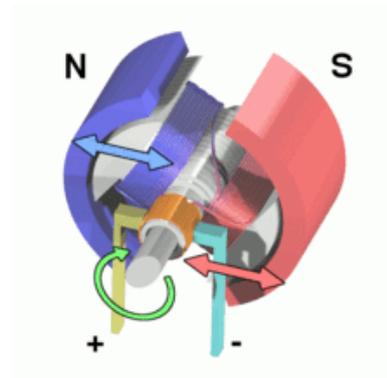


Machines électriques



CHALABI Nadia Faliha université de blida 1
département de physique email : cnf_nadia@hotmail.fr

Table des matières



I - objectifs du chapitre I	3
II - CHAPITRE I : étude et modèle simple et détaille des transformateurs	4
1. introduction	4
2. Exercice : avez vous assimiler le cours sur les transformateurs	6
3. transformateur parfait	6
4. Exercice	7
5. Transformateur monophasé réel	8
5.1. Définition	8
5.2. Détermination des pertes et des paramètres du transformateur	9
5.3. Modèle du transformateur avec l'Hypothèse de Kapp	10
5.4. Exercice : représentation réel d'un transformateur	12
Solutions des exercices	13
Glossaire	14
Références	15
Webographie	16

objectifs du chapitre I



A l'issu de ce chapitre l'apprenant sera capable de :

- donner le principe du transformateur.
- Différencier entre les transformateurs éleveurs abaisseurs et d'isolement ainsi que leur application.
- extraire les différentes pertes le rendement dans un transformateur.

CHAPITRE I : étude et modèle simple et détaille des transformateurs

II

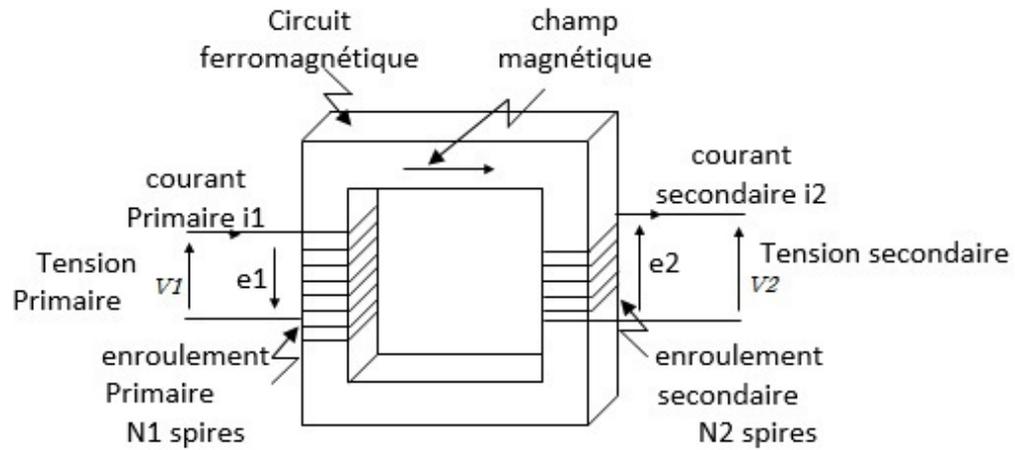
1. introduction

Définition

Le transformateur est un appareil **statique** qui transforme les **grandeurs électriques** (courants, tensions) alternatives sinusoïdale en une autre de **même fréquence** mais de **valeurs efficaces différentes** en l'élevant ou en l'abaissant afin de relier un récepteur(charge) a un réseau électriques.



 *Fondamental : constitution*

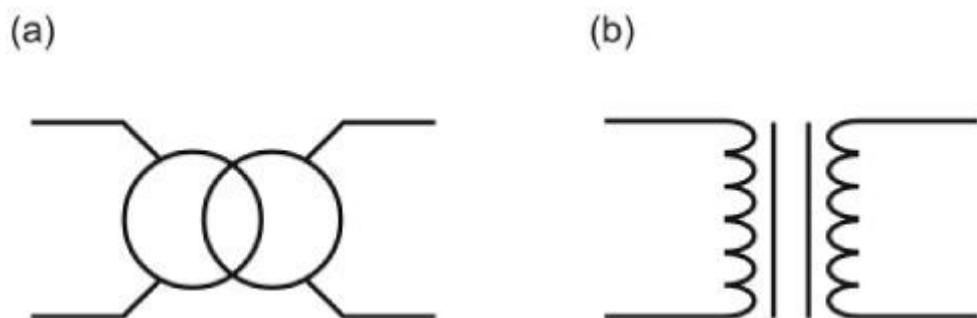


Il se compose* de deux types de circuit, un circuit magnétique et deux circuits électriques indépendants appelés circuit primaire et circuit secondaire.

