

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Khider- Biskra
Faculté des sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique



TP Electrotechnique

Fondamentale 1

Niveau : 2^{ème} Année Licence
Spécialité : Génie Electrique

Année Universitaire : 2023/2024

TP05 : Transformateur (Partie I)

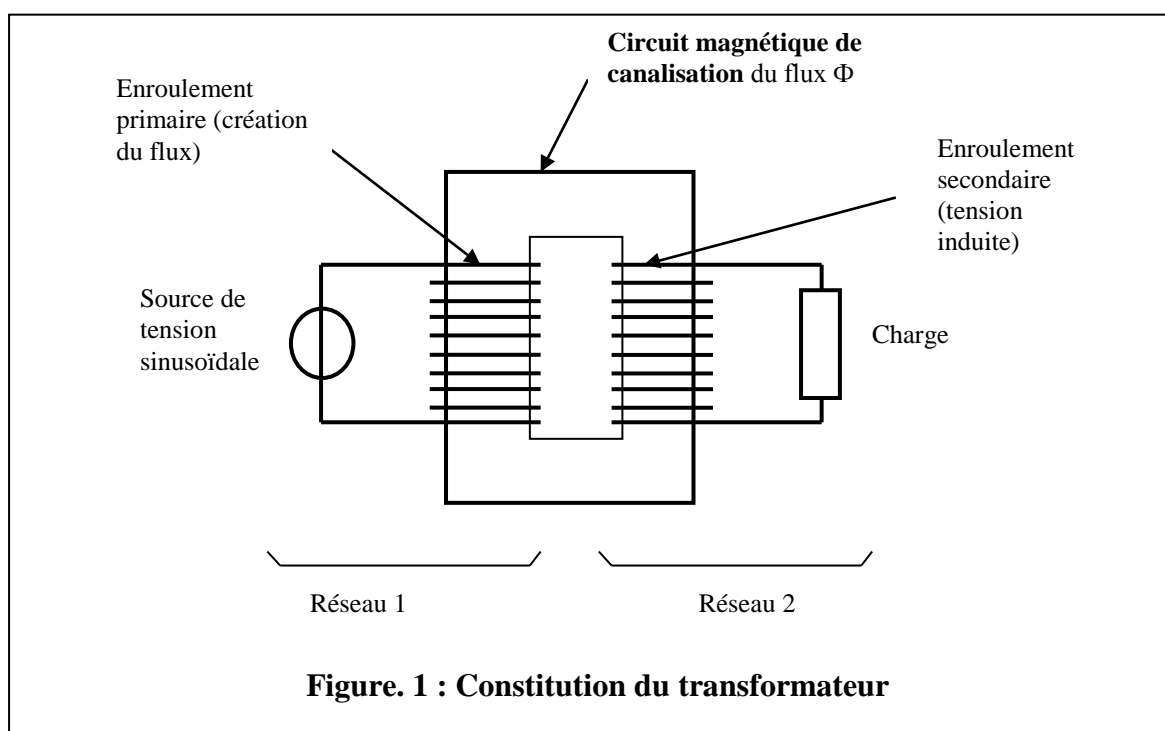
TP 05 : Transformateur (partie I)

I. Rappel théorique	24
I.1. Définitions	24
I.1.1 Transformateur	24
I.1.2 Notations et symbolisation	24
I.1.3 Fonctionnement à vide	25
II. Partie pratique	27
II.1. But de la manipulation	27
II.2. Essai à vide	27
II.3. Essai en court circuit	29

I- Rappel théorique
I- 1 Définitions
I- 1- 1 Transformateur

Le transformateur est une machine électrique statique permettant de transférer l'énergie électrique en adaptant les niveaux de tension (de nature sinusoïdale) et de courant entre deux réseaux de même fréquence. Il est constitué de deux parties électriques isolées, l'enroulement primaire et le secondaire, lié magnétiquement par un circuit magnétique (Fig. 1).

