

Année universitaire: 2022/2023

2eme année génie électrique et électronique

TP : Electrotechnique fondamentale I

السنة الجامعية: 2023/ 2022

السنة الثانية هندسة كهربائية و إلكترونيك

أعمال تطبيقية في الكهروتقني الأساسية 1

## TP n°04 : Le transformateur monophasé

Volume horaire : 1h30.

Déroulement de l'expérience : ..... / ..... / .....

Compte rendu fait par :

Nom	Prénom	Groupe	S/groupe	Note Final
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

### Instructions :

- Il faut respecter les réglementations intérieures du laboratoire.
- La blouse (le tablier) est obligatoire.
- La présence des étudiants est obligatoire et contrôlée. Toute absence non justifiée ou un compte-rendu non remis entraineront la note de 0/20.
- Faites vérifier vos montages avant de brancher la source de tension.
- Il est strictement interdit de déplacer le matériel d'un poste vers un autre, en cas de panne ou en présence d'appareil défectueux, faire appel à l'enseignant.
- Le compte rendu sera effectué en trinôme.
- Le compte rendu sera remis au début de la séance suivante.
- Le compte rendu comportera impérativement les rubriques suivantes :
  - Page de garde du TP.
  - La date de la séance du TP.
  - Le nom et prénom du rédacteur principal,
  - Les noms et prénoms des participants du TP.
  - La préparation et le travail en document manuscrit.

## I- But de la manipulation :

Le but de cette expérience est présenté une méthode générale pour la détermination des paramètres du schéma équivalent d'un transformateur monophasé.

## II- Matériel utilisé :

- Sources de tension monophasée (AC/DC).
- Charges électriques (Rhéostats).
- Appareils de mesure (voltmètres, ampèremètre, multimètres, puissance-mètres).
- Transformateurs monophasés.

## III- Rappel théorique

### 1) Généralités

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

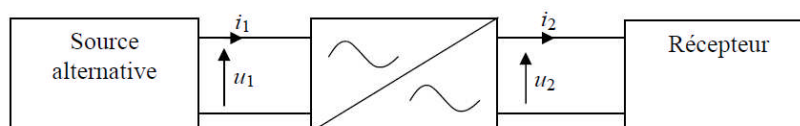


Figure1-Transformateur monophasé réel.

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

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

Si  $U_2 > U_1$  : le transformateur est élévateur si  $U_2 < U_1$  : le transformateur est abaisseur.

### 2) Transformateur monophasé réel

Le transformateur est constitué essentiellement de :

-**Un circuit magnétique** : Qui a pour rôle de canaliser le flux magnétique.

-**Enroulements** .Sur les noyaux du circuit magnétique, on trouve plusieurs enroulements (isolés électriquement entre eux).L'un de ces enroulements est relié à la source alternative : C'est le primaire, on lui adopte la convention réceptrice. L'autre bobine(ou les autres) est le siège d'une **f.e.m** .induite .Elle peut débiter dans un récepteur : c'est le secondaire, on lui adopte la convention générateur.

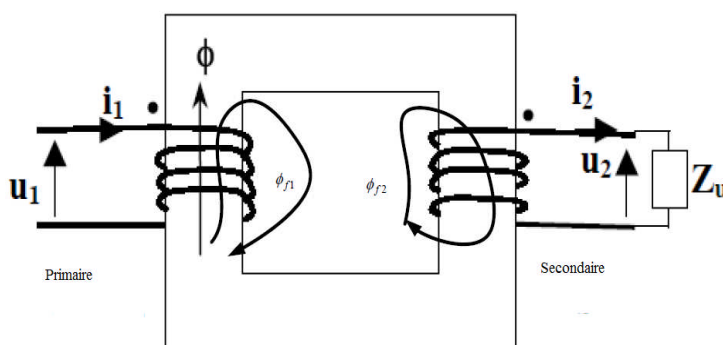


Figure 2–Principe de fonctionnement d'un transformateur monophasé.

### 3) Schéma équivalent

Si on désigne respectivement par :

$r_1(\Omega)$  : résistance de l'enroulement primaire,  $r_2(\Omega)$  : résistance de l'enroulement secondaire.