- le circuit magnétique fermé a pour rôle est de canaliser le flux magnétique portant des enroulements sans liaison électrique
- L'enroulement nommé primaire est alimenté par une source de tension alternative sinusoïdale crée un flux magnétique alternative à travers le circuit ferromagnétique
- aux bornes de l'enroulement dits secondaires apparaît une F.E.M (loi de Lenz)

 *Complément : symbole électriques*

Il y a deux symboles pour représenter un transformateur monophasé :



2. Exercice : avez vous assimiler le cours sur les transformateurs [solution n°1 p.13]

le transformateur est une machine mobile

- oui
- non

3. transformateur parfait

Définition

Le transformateur est supposé parfait* si les **pertes Joules** (les résistances des enroulements primaire et secondaire) et les **pertes magnétiques sont négligées**, et d'autre part si son circuit magnétique n'est pas saturé et

sans fuites magnétiques (le même flux traverse les deux enroulements) et donc son **rendement est de 100%**.

$$V_1(t) = -e_1(t) = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\text{et } V_2(t) = e_2(t) = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$\Phi(t)$ est le flux magnétique canalisé par le circuit magnétique.

en écriture complexe

$$\begin{aligned} \underline{V}_1 &= j * N_1 * w * \underline{\Phi} \\ \text{et } \underline{V}_2 &= -j * N_2 * w * \underline{\Phi} \rightarrow \frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1} = \frac{-N_2}{N_1} = -m \end{aligned}$$

En valeur efficaces :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = m$$

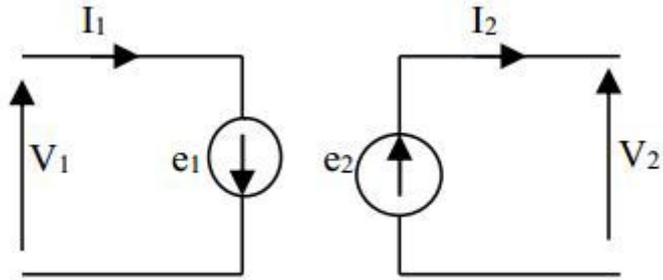
Remarque

m est appelé rapport de transformation selon la valeur qui prend, on peut distinguer :

- $m = 1$ donc $V_2 = V_1$: le transformateur est un isolateur
- $m < 1$ donc $V_2 < V_1$: le transformateur est dit abaisseur
- $m > 1$ donc $V_2 > V_1$: le transformateur est dit élévateur

Complément : Équations aux intensités

D'après la loi d'Ampère* appliquée au schéma magnétique équivalent, on aura :



$$N_1 * \underline{I_1} + N_2 * \underline{I_2} = \mathfrak{R}_m * \underline{\Phi}$$

vue que le transformateur est supposé parfait donc la réluctance du circuit magnétique est nulle.

$$N_1 * \underline{I_1} + N_2 * \underline{I_2} = 0$$

en valeurs efficaces on aura :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = m$$

La particularité du transformateur parfait est que les pertes joules et les pertes fers sont négligeables donc Les puissances active et réactive absorbées par le primaire seront totalement transmises à la charge connectée au secondaire. Le rapport de transformation m est égal a 1 et le rendement est 100%.

$$\begin{aligned} \underline{S_1} &= P_1 + jQ_1 \\ \underline{S_2} &= P_2 + jQ_2 \end{aligned} \quad \Rightarrow P_1 = P_2 \quad \text{et} \quad Q_1 = Q_2$$

en resumé pour un transformateur parfait on a :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = m$$

4. Exercice

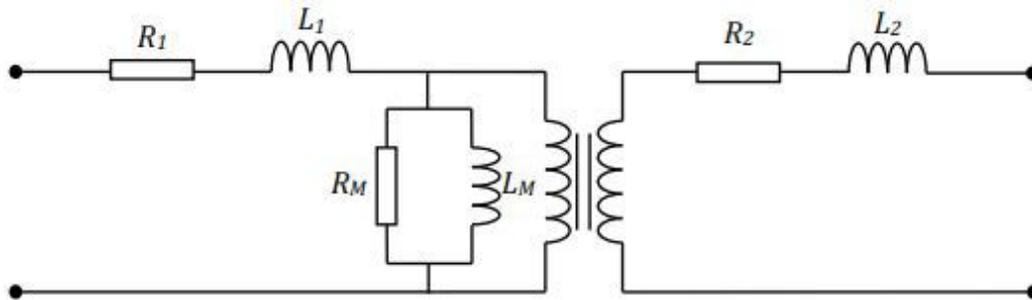
[solution n°2 p.13]

Le transformateur est supposé parfait si les des enroulements primaire et secondaire) et les s sont et d'autre part si son circuit magnétique n'est pas saturé et (le même flux traverse les deux enroulements) et donc son rendement est de 100%.