Pour des impératifs de fabrication et d'efficacité la réalisation pratique donne à ce dernier une autre forme : circuit magnétique cuirassé et bobinages concentriques. Le premier enroulement fait d'un conducteur de diamètre plus grand que celui du conducteur utilisé pour le second enroulement.



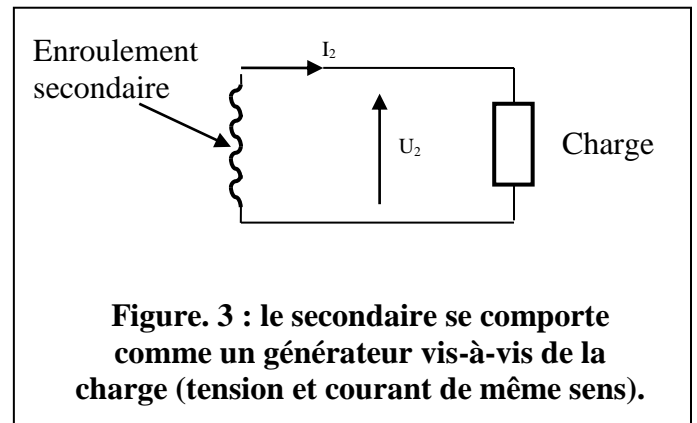
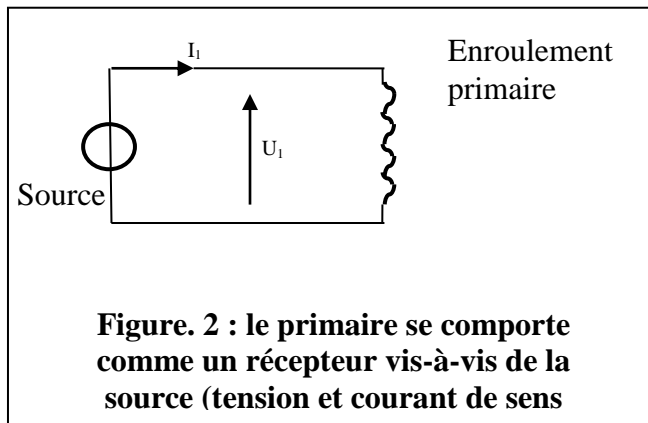
Les transformateurs ont une large utilisation dans l'industrie, tel que :
Pour les lignes de transport de l'énergie ; pour la soudure à l'arc électrique ou par point ; pour la brasure ; pour les tubes à néon ; pour les lampes baladeuses ; pour l'électronique faible et de puissance...etc.

I- 1- 2 Notations et symbolisation

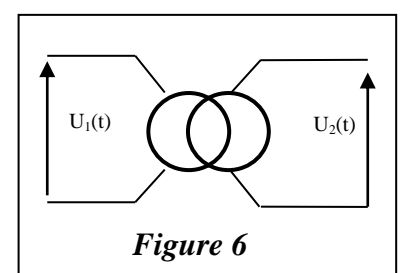
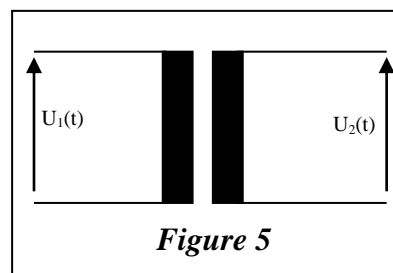
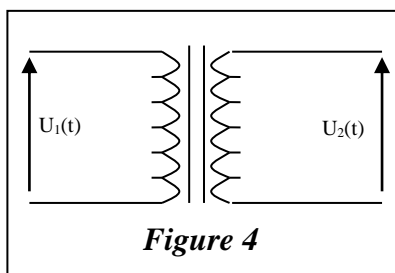
On adopte différentes notations suivants les parties du transformateur que l'on décrit :

- Primaire : indice 1 ; secondaire : indice 2 ;
 - Grandeurs à vide : indice 0 ; grandeurs nominales : indice n ;
 - Grandeurs en court-circuit : indice cc.
- C'est le courant primaire qui impose le sens positif du flux dans le circuit

magnétique. Le marquage des tensions et des courants traduit le sens de transfert de l'énergie.