$l_1(\text{H})$  : Inductance de l'enroulement primaire,  $l_2(\text{H})$  : Inductance de l'enroulement secondaire.

$R_f(\Omega)$  : résistance de circuit magnétique.  $X_m(\Omega)$ : réactance de circuit magnétique.

Le schéma équivalent du transformateur réel est représenté par la figure 3

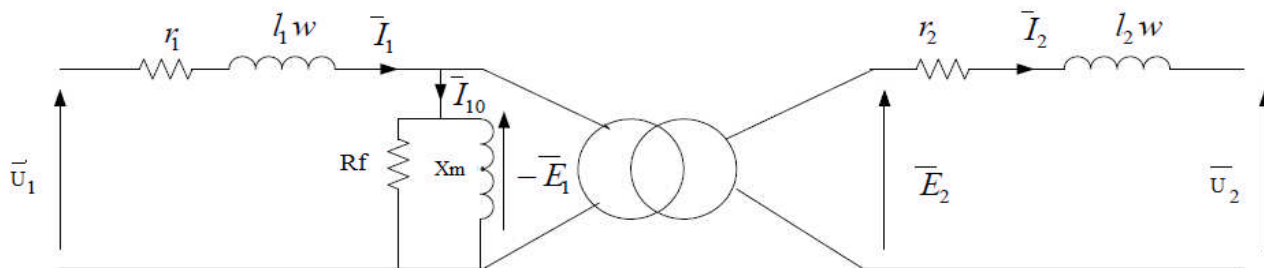


Figure 3 - Schéma équivalent d'un transformateur réel

### 4) Schéma équivalent dans l'hypothèse de Kapp

L'hypothèse de **Kapp** consiste à négliger le courant  $I_{10}$  devant le courant  $I_1$

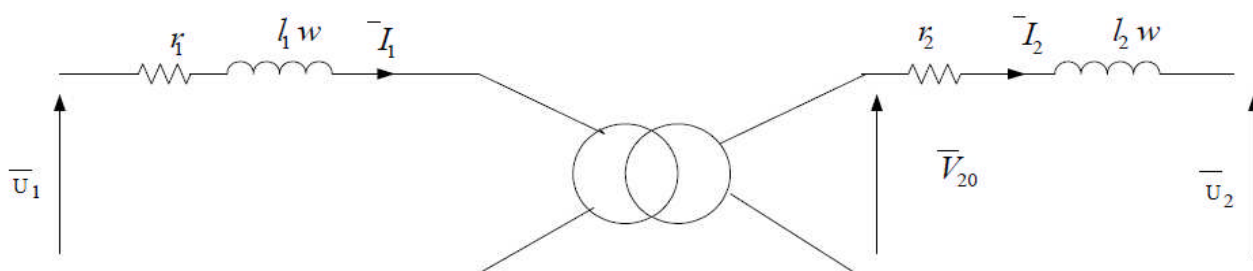


Figure 4 - Schéma équivalent dans l'hypothèse de Kapp

### 5) Schéma équivalent ramené au secondaire

On peut faire passer l'impédance  $Z_1 = r_1 + j\omega l_1$  du primaire au secondaire, il suffit de la multiplier par  $m^2$ .

On obtient le schéma suivant :

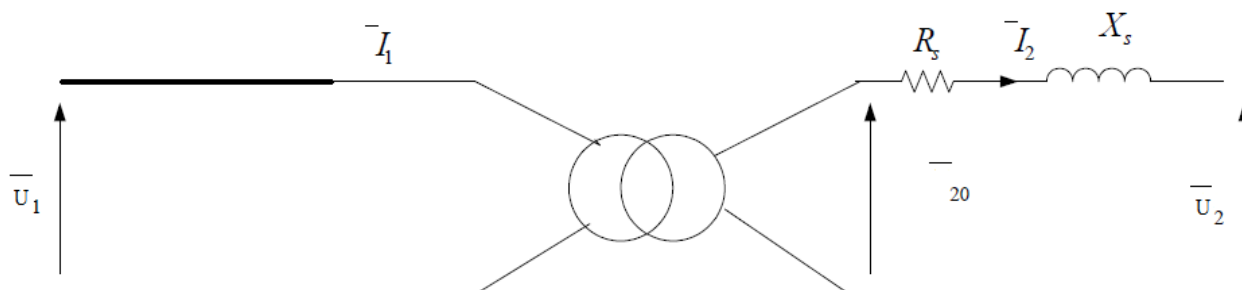


Figure 5 - Schéma équivalent ramené au secondaire

Avec :

$R_s = r_1 + m^2 \cdot r_2$  : la résistance du transformateur ramenée au secondaire.