5. Transformateur monophasé réel

5.1. Définition

Pour le transformateur réel, on doit tenir compte des grandeurs qui ont été négligées au cours d'étude d'un transformateur parfait. par conséquent la puissance délivrée par le secondaire est inférieure à la puissance absorbée par le primaire donc le rendement est inférieur à 100%.



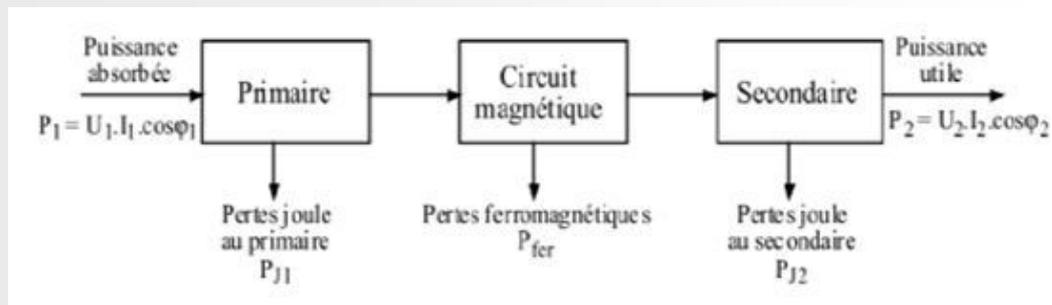
- $R_1(\Omega)$: résistance de l'enroulement primaire
- $R_2(\Omega)$: résistance de l'enroulement secondaire
- $L_1(H)$: Inductance de l'enroulement primaire
- $L_2(H)$: Inductance de l'enroulement secondaire
- $L_M(H)$: Inductance du circuit magnétique
- $R_M(\Omega)$: résistance du circuit magnétique

Fondamental : bilan des puissances

La valeur du rendement est déterminée soit :

- par la méthode directe par un essai en charge,
- par la méthode des pertes séparées (essai à vide et en court-circuit).

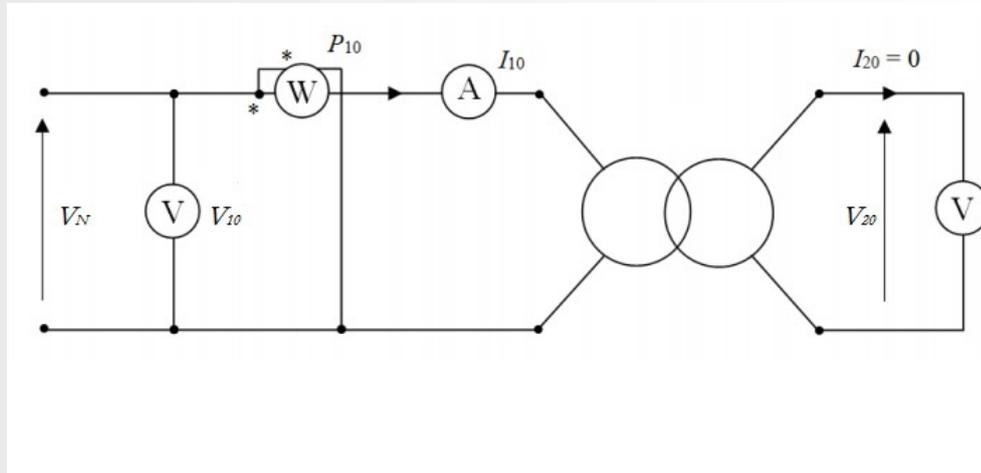
La figure ci-dessous montre les différentes puissances mises en jeu dans un transformateur monophasé réel.