Les figures suivantes représentent les symboles des transformateurs les plus souvent rencontrés :



I- 1-3 Fonctionnement à vide

Le transformateur comporte deux enroulements de résistance r_1 et r_2 comportant N_1 ou N_2 spires (Fig. 7). Le primaire reçoit la tension $u_1(t)$ et absorbe le courant $i_{10}(t)$. Le secondaire délivre la tension $u_{20}(t)$ et un courant $i_{20}(t)$ nul puisqu'il est à vide. Le flux $\Phi_1(t)$ créé par l'enroulement primaire se décompose en un flux de fuite au primaire $\Phi_{f1}(t)$ auquel s'ajoute le flux commun $\Phi_{CO}(t)$ dans le circuit magnétique.

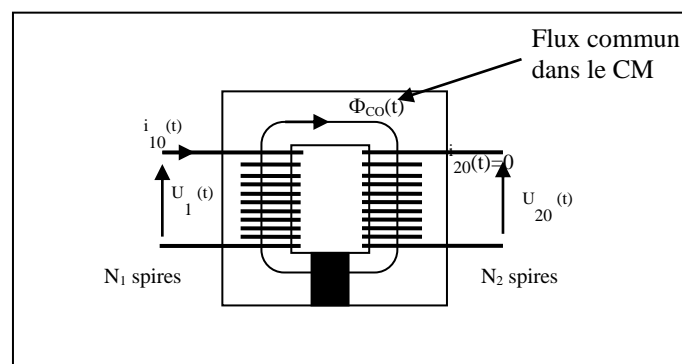


Figure. 7 : Notations autour du transformateur à vide

Equations des tensions :

Le comportement du primaire est le suivant :

$$u_1 = r_1 \cdot i_{10} + N_1 \cdot \frac{d\phi_1}{dt} = r_1 \cdot i_{10} + I_{f1} \cdot \frac{di_{10}}{dt} + N_1 \cdot \frac{d\phi_{co}}{dt}$$

Le schéma équivalent (Fig. 8) est identique à la différence de l'insertion d'un transformateur parfait (Fig. 9) en parallèle avec les éléments de magnétisation et des pertes fer

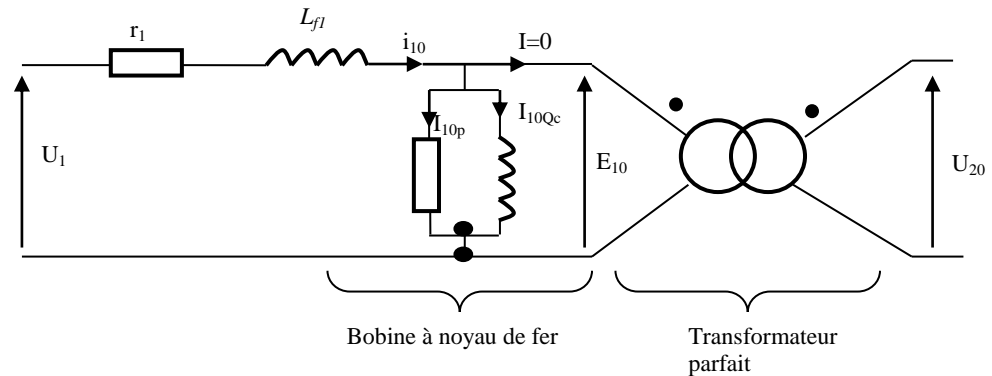


Figure 8 : schéma équivalent (c'est celui d'une bobine à noyau de fer).