$X_s = X_1 + m^2 \cdot X_2$ : La réactance de fuites magnétiques ramenée au secondaire.

**6) Détermination des éléments du schéma équivalent :**

On effectue trois essais :

✓ **Essai à vide**

Cet essai consiste à alimenter l'enroulement primaire par sa tension nominale et on mesure la tension à vide au secondaire, le courant et la puissance à vide absorbés par le primaire comme le montre la figure suivante :

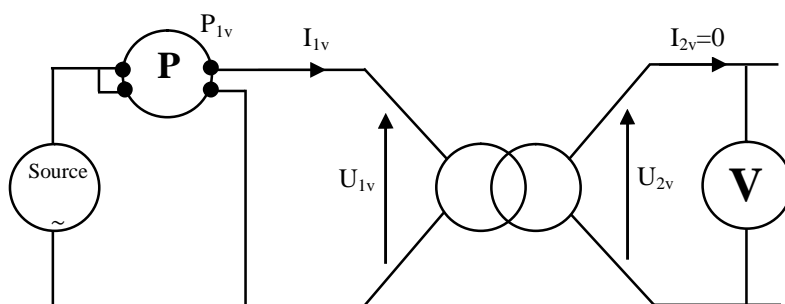


Figure 6 - Essai à vide

Dans ce cas, on peut déterminer pratiquement :

- Le rapport de transformation  $m = \frac{U_{2v}}{U_{1v}}$
- La résistance de circuit magnétique  $R_f = \frac{U_{1v}^2}{P_f} \approx \frac{U_{1v}^2}{P_{1v}}$ .
- La réactance magnétisante  $X_m = \frac{U_{1v}^2}{Q_f} \approx \frac{U_{1v}^2}{Q_{1v}}$ .
- Les pertes Joules sont négligeables devant les pertes fer  $P_F \approx P_{1v}$

✓ **Essai en court-circuit sous tension primaire réduite**

On applique au primaire une tension réduite  $U_{1cc} \ll U_{1n}$  (tension nominale), on augmente progressivement  $U_{1cc}$  depuis 0 jusqu'à avoir  $I_{2cc} = I_{2n}$

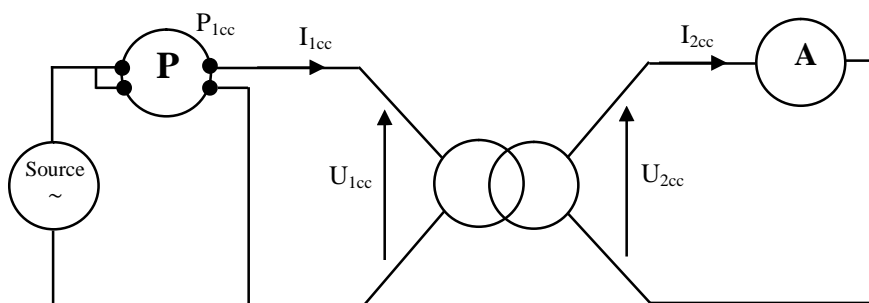


Figure 7- Essai en court-circuit

TP N° 4 : Le transformateur monophasé

Puisque  $U_{1cc} \ll U_{1n} \Rightarrow$  les pertes fer lors de l'essai en court-circuit sont négligeables et par conséquent :

$$P_{1cc} = R_s \cdot I_{2cc}^2 \Rightarrow R_s = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2}$$

Le schéma équivalent ramené au secondaire (en court-circuit) est le suivant :

