

MODULE : ÉLECTROTECHNIQUE 1
SPECIALITÉ : GÉNIE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE / S2

Durée : 6h

TP 1
MESURE DE PUISSANCES EN RÉGIME TRIPHASÉ

I. OBJECTIF

Réaliser les différents montages qui permettent de mesurer la puissance active et réactive consommée par un récepteur triphasé équilibré et déséquilibré (inductif) en couplage étoile et triangle ainsi que le relèvement du facteur de puissance d'une installation triphasée.

II. MATERIEL

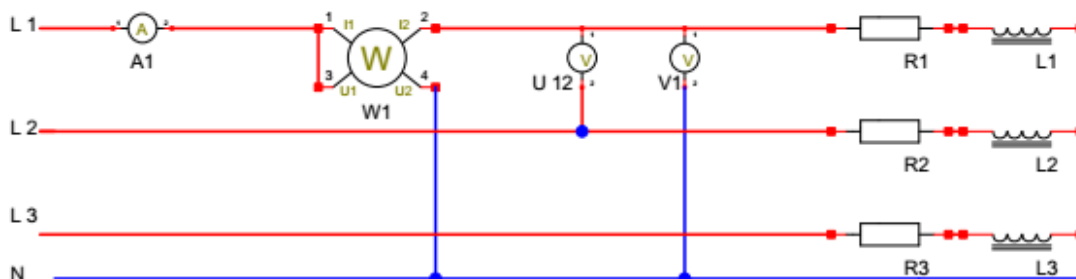
Vous disposez du matériel suivant :

Désignation	Caractéristiques
Alimentation triphasée	Variable 0-400 V
2 Wattmètres monophasés	Ferro-dynamique
2 Voltmètres	Magnéto-électrique à redresseur 100 mV à 1000 V*
3 Ampèremètres	Magnéto-électrique à redresseur 7 cal. AC : 10 mA à 10 A Fusible : 1 A HPC et 10 A HPC
3 résistances variables R1 R2 R3	Max R=650 Ω 1 A
3 inductances variables à noyau L1 L2 L3	Max 1,1 H r=10 Ω
Ensemble de fils électriques	Avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de diamètre de différentes longueurs.

III. MANIPULATIONS

1. RÉCEPTEUR ÉQUILIBRÉ EN ÉTOILE

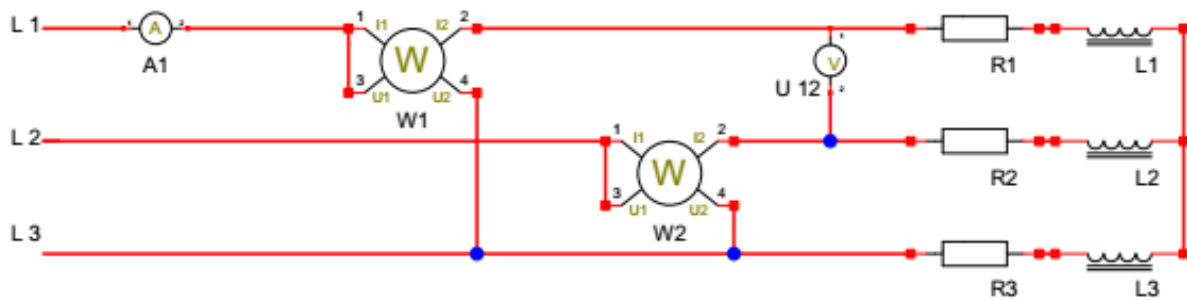
1.1. Montage 1 : Charge inductive 4 fils (1 Wattmètre $\rightarrow P$)



Réaliser le montage 1 et compléter le tableau de mesure suivant :

V_1	U_{12}	I_1	W	P	Z_1	Q	S	$\cos \varphi$	φ
	400 V								

1.2. Montage 2 : Charge inductive 3 fils (méthode de 2 Wattmètre → P et Q)



$$P = W1 + W2$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot (W1 - W2) \text{ --- Valable uniquement pour système triphasé équilibré}$$