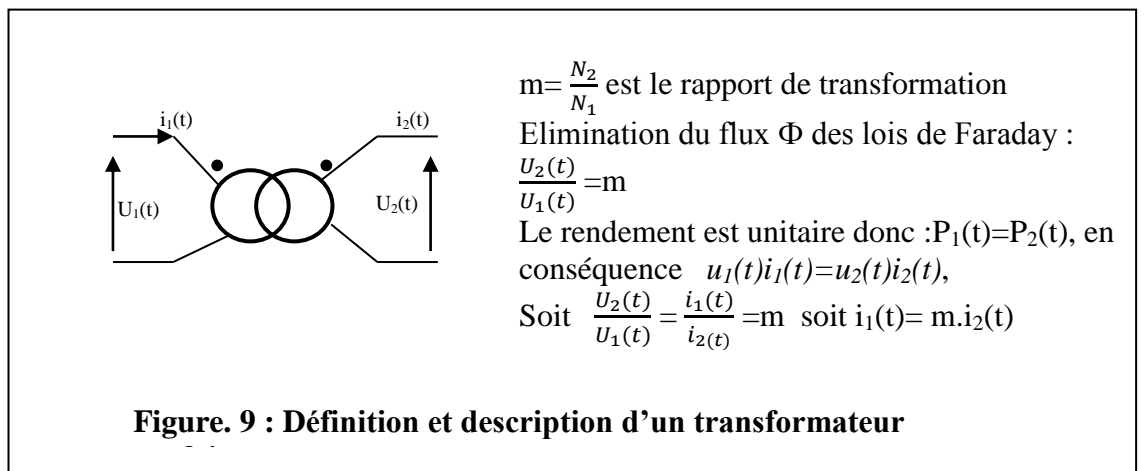


Figure. 9 : Définition et description d'un transformateur

Puisque c'est un élément de transfert d'énergie, l'étude du transformateur nécessite d'effectuer un bilan des puissances mises en jeu dans le but de déterminer le rendement.

A vide, le transformateur absorbe une puissance active P_{10} et une puissance réactive Q_{10} . Pour effectuer le bilan des puissances, on utilise le théorème de Boucherot.

$$P_{10} = r_1 \cdot I_{10}^2 + \frac{E_{10}^2}{R_\mu}$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} r_1 \cdot I_{10}^2 : \text{Pertes Joules dans la résistance de l'enroulement primaire.} \\ \frac{E_{10}^2}{R_\mu} = R_\mu \cdot I_{10\mu}^2 : \text{Pertes fer dans le circuit magnétique.} \end{array} \right.$$

On peut aussi écrire : $P_{10} = U_{10} \cdot I_{10} \cdot \cos \varphi_{10}$; où $\cos \varphi_{10}$ est le facteur de puissance à vide.

$$Q_{10} = L_{f1} \cdot \omega \cdot I_{10}^2 + \frac{E_{10}^2}{L_\mu \cdot \omega}$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{f1} \cdot \omega \cdot I_{10}^2 : \text{Puissance réactive de fuite dans l'enroulement primaire.} \\ \frac{E_{10}^2}{L_\mu \cdot \omega} = L_\mu \cdot \omega \cdot I_{10Q}^2 : \text{Puissance magnétisante du circuit magnétique.} \end{array} \right.$$

On peut aussi écrire : $Q_{10} = U_{10} \cdot I_{10} \cdot \sin \varphi_{10}$.

II- Partie pratique

II- 1 But de la manipulation

Etude de la constitution et du fonctionnement d'un transformateur monophasé. Plus proche des considérations pratiques, ce TP traite des procédés expérimentaux de détermination des éléments du schéma équivalent par les essais à vide, en charge et en court-circuit et la détermination pratique des éléments d'exploitation du transformateur (caractéristiques externes).

II- 2 Essai à vide :

a. Réaliser le schéma du montage suivant :

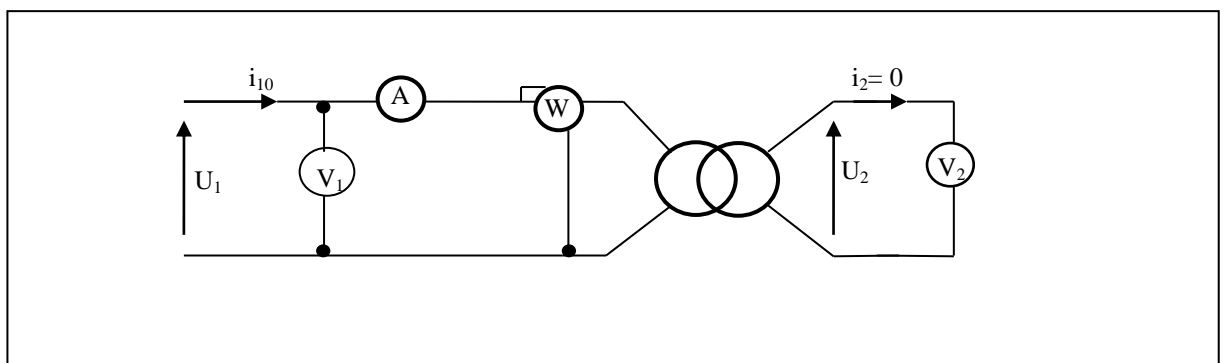


Figure. 10

Lors d'un essai à vide, les courants et par conséquent les pertes Joule, sont faibles. On mesure les tensions primaire et secondaire à l'aide de voltmètres supposés parfaits (impédance infinie), le courant primaire (ampèremètre impédance nulle) et la puissance absorbé au primaire.

Détermination des pertes fer matérialisées par la R_μ pour un transformateur réel :

$$P_{10} = P_{j10} + P_{fer}$$

- On a $I_{10} \ll I_{In}$ donc $P_{j10} \ll P_n$;
- La fréquence f et la fem $E_1 = U_1$ sont constantes donc l'induction B est constante.

(Formule de Boucherot : $U_1 = 4.44.f.B.N_1.S$; S : section du circuit magnétique).

Par conséquent les pertes fer restent constantes et $P_{j10} \ll P_{fer}$.

- Donc : $P_{10} \approx P_{fer}$;

$$P_{10} = \frac{U_1^2}{R_\mu} = P_{fer}$$

Quel que soit le modèle utilisé, les pertes mesurées à vide représentent les pertes fer du transformateur ($P_{10} \approx P_{fer}$). Ces dernières ne dépendent que de la fréquence et de la tension primaire, constantes en utilisation industrielle.

3-2) Relever des résultats : Au cours de cet essai, le secondaire sera ouvert. A l'aide de l'alimentation variable varier progressivement U_{10} de U_{1min} jusqu'à U_{1max} .et relever pour chaque valeur de U_{10} les valeurs des paramètres I_{10}, U_{20} et P_{10} .

On se place au régime nominal pour relever les grandeurs suivantes :

Tension primaire $U_{10} = U_{In}$ avec V_1 ;

Tension secondaire $U_{20} = U_2$ avec V_2 ;

Courant primaire à vide I_{10} qui n'est autre que le courant magnétisant I_μ avec A ;

La puissance primaire P_{10} avec W .

Remplir le tableau des valeurs suivant.

En déduire le rapport de transformation m_0 . avec $m_0 = U_{20}/U_{10}$

$U_{10}(V)$	$I_{10}(A)$	$U_{20}(V)$	$P_{10}(W)$	$P_{fer}(W)$	m_0
30					

Tracer le même graphe : $U_{10} = f(I_{10})$ et $P_{fer} = f(U_1)$.