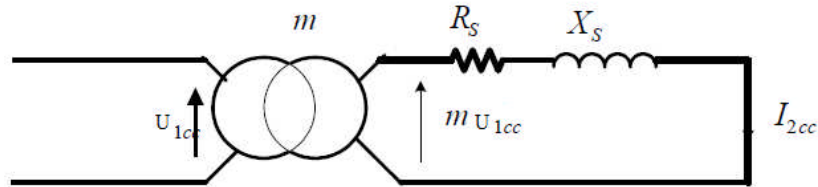


Figure 8- schéma équivalent lors l'essai en court

$$Z_s = m \frac{U_{1cc}}{I_{2cc}} \quad \text{et} \quad X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2}$$

Les pertes fer sont négligeables devant les pertes Joules donc  $P_f \approx P_{1cc}$ .

✓ **Essai en charge**

On applique au primaire une tension nominale.

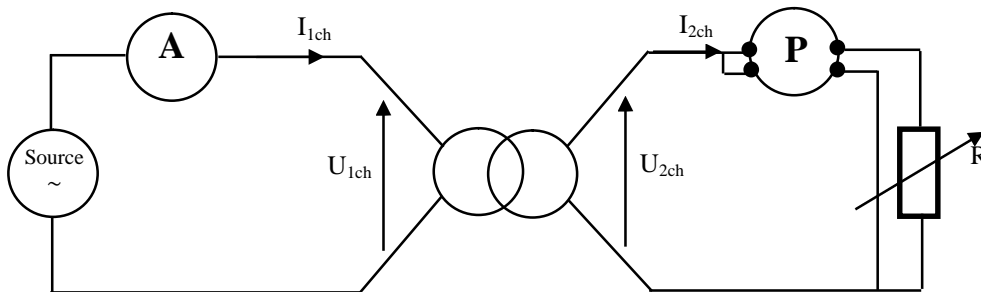


Figure 9 - Essai en charge

Finalement, on peut calculer le rendement du transformateur  $\eta(\%) = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_2}{P_2 + P_f + P_j} \cdot 100$ .

## IV- Etude pratique:

### 1. Caractéristiques du transformateur

Sur le transformateur, relever les caractéristiques suivantes :

Tension nominale au primaire  $U_{1n} = \dots\dots\dots$

Tension nominale au secondaire  $U_{2n} = \dots\dots\dots$

Puissance apparente  $S_n = \dots\dots\dots$

### 2. Courants nominaux

En supposant  $S_1 = S_2 = S_n$ , déterminer les courants nominaux au primaire et au secondaire,  $I_{1n}$  et  $I_{2n}$ .

$I_{1n} = \dots\dots\dots$  ;  $I_{2n} = \dots\dots\dots$

### 3. Choix de la résistance de charge

Le rendement se calcul en effectuant les mesures à tensions et courants nominaux. Il faut choisir la résistance de charge  $R$  de telle sorte que le transformateur fonctionne à puissance nominale.

Quelle doit être la valeur de la résistance de charge  $R$  branchée sur l'enroulement secondaire pour obtenir le courant nominal  $I_{2n}$ ?

$R = \dots\dots\dots$

### 4. Mesure des résistances de bobinage : méthode voltampèremétrique

Pour vérifier les hypothèses simplificatrices de la méthode des pertes séparées, il sera nécessaire de connaître la valeur des résistances des enroulements du transformateur. Pour les mesurer avec précision on utilise la méthode voltampèremétrique.

1. Réaliser le montage ci-dessous.

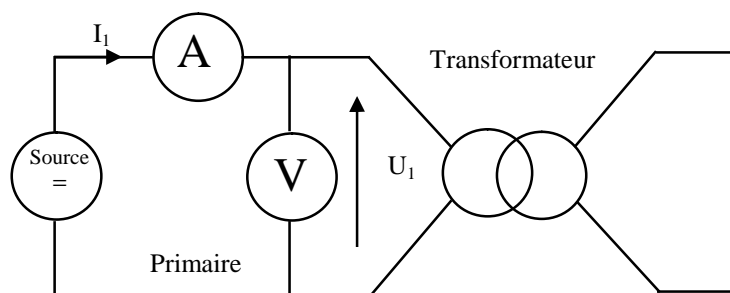


Figure 10

2. Régler l'alimentation pour travailler à courant nominal.

3. Relever  $U_1$  et  $I_1$ . En déduire la résistance de l'enroulement primaire  $r_1$ .

$U_1 = \dots\dots\dots$  ;  $I_1 = \dots\dots\dots$  ;  $r_1 = \dots\dots\dots$

4. Répéter l'opération pour le secondaire du transformateur.

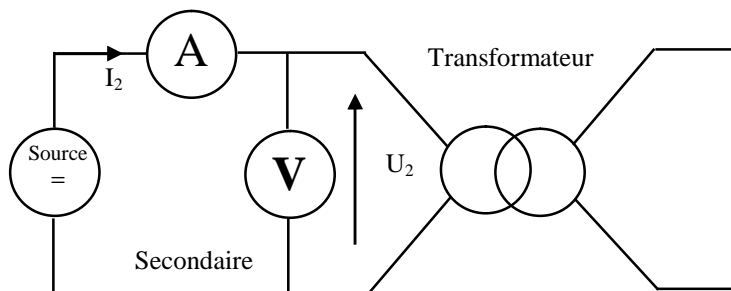


Figure 11

1. Régler l'alimentation pour travailler à courant nominal ou à défaut au courant maximum que peut fournir la source de tension.
2. Relever  $U_2$  et  $I_2$ . En déduire la résistance de l'enroulement primaire  $r_2$ .

$U_2 = \dots\dots\dots$  ;  $I_2 = \dots\dots\dots$  ;  $r_2 = \dots\dots\dots$

**Remarque :**

La résistance d'un fil de cuivre varie avec la température. Pour avoir la valeur la plus précise possible, il faut la mesurer à "chaud" en faisant passer dans le fil le courant nominal et lorsque l'enroulement a pris sa température de fonctionnement.

**5. Essai à vide :**

Cet essai se réalise à tension nominale. Etant donné que le transformateur fonctionne à vide, le courant sera faible.

1. Réaliser le montage ci-dessous.

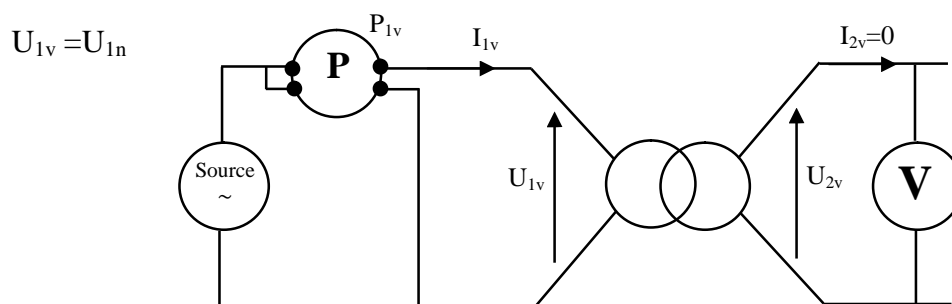


Figure 12

2. Faire varier la tension primaire de 0 à  $\dots U_{1n}$  et tracer la courbe  $U_{2v} = f(I_{1v})$ .

$U_{1v}(A)$	40	80	120	160	220
$I_{1v}(A)$	.	.	.	.	.
$U_{2v}(V)$					

Tableau 1

**TP N° 4 : Le transformateur monophasé**

3. Relever les mesures des grandeurs suivantes :

Grandeurs	$U_{In}(V)$	$U_{2v}(V)$	$I_{1v}(A)$	$P_{1v}(W(att))$	$Q_{1v}(Var)$	$\text{Cos}(\varphi_1)$
Mesures	.	.	.	.	.	.

Tableau 2

4. A partir de ces mesures compléter le tableau suivant :

Formules	le rapport de transformation $m =$	le facteur de puissance $\text{Cos}(\varphi_1) =$	les pertes fer $P_{\text{Fer}} =$
Calculs	.	.	.

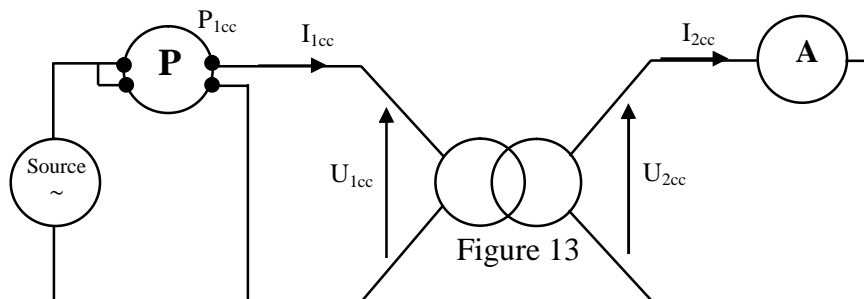
Tableau 3

- Calculer la résistance magnétique **Rm** et la réactance magnétique **Xm**.
- Que peut-on conclure ?

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

Pour l'essai en court-circuit, il faut travailler à courant nominal et donc à tension très réduite (quelques volts).

1. Réaliser le montage ci-dessous.



2. Effectuer les mesures permettant de tracer la courbe :  $P_{1cc} = f(I_{2cc}^2)$ .

$U_{1cc}(V)$	.	.	.	.	.
$I_{2cc}(A)$	.	.	.	.	.
$P_{1cc}(Watt)$					

Tableau 4

- Calculer la résistance ramenée au secondaire **Rs** (graphiquement).
- Relever les mesures des grandeurs suivantes :

Grandeurs	$U_{1cc}(V)$	$I_{1cc}(V)$	$I_{2cc}(A)$	$P_{1cc}(Watt)$
Mesures	.	.	.	.

Tableau 5



**TP N° 4 : Le transformateur monophasé**

5. A partir de ces mesures compléter le tableau suivant :

Formules	Les pertes Joule ou cuivre $P_j=$	La Résistance ramenée au secondaire $R_s=$	L'impédance ramenée au secondaire $Z_s=$	La réactance ramenée au secondaire $X_s=$
Calculs	.	.	.	.

Tableau 6

6. Que peut-on conclure ?

**7. Essai en charge :**

Réaliser le montage ci-dessous :  $U_{1ch}=U_{1n}$

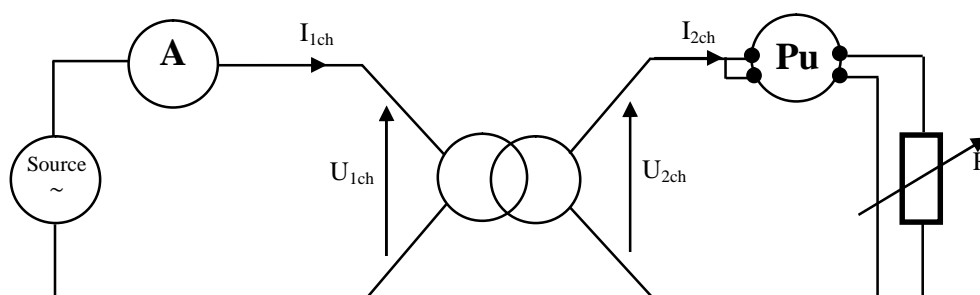


Figure 14

1. Pour  $0 \leq I_{2ch} \leq I_{2n}$ , relever  $I_{1ch}$ ,  $U_{2ch}$ ,  $P_{2ch}$ . Compléter le tableau suivant :

$I_{1ch}$ (A)						
$I_{2ch}$ (A)	1	1.5	2	2.5	3	3.2
$U_{2ch}$ (V)						
$P_{2ch}$ (W)						
$P_{jch}=R_s \cdot I_{2ch}^2$						
$P_{1ch}=P_{2ch}+P_{fer}+P_{jch}$						
$\eta$ (%) = $(P_{2ch} / P_{1ch}) * 100$						

Tableau 7

- Tracer et interpréter la courbe  $\eta=f(I_{2ch})$ .
- Donner la valeur de  $I_{2ch}$  pour que  $\eta$  soit maximal.
- Conclure.