	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	604	61	100	118,5	170	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	604B	61	110	118,5	180	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
150*180	605	61	120	118,5	190	34,5	35,5	89	2,5	84	25	EI 180
200*240	4700	81	41,5	158	137	43	53	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4700A	81	61	158	153	41	51	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4701	81	71	158	163	41	51	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4702	81	81	158	178	43	54	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4702A	81	90	158	178	40	48	119	3	113	38,5	EI 240
200*240	4703	81	96	158	190	42	52	119	3	113	38,5	EI 240

## Annexe

<b>200*240</b>	<b>4703A</b>	<b>81</b>	<b>100</b>	<b>158</b>	<b>190</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>113</b>	<b>38,5</b>	<b>EI 240</b>
<b>200*240</b>	<b>4703B</b>	<b>81</b>	<b>110</b>	<b>158</b>	<b>203</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>113</b>	<b>38,5</b>	<b>EI 240</b>
<b>200*240</b>	<b>4704</b>	<b>81</b>	<b>121</b>	<b>158</b>	<b>211</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>113</b>	<b>38,5</b>	<b>EI 240</b>

### Tableau (B)

circuit standard (2w6-1w6 et 0x6 à grain orinnté)										2w6-1w6 épaisseur 50/100		0x6 à grain orinnté 35/100	
Circuit	A	B	C	D	E	F	G	H	L	Eet l en g	en kg	Eet l en g	en kg
44*38	44,00	29,00	9,00	22,00	8,00	8,00	14,00	3,00	36,00	4,6	218	3,22	300
52,5*44	62,50	35,00	9,00	26,00	8,70	8,70	17,50	3,50	44,00	6,6	151	4,62	216
50*60	60,00	40,00	10,00	30,00	10,00	10,00	20,00	3,50	50,00	8,6	117	6,02	166
62,5*75	75,00	50,00	12,50	37,50	12,50	12,50	25,00	4,00	62,50	14,5	70	10	100
70*84	84,00	56,00	14,00	42,00	14,00	14,00	28,00	4,20	70,00	17,1	59	11,97	83
80*96	96,00	63,70	16,00	47,50	16,00	16,00	31,80	5,50	80,00	21,2	47	14,84	67
90*108	108,00	72,00	18,00	54,00	18,00	18,00	36,00	5,50	90,00	27,9	36	18,53	54
105*126	126,00	84,00	21,00	63,00	21,00	21,00	42,00	6,50	105,00	37,7	27	26,39	38
125*150	150,00	100,00	25,00	75,00	25,00	25,00	50,00	9,00	125,00	57	18	39,9	25
150*180	180,00	120,00	30,00	90,00	30,00	30,00	60,00	9,00	150,00	76	13	57	17
200*240	240,00	200,00	40,00	120,00	40,00	40,00	80,00	12,00	200,00	145	7	95	10

### Tableau (C)

section(mm2)	fil nu	fil isolé	spires par(mm2)
0,0078	0,1	0,115	5500
0,0113	0,12	0,14	4000
0,0132	0,13	0,15	3600
0,0154	0,14	0,16	3100
0,0176	0,15	0,17	2800

## Annexe

0,0101	0,16	0,18	2500
0,0254	0,18	0,2	2070
0,00314	0,2	0,22	1720
0,038	0,22	0,245	1400
0,019	0,25	0,275	1140
0,0706	0,3	0,325	810
0,0962	0,35	0,38	590
0,1256	0,4	0,43	470
0,1963	0,5	0,535	305
0,2827	0,6	0,64	215
0,3848	0,7	0,74	160
0,5026	0,8	0,84	125
0,6361	0,9	0,95	100
0,7853	1	1,05	82
1,1309	1,2	1,26	58
1,3272	1,3	1,36	50
1,5393	1,4	1,46	44
1,7671	1,5	1,56	39
2,0105	1,6	1,66	33
2,5446	1,8	1,87	26
2,83	1,9	1,996	23
3,1415	2	2,07	20

### Tableau (D)

11.26.1 caractéristiques technologiques et magnétiques des toles									
11.26.1. Toles a grains non orientés Laminées a froid (NFC 28 900)	Qualité	e	pertes (w/kg)		Induction minimum En tesals Pour une Intensité de champ DE :	f			
			1,5 T	1,7 T					
	fev 89-27	0,2 7	0,2	0,8 9	1,4	1,75	0,95		
	fev 97-30	0,3	0,3	0,9 7	1,5	1,75	0,95 5		
fev 111-35	0,3 5	0,3	1,1 1	1,6 5	1,75	0,96			

## **Référence et bibliographique**

# Bibliographie

- [1] M.Kostenko et L.piotrovski ‘’ Machine électrique Tom (1) ‘’ Edition 1979
- [2] Document interon ‘’projet d’électrotechnique des nombres du forme électrique
- [3] J.R lucas, « historial développement of the transformer » chaimain IEE sirilanka center, 2000/1
- [4] Toufik Ismail ‘’modélisation des éléments non linéaire’’ mémoire magister, département d’électronique Batna 2005
- [5] <http://dspt.perso.sfr.fr/GAULARD.htm> (© 2000-2007 Pierre Dessapt)
- [6] Kahina ben amar ‘’ modélisation par élément finis d’un micro-transformateur intégré’’ mémoire de fin d’étude 2015
- [7] A.LEFEURE « contrition a la modalisation électrique électromagnétique et thermique des transformateurs » Ecole poly technique Nante,2006
- [8] Cour terminal génie électrique chapitre 03
- [9] T<sup>le</sup> GET le transformateur
- [10] Abderahim Awat « étude des pertes dans les enroulements des composants passifs planaires » Mémoire doctorat U.J.M saint Etienne 2019
- [11] Français Mislant « cour d’électrotechnique » éditions Marketing 1990
- [12] Technologie des composantes électrique, bobinage, norme et essai, R.Besson, Edition Radio 1987
- [13] Pr. SAROUT MED « cour construction des machines électriques » 1<sup>er</sup> master machine électrique université Amar Theliji Laghouat 2011/2
- [14] Etude et simulation du transformateur monophasé Mémoire de fin d’étude 2006

[15] YAHIOU Abdelghani «Contribution à l'étude et à l'analyse du régime transitoire dans les transformateurs de puissance : Cas du courant d'appel » Mémoire magister option Réseaux électriques UNIVERSITE FERHAT ABBAS — SETIF

[16] <http://bricolsec.canalblog.com/archives/2009/03/30/13192521.html>.

[17] <https://cours-informatique-gratuit.fr/dictionnaire/office-excel/>)

## Résumé

Le présent travail consiste à exposer un logiciel pour calculer et déterminer les différents paramètres constrictifs d'un transformateur monophasé de petite puissance

Le mémoire que nous présentons est conçu sur le plan suivant :

Dans le premier chapitre on a parlé de la présentation générale des éléments constitutifs des transformateurs ainsi que leur principe de fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre nous ferons un rappel détaillé sur la théorie et la mise en œuvre de fonctionnement monophasé pour avoir une idée exacte sur les différentes applications et connaissances théoriques

Dans le troisième chapitre, il y a une brève introduction au programme 'Excel' avec un bas de propriétés utilisateur et les étapes de calcul de ses paramètres qu'il faut suivre, finalement nous avons présenté le programme que nous avons mis au point au sein de ce travail

## summary

The present work consists in exposing a software to calculate and determine the various constricting parameters of a single-phase transformer of small power

The thesis that we are presenting is based on the following plan:

In the first chapter we talked about the general presentation of the constituent elements of transformers as well as their operating principle.

In the second chapter we will do a detailed reminder on the theory and the implementation of single-phase operation to get an exact idea on the different applications and theoretical knowledge

In the third chapter, there is a brief introduction to the 'Excel' program with a baseline of user properties and the calculation steps of its parameters that must be followed, finally we presented the program which we developed within of this work

## ملخص

يتمثل العمل الحالي في تعريف برنامج لحساب وتحديد المعلمات المقيدة المختلفة لمحول أحادي الطور للطاقة الصغيرة

:الملخص الذي نقدمه يستند إلى الخطة التالية

.تحدثنا في الفصل الأول عن العرض العام للعناصر المكونة للمحولات وكذلك مبدأ تشغيلها

في الفصل الثاني سنقوم بتذكير مفصل حول نظرية وتنفيذ العملية أحادية الطور للحصول على فكرة دقيقة عن التطبيقات المختلفة والمعرفة النظرية

مع خط أساس لخصائص المستخدم وخطوات حساب معلماته التي يجب "Excel" في الفصل الثالث ، هناك مقدمة موجزة لبرنامج اتباعها ، وأخيراً قدمنا البرنامج الذي قمنا بتطويره ضمن هذا العمل