5.2. Détermination des pertes et des paramètres du transformateur

Fondamental : essai a vide

le transformateur n'est connecté à aucune charge au secondaire, il se comporte tel une bobine à noyau de fer. cet essai nous permet de mesurer la puissance consommée a vide dans le primaire , qui se résume aux pertes fer (les pertes joules sont négligeables). Le secondaire est ouvert (pas de charge : $I_2 = 0$).



$$P_{10} = P_{fer} + P_j + P_{20} \quad \text{à vide: } P_{20} = 0 \quad P_j \text{ négligeable car } I_{10} \text{ négligeable}$$

$$P_1 = P_{fer} \quad \text{et} \quad m = \frac{V_{20}}{V_{10}}$$

Détermination de R_M et X_M ($L_M \cdot w$)

$$R_M = \frac{V_{10}^2}{P_{10}}$$

et

$$X_M = \frac{V_{10}^2}{Q_{10}}$$

Exemple

voici l'exemple expérimental de l'essai a vide d'un transformateur abaisseur

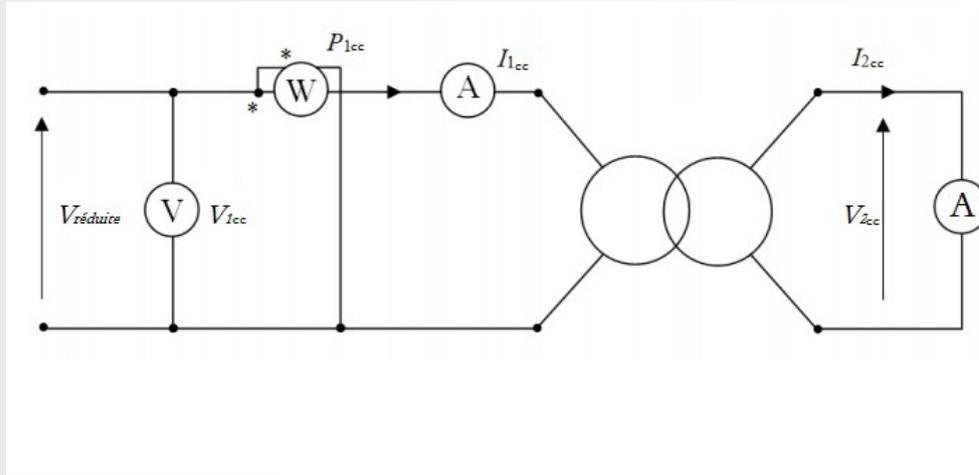
$V_{10}=V_N$	V_{20}	I_{10}	P_{10}	$P_{10}=P_{fer}$	m
115	60	0,018	2	2	0,52

Fondamental : essai en court circuit

L'essai en court-circuit se fait à V_{1CC} réduite, permet de mesurer:

- Les pertes joules P_j

- Le rapport de transformation m



$$P_{1cc} = P_{fer} + P_J + P_{2cc} \quad \text{encourt circuit: } P_{2cc} = 0 \quad \text{car } V_{2cc} = 0$$

l'essai en court circuit fait sous **tension réduite** $V_{1cc} \ll V_{1N}$

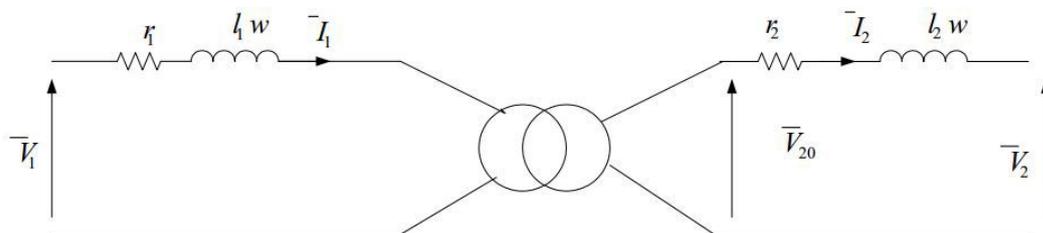
Les pertes fer sont proportionnelles à V_{1cc}^2 donc P_{fer} sont négligeables donc :

$$P_{1cc} = P_j \quad \text{et} \quad m = \frac{I_{1cc}}{I_{2cc}}$$

5.3. Modèle du transformateur avec l'Hypothèse de Kapp

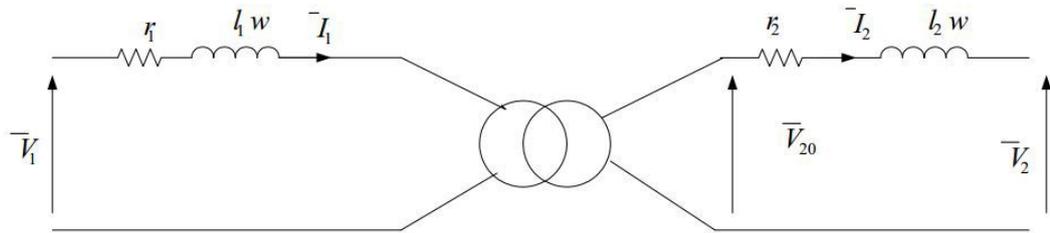
Définition

L'hypothèse de Kapp se résume à **négliger le courant I_{10}** devant les courants I_1 et I_2 au fonctionnement nominal. Cela revient à **négliger les pertes fer**, le schéma équivalent devient :



Méthode : Schéma équivalent ramené au secondaire

Vu du secondaire*, le modèle électrique d'un transformateur devient :



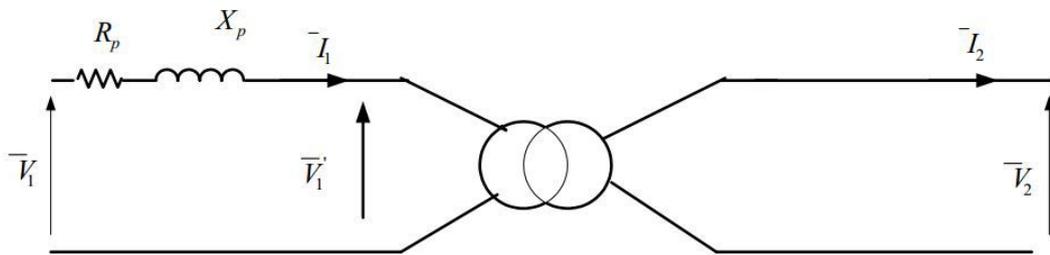
$$R_s = r_2 + m^2 * r_1$$

$$X_s = X_2 + m^2 * X_1$$

la loi des mailles donne : $\underline{V}_2 = \underline{V}_{20} - (R_s + jX_s) * \underline{I}_2$

X Méthode : Schéma équivalent ramené au primaire :

Vu du primaire*, le modèle électrique d'un transformateur devient :



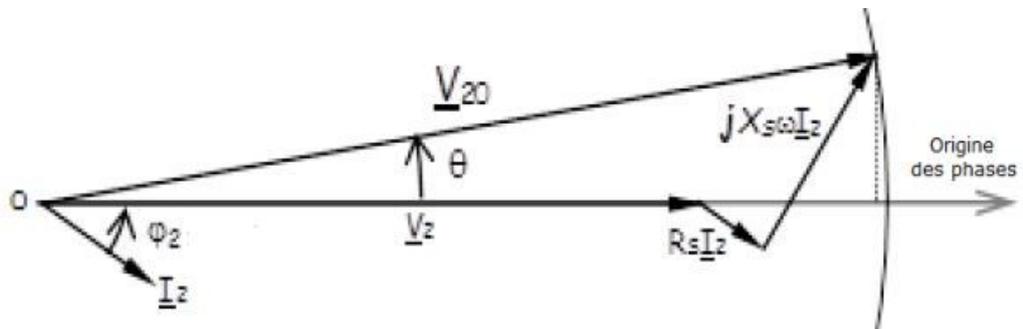
$$R_p = r_1 + \frac{r_2}{m^2}$$

$$X_p = X_1 + \frac{X_2}{m^2}$$

la loi des mailles donne : $\underline{V}_1 = \underline{V}_{10} + (R_p + jX_p) * \underline{I}_1$

📦 Complément : diagramme de kapp

c'est la représentation de Fresnel* du schéma équivalent vu du secondaire



5.4. Exercice : représentation réel d'un transformateur

[solution n°3 p.13]

L'essai en court circuit doit s'effectuer sous tension réduite sous peine de détruire le transformateur :

- oui
- non

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 6

le transformateur est une machine mobile

- oui
- non

> Solution n°2

Exercice p. 7

Le transformateur est supposé parfait si les pertes joules des enroulements primaire et secondaire) et les pertes magnétiques sont négligeables et d'autre part si son circuit magnétique n'est pas saturé et sans fuites magnétiques (le même flux traverse les deux enroulements) et donc son rendement est de 100%.

> Solution n°3

Exercice p. 12

L'essai en court circuit doit s'effectuer sous tension réduite sous peine de détruire le transformateur :

- oui
- non

Glossaire



diagramme de Fresnel

Il consiste à représenter les vecteurs associés aux grandeurs complexes qui interviennent dans le calcul du circuit

Références

*CHAPITRE2 : les
transformateurs*

électrotechnique fondamentale/CHAOUCH.S univ batna2

*Électrotechnique
Fondamentale 2*

Ce fascicule de travaux pratiques 2eme année Licence du système LMD, Sciences et Technologie auteur :
MCHERNENE.A et LOUCIF.M

transformateur monophasé cours électrotechnique/AMARI.M