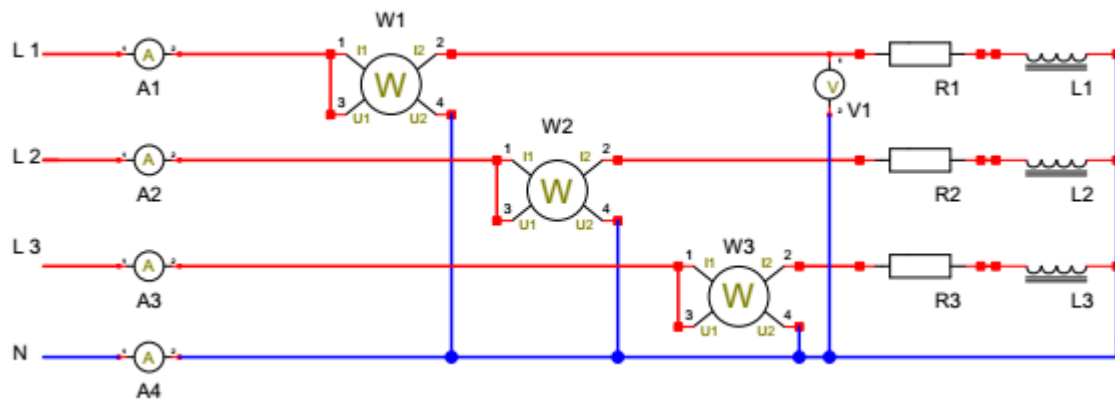
D'où W1 et W2 : la lecture du wattmètre 1 et 2 respectivement.

Réaliser le montage 2 et compléter le tableau de mesure suivant :

U_{12}	I_1	$W1$	$W2$	P	Q	S	$\cos \varphi$	φ
400 V								

2. RÉCEPTEUR DÉSÉQUILIBRÉ EN ÉTOILE

2.1. Montage 3 : Charge inductive (méthode de 3 Wattmètres)



$$P = W1 + W2 + W3$$

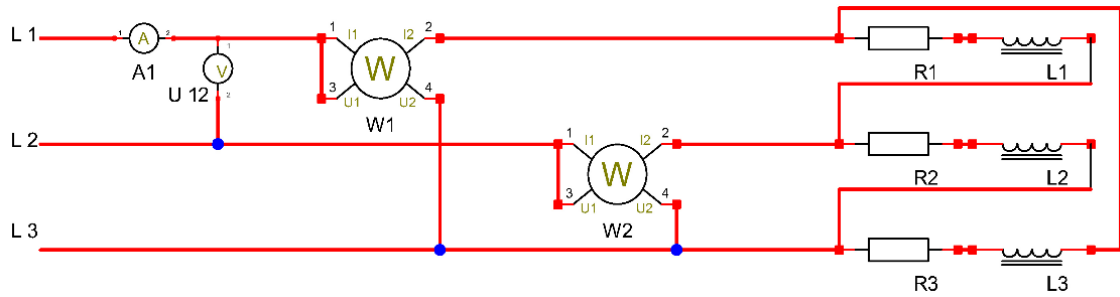
D'où W1, W2 et W3 : la lecture du wattmètre 1, 2 et 3 respectivement.

Réaliser le montage 3 ($V_1 = 230 \text{ V}$) et compléter le tableau de mesure suivant :

I_1	I_2	I_3	I_N	$W1$	$W2$	$W3$	P	Q	S	$\cos \varphi$

3. RÉCEPTEUR ÉQUILIBRÉ EN TRIANGLE

3.1. Montage 4 : Charge inductive (méthode de 2 Wattmètres → P et Q)

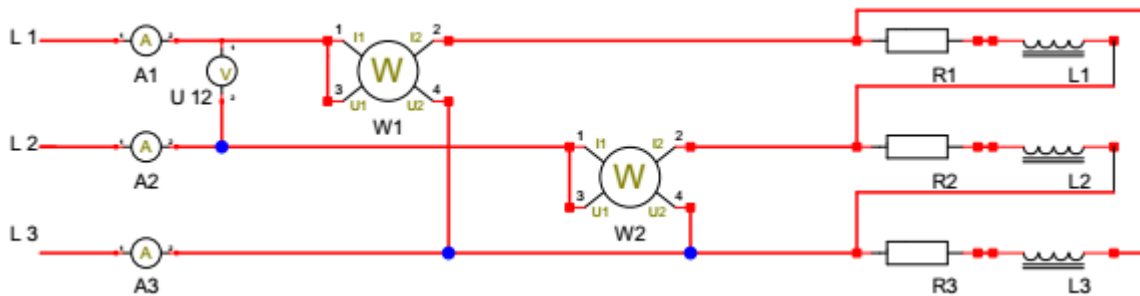


Réaliser le montage 4 et compléter le tableau de mesure suivant :

U_{12}	I_1	$W1$	$W2$	P	Q	S	$\cos \varphi$	φ
230 V								

4. RÉCEPTEUR DÉSÉQUILIBRÉ EN TRIANGLE

4.1. Montage 5 : Charge inductive (méthode de 2 Wattmètres)



$$P = W1 + W2$$

D'où $W1$ et $W2$: la lecture du wattmètre 1 et 2 respectivement.

Réaliser le montage 5 et compléter le tableau de mesure suivant :

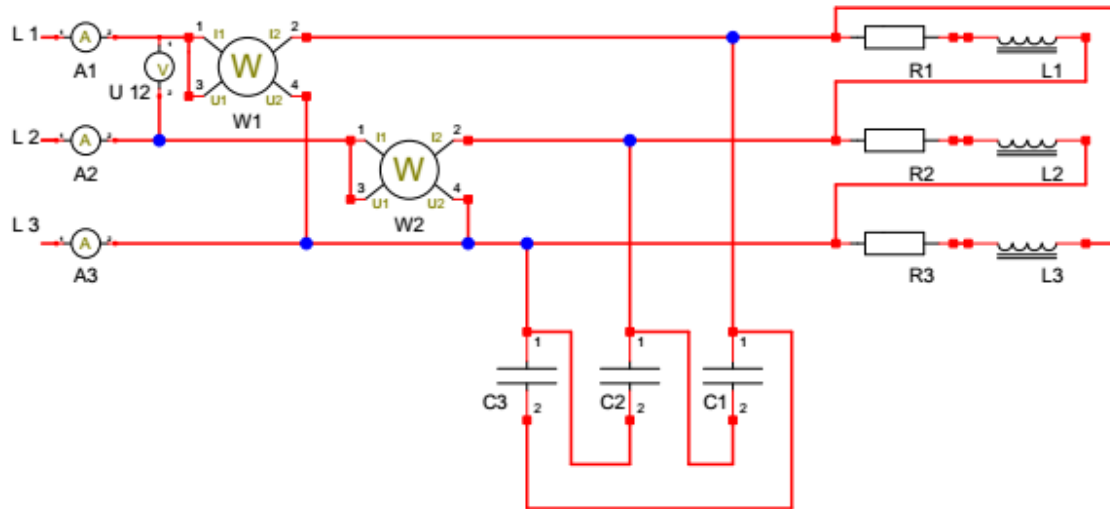
U_{12}	I_1	I_2	I_3	$W1$	$W2$	P	Q	S	$\cos \varphi$	φ
230 V										



Pour les montages triangle noter bien que la tension composée est égale à 230 V

5. RELÈVEMENT DU FACTEUR DE PUISSANCE

5.1. Montage 6 : installation d'un banc de condensateurs couplées en triangle



On veut relever (améliorer) le facteur de puissance du montage 4. Pour cela on installe trois condensateurs montés en triangle avec pour chaque condensateur $C = 2\mu F$

La valeur de la capacité de chacune des condensateurs est calculée par la formule suivante :

$$C_{\Delta} = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{3U^2\omega}$$

φ : angle initial, φ' : angle corrigé

Réaliser le montage 3 et compléter le tableau de mesure suivant :

U_{12}	I_1	I_2	I_3	W_1	W_2	P	Q	S	$\cos \varphi$	φ
230 V										

IV. EXPLOITATION DES RÉSULTATS

- 1) Comparer les mesures trouvées entre le couplage étoile et triangle.
- 2) Pour les montages 2 et 3 :
 - Faire la représentation de Fresnel des tensions simples et composées (V_1 V_2 V_3 et U_{12} U_{23} U_{31}) ainsi que des courants de ligne et courant de phase (I_1 I_2 I_3 et J_1 J_2 J_3).
- 3) Refaire la question 2 pour les montages 4 et 5.
- 4) Que peut-on en déduire ?
- 5) Pour le montage 6, tracer le triangle des puissances avant et après la compensation.
- 6) Quel sont les avantages du relèvement du facteur de puissance ?
- 7) Quelles conclusions peut-on tirer de ce TP ?

NB : Pour les questions 2,3 et 5, utiliser le papier millimétré en précisant l'échelle et les angles de déphasage précisément.

MODULE : ÉLECTROTECHNIQUE 1
SPECIALITÉ : GÉNIE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE / S2

Durée : 3h

TP 2
ÉTUDE D'UN CIRCUIT MAGNETIQUE

I. OBJECTIF

Réaliser les montages qui permettent de visualiser la courbe de première aimantation et le cycle d'hystérésis d'un circuit magnétique.

II. MATERIEL

Vous disposez du matériel suivant :

Désignation	Caractéristiques
Alimentation Variable AC	Variable à potentiomètre
1 Oscilloscope cathodique	entrées Y1 et Y2 et fonction X-Y
1 Voltmètres	Magnéto-électrique à redresseur 100 mV à 1000 V*
1 Ampèremètres	Magnéto-électrique à redresseur 7 cal. AC : 10 mA à 10 A Fusible : 1 A HPC et 10 A HPC
2 résistances variables R et r	R = 20 kΩ I _{max} = 7 mA r = 15 Ω I _{max} = 2 A
1 condensateur	C = 3 μF
1 Bobine d'induction	800 spires, I _{max} = 0.75 A
Circuit magnétiques	Feuilleté en forme rectangulaire
Ensemble de fils électriques	Avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de diamètre de différentes longueurs.

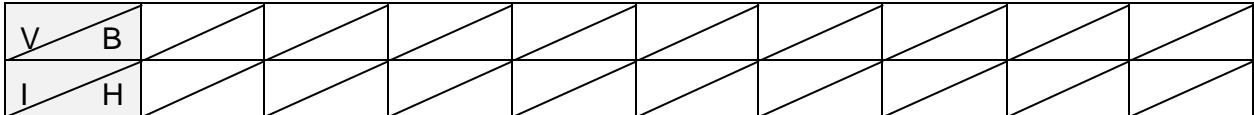
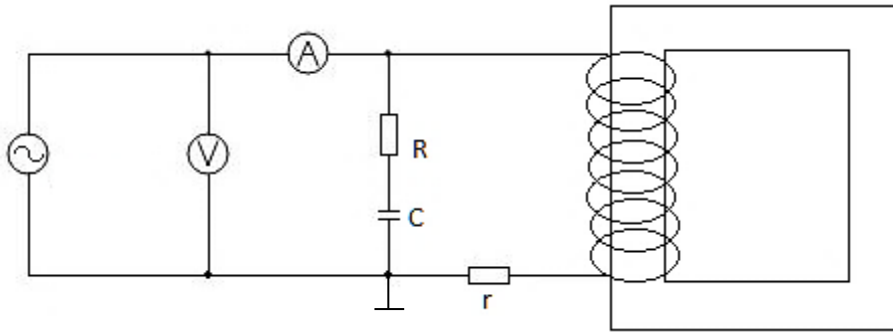
III. MANIPULATION

1. COURBE DE PREMIÈRE AIMANTATION

Réaliser le circuit de la figure 1, à l'aide d'une alimentation alternative variable On augmente l'intensité du courant, donc on augmente H:

- Dans un premier temps, B est proportionnel avec H: C'est la zone linéaire.
- Dans un second temps, B n'est plus proportionnel avec H: c'est la zone de saturation.

B est obtenu à l'aide de théorème de Boucherot



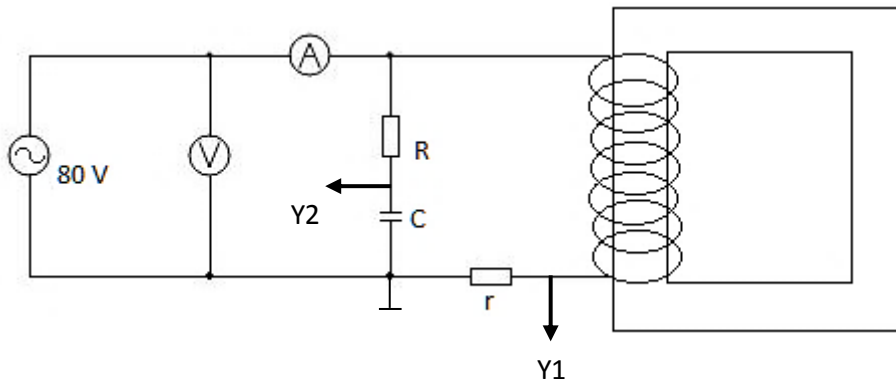
On demande de :

- Tracer la courbe de la première aimantation $B(H)$ en variant la tension d'alimentation de 0 à 100 V.
- En déduire la zone linéaire puis la zone de saturation.
- Calculer la perméabilité relative μ_r de ce matériau, en déduire le type de matériau et la qualité du circuit magnétique.

2. CYCLE D'HYSTÉRÉSIS

Lorsque le matériau est saturé, si on diminue l'intensité i du courant, H diminue et B diminue aussi mais la courbe obtenue ne se superpose pas avec la courbe de première aimantation. La courbe représentant l'évolution de B en fonction de H est un donc un cycle appelé cycle d'hystérésis du matériau.

Considérons un noyau constitué d'un empilement de tôles. Le relevé de $i(t)$ (aux bornes de r) à l'oscilloscope nous permet de lire indirectement $H(t)$ (théorème d'Ampère). Cependant, il est impossible de visualiser $B(t)$ sans intégrer le signal $V(t)$. Il est donc nécessaire de concevoir **un intégrateur** (circuit RC d'où $V_c(t)$ est décalée de 90° par rapport à $V(t)$ et donc en phase avec $B(t)$ de manière à pouvoir le relever à l'oscilloscope (Y2).



On demande de :

- Tracer le cycle d'hystérésis sur papier millimétré en précisant toutes les zones (B_r , $-B_r$, H_c , $-H_c$)
- En déduire les pertes par hystérésis.

Quelques formules utiles :

Formule de Boucherot $V = 4,44 n f S B_{max}$

Le théorème d'Ampère $n \cdot i = H \cdot l$

Les pertes par hystérésis $P_h = f v A$

f : fréquence = 50 Hz; v : volume du circuit magnétique; A : aire du cycle (en J/m^3 ou $T A/m$)

MODULE : ÉLECTROTECHNIQUE 1
SPECIALITÉ : GÉNIE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE / S2

Durée : 3h

TP 3
ÉTUDE D'UN TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ

I. OBJECTIF

Réaliser les essais qui permettent de déterminer les éléments du schéma équivalent d'un transformateur monophasé ainsi que son fonctionnement en charge.

II. MATERIEL

Vous disposez du matériel suivant :

Désignation	Caractéristiques
Alimentation monophasée	Variable à potentiomètre
Transformateur monophasé	Caractéristique à déterminer
2 Voltmètres	Magnéto-électrique à redresseur 100 mV à 1000 V*
2 Ampèremètres	Magnéto-électrique à redresseur 7 cal. AC : 10 mA à 10 A Fusible : 1 A HPC et 10 A HPC
Charge résistive	6 kW , $I_{max}=9 A$ sous 380 V (triphasé)
Ensemble de fils électriques	Avec fiches bananes de sécurité mâle-mâle de 4 mm de diamètre de différentes longueurs.

III. MANIPULATION

1. RELEVÉ DES CARACTERISTIQUES SUR LA PLAQUE SIGNALÉTIQUE

En considérant le transformateur monophasé à disposition dans l'atelier, répondre aux questions suivantes :

- Identifier les tensions nominales.
- Identifier la puissance apparente nominale.
- Déduire les intensités des courants nominaux au primaire et au secondaire.

2. MESURE DES RESISTANCES D'ENROULEMENTS (R1, R2)

Mesure par la méthode **voltampéremétrique** à chaud sous I_{nominal} (**Potentiométrique** pour I_1 faible, source 6V continu).

Remarque : si vous faites la mesure à température ambiante $\approx 20^\circ\text{C}$, ramener les résistances à la température de régime $\approx 60^\circ\text{C}$ par la relation : $R_{60^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \times 1,15$

3. DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS DU CIRCUIT ÉQUIVALENT

Après quelques manipulations et approximations sur le schéma équivalent complet, on aboutit au schéma équivalent du transformateur monophasé représenté sur la figure 1.

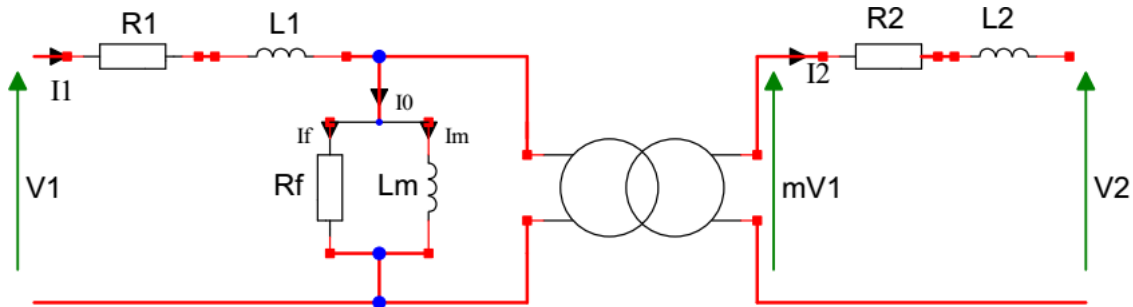


Fig. 1. Schéma équivalent simplifié du transformateur monophasé

D'où : La résistance $R_s = m^2 R_1 + R_2$ dite résistance totale ramenée au secondaire ; la réactance $L_s = m^2 L_1 + L_2$ dite Inductance totale ramenée au secondaire.

On distinguera : R_1 et R_2 les résistances séries des bobinages, L_1 et L_2 les inductances de fuites des bobinages, R_f et L_m la résistance équivalente aux pertes fer et l'inductance magnétisante vue du primaire.

4. ESSAI À VIDE

Le transformateur étant à vide, on l'alimente sous différentes valeurs de tension primaire V_{10} en mesurant les valeurs efficaces des tensions secondaires V_{20} , du courant primaire à vide I_{10} et de la puissance active absorbée P_{10} .

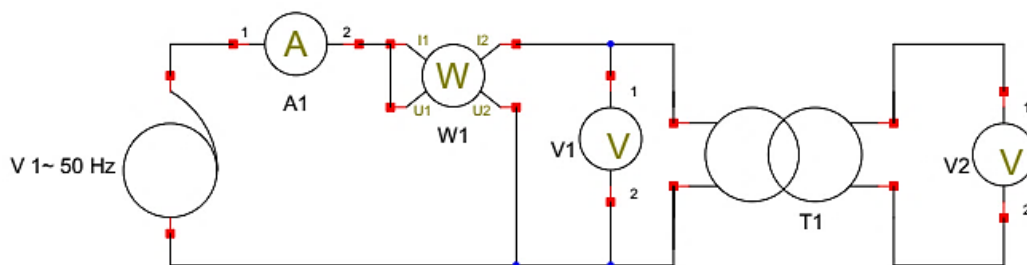


Fig. 2. Montage de l'essai à vide du transformateur

Pour différentes valeurs de $V_{1\text{eff}}$, relever P_{10} , $I_{10\text{eff}}$ et $V_{20\text{eff}}$ et consigner ces mesures dans un tableau présenté ci-après :

V_1	I_0	P_{10}	V_{20}	m_0	$\cos \varphi_0$	$P_f = P_{10} - R_1 \cdot I_0^2$
30 V						
60 V						
90 V						
120 V						
150 V						
180 V						
210 V						
220 V						
240 V						

On demande de :

- a) Construire sur le même graphique les courbes suivantes :

$$I_{10} = f(V_{10}), \quad p_{\text{fer}} = f(V_{10}) \quad \text{et} \quad \cos \varphi_0 = f(I_0)$$

Pour V_1 nominale (220 V),

- b) Calculer Z_1 et déduire L_1 par la méthode de Joubert.
c) En se basant sur le schéma équivalent de la Figure 1 (à vide $I_1 = I_0$) calculer résistance équivalente aux pertes fer (R_f) et l'inductance magnétisante (L_m).
Tel que : $R_f = V_1 / I_f$, $X_m = V_1 / I_m$ et $I_0 = I_f + j I_m$
d) Calculer la puissance réactive magnétisante Q_{10} .
e) Tirer des conclusions pratiques.

5. ESSAI EN COURT-CIRCUIT

Le transformateur est court-circuité au secondaire et alimenté au primaire sous tension réduite (ce qui permet de négliger R_f et L_m). On mesure $P_{1\text{cc}}$ et $S_{1\text{cc}}$.

ATTENTION : Ajuster attentivement le potentiomètre à une tension efficace au primaire très réduite $V_{1\text{ceff}} < 5 \text{ V}$ tout en surveillant les courant de A1 et A2.

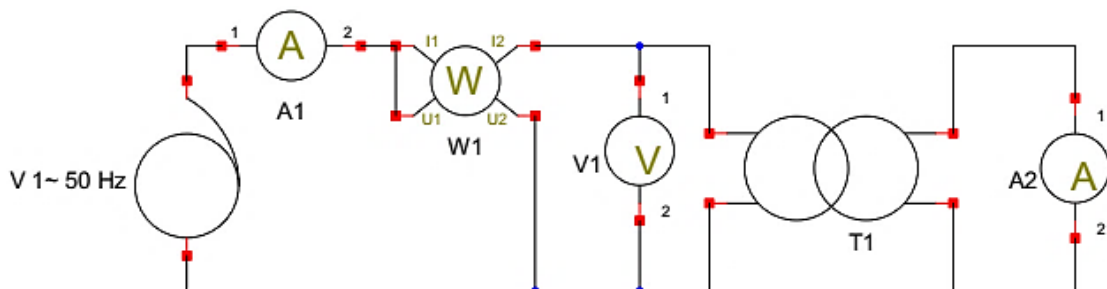


Fig. 3. Montage de l'essai en court-circuit

Réaliser le montage de la figure 3 et compléter le tableau suivant :

V_{1cc}	P_{1cc}	I_{1cc}	I_{2cc}

- Déduire par calcul les valeurs de R_s , X_s et L_s .
- Redessiner le schéma équivalent de la figure 1 en notant toutes les valeurs obtenues (R_f , L_m , R_s et L_s).

6. ESSAI EN CHARGE

La tension efficace au primaire V_{1eff} est maintenue constante (à contrôler par la mesure), ce pour différentes valeurs de I_{2eff} . Il s'agit entre autres de mesurer ΔV_{2eff} pour différentes valeurs de I_{2eff} .

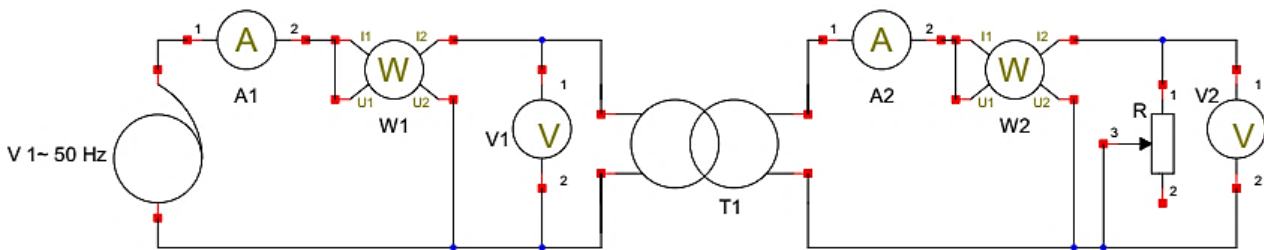


Fig.4. Montage de l'essai en charge du transformateur

Pour une charge purement résistive, renseigner le tableau suivant :

V_1	I_2	I_1	R	P_1	P_2	V_2	ΔV_{2mes} $= V_{20} - V_2$	p_j $= R_s \cdot I_2^2$	p_t $= p_{fer} + p_j$	m	η_{dir} $= P_2 / P_1$	$\eta_{sép}$ $= P_2 / (P_2 + P_t)$
220 V												

- A l'issu du tableau précédent, construire les courbes en charge sur le même graphique :
 $V_2 = f(I_2)$, $p_j = f(I_2)$, $p_f = f(I_2)$, $\eta_{dir} = f(I_2)$ et $\eta_{sép} = f(I_2)$
- Construire le diagramme de Kapp. En déduire la chute de tension ΔV_2 graphiquement.
- Tirer des conclusions pratiques.