II- 3 Essai en court circuit

- a. Réaliser le schéma du montage suivant

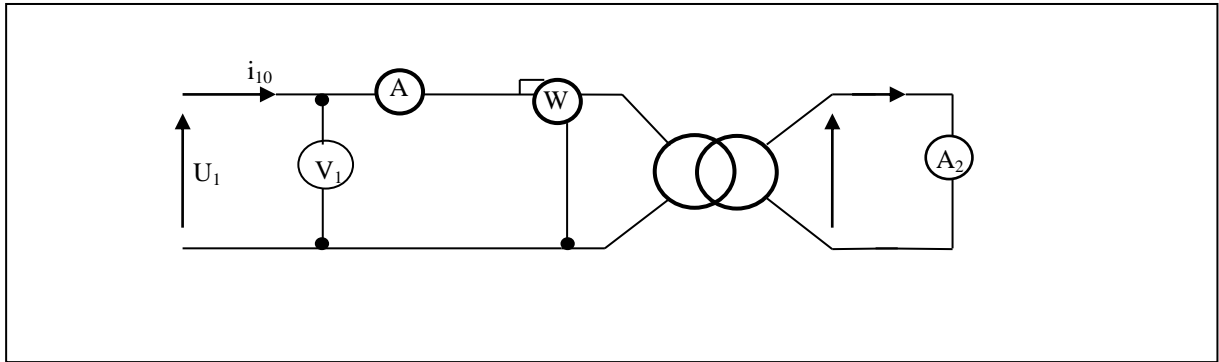


Figure. 11

Dans un essai avec secondaire en court circuit, il faut limiter la tension primaire pour se placer au régime nominal de courant au secondaire. Dans ces conditions, les tensions sont faibles. Le secondaire est fermé sur un ampèremètre.

Pour amener le courant secondaire à la valeur nominale, la tension primaire est réglée avec un Autotransformateur. On mesure la tension primaire à l'aide d'un voltmètre supposé parfait (impédance infinie), les courants primaire et secondaire (ampèremètres d'impédance nulle) et la puissance absorbée au primaire (Fig. 11).

Pour un transformateur réel on a :

$$P_{1cc} = r_1 \cdot I_{1cc}^2 + r_2 \cdot I_{2cc}^2 + P_{fercc}$$

Or les pertes fer dépendent de la tension primaire qui est ici très faible : les pertes P_{fercc} sont négligeables devant les autres.

En conclusion :

$$P_{1cc} \approx r_1 \cdot I_{1cc}^2 + r_2 \cdot I_{2cc}^2 = r_1 \cdot I_{1n}^2 + r_2 \cdot I_{2n}^2 = P_{jn}$$

Puisque on se place au régime nominal de courant, les pertes mesurées en court circuit sont les pertes Joule nominales, appelées aussi pertes cuivre car elles concernent uniquement la dissipation de puissance dans les conducteurs électriques.

- b. Relever des résultats : faire varier lentement la tension primaire U_{1cc} tout en tenant compte de I_{2cc} (courant de court circuit).
- c. On relève les grandeurs suivantes :
 - Tension primaire U_{1cc} avec V .
 - Courant primaire I_{1cc} avec A_1 , essentiellement pour contrôler le courant dans le wattmètre et éviter de dépasser le calibre courant de cet appareil ;
 - Courant secondaire I_{2cc} avec A_2 .
 - La puissance primaire P_{1cc} avec W .
- d. Relever les valeurs de U_{1cc} , I_{1cc} .
- e. Remplir le tableau suivant :

TP 05 : Transformateur (partie I)

$I_{2cc}(A)$	$I_{1cc}(A)$	$U_{1cc}(V)$	$P_{1cc}(W)$	I_{1cc}/I_{2cc}	m
0.5					
1.0					
1.5					
2.0					
2.4					

- f. Tracer le graphe $U_{1cc} = f(I_{2cc})$. Pour $\cos \varphi_2 = 1$
- g. Calculer le rapport (I_{1cc}/I_{2cc}) et le comparer à m_0 .