

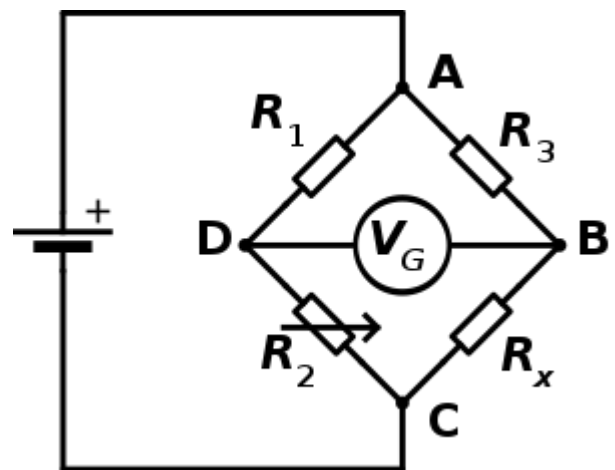


COMPTE RENDU DES TPS D'ELECTROCINETIQUE

Sous la supervision du professeur :
MAROUANE CHRISS

Réalisé par :

Nachit Elmehdi
Mardi Younes
Saidi Alaoui Amine
Sedki Mohamed



SOMMAIRE

TP1 : Mesure de
résistances.....3

Partie1 : Méthode
voltampère-métrique.....6

Partie2 : Pont de
Wheatstone.....10

TP2 Lab1 : Instrumentation et
Mesures.....16

Partie 1 : Mesure des tensions
continues.....18

Partie 2 : Mesure des tensions
périodiques.....19

Partie 3 : Mesure des courants.....	21
TP 2 Lab3 : Circuits en régime sinusoïdal.....	22
Partie 1 : Circuit déphaseur RLC.....	23
Partie 2 : Circuit résonnant RLC.....	26

TP 1:

MESURE DE RÉSISTANCES

Partie1 : Méthode voltampère-métrique

Partie2 :Pont de Wheatstone

INTRODUCTION

- **La méthode Voltampère-métrique** permet d'évaluer rapidement et avec des moyens simples, la valeur d'une résistance passive, par l'application de la loi d'Ohm en courant continu.
Son principe repose sur les mesures du courant traversant la résistance à déterminer et celle de la tension entre ces bornes.
Deux montages sont envisageables suivant la position du

voltmètre par rapport à celle de l'ampèremètre, le montage amont (longue dérivation) et le montage aval (courte dérivation).

- Dans la télégraphie électrique, on a fréquemment à mesurer la résistance de très longs fils.

On a imaginé pour cela différentes méthodes rapides et sûres. Parmi ces méthodes, il existe celle dite du « **Pont de Wheatstone** ».

Un pont de Wheatstone est un instrument de mesure inventé par Samuel Hunter Christie en 1833, puis amélioré et popularisé par Charles Wheatstone en 1843.

Ceci est utilisé pour mesurer une résistance électrique inconnue par équilibrage de deux branches d'un circuit en pont, avec une branche contenant le composant inconnu.

OBJECTIFS DU TP 1

- ✓ Confronter la théorie et l'expérience
- ✓ Se familiariser avec les appareils de mesure : choix d'appareil et réalisation des montages.

- ✓ Evaluer les incertitudes liées aux mesures, ainsi que celles liées au modèle physique.
- ✓ Comparer des méthodes de mesure.
- ✓ Argumenter et synthétiser sous la forme d'un compte rendu.

PRÉPARATION THÉORIQUE

Partie 1 : Méthode voltampère-métrique

Principe :

Il s'agit d'évaluer rapidement et avec des moyens simples, la valeur d'une résistance passive, par l'application de la loi d'Ohm en courant continu.

Son principe repose sur les mesures du courant traversant la résistance à déterminer et celle de la tension entre ces bornes.

Deux montages sont envisageables suivant la position du voltmètre par rapport à celle de l'ampèremètre :

Le montage **AMONT** ou montage **LONGUE DERIVATION** dans lequel on mesure la tension aux bornes du dipôle étudié et de l'ampèremètre.

Le montage **AVAL** ou montage **COURTE DERIVATION** dans lequel on mesure la tension aux bornes du dipôle étudié.

Chaque montage présente des inconvénients dont l'importance est fonction de la valeur du dipôle et des caractéristiques des appareils de mesure.

On fera l'analyse du problème en courant continu.

Le dipôle dans le cas étudié est une résistance de valeur **R**.

La résistance interne de l'ampèremètre est **R_a** (R_a est de faible valeur) et celle du voltmètre est **R_v** (R_v est de grande valeur).

Etude théorique :

Selon l'emplacement du voltmètre par rapport à l'ampèremètre, on distingue donc deux types de montage :

-Montage Aval (Courte Dérivation).

Il consiste à Mesurer U uniquement aux bornes de la résistance et l'ampèremètre mesure la somme des courants dans la résistance.

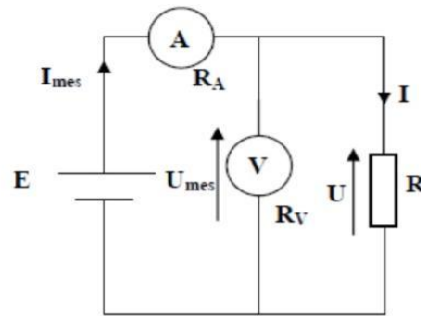


Figure 1 : Montage Aval (ou courte dérivation)

-Montage Amont (Longue Dérivation).

Il consiste à mesurer la différence du potentiel U aux bornes de l'ampèremètre en série avec la résistance inconnue et à mesurer l'intensité I ($U=(R+R_A).I$).

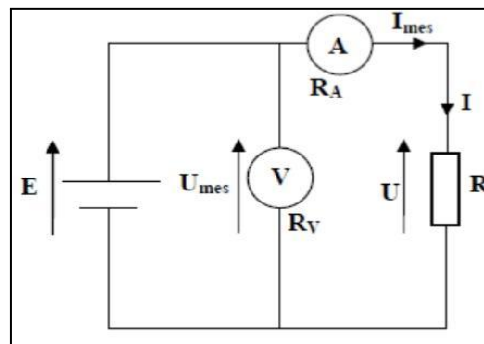


Figure 2 : Montage Amont (ou longue dérivation)

A/Démonstration des erreurs relatives sur la mesure de R:

Le montage aval (Incertitude relative)	$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R}{R + R_V}$	le montage aval est bénéfique pour les petites résistances.
Le montage Amont (Incertitude relative)	$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R_A}{R}$	le montage amont est bénéfique pour les grandes résistances.

Pour le montage aval :

D'après la loi d'Ohm : $U = R_{eq}.I$

Et : $1/R_{eq} = 1/R_v + 1/R$

Or: $U = R.I \implies R = U/I$

$$\implies \Delta R/R = \Delta U/U + \Delta I/I$$

$$\implies \Delta R/R = \Delta I/I$$

$$\implies \Delta R/R = (U/R_v) / (U/R_{eq}) = R_{eq}/R_v$$

Donc : $\Delta R/R = R / (R_v + R)$ (car $R_{eq} = (R.R_v)/(R + R_v)$)

» Cette mesure est exacte quand $R \ll R_v$.

Pour le montage avant :

D'après la loi d'Ohm : $U = (R_a + R) I$

Or : $\Delta R/R = \Delta U/U + \Delta I/I$

$$\implies \Delta R/R = \Delta U/U = (R_a.I)/(R.I)$$

$$= R_a/R$$

Donc : $\Delta R/R = R_a / R$

» Cette mesure est exacte quand $R_a \ll R$.

B/Tracé des deux erreurs relatives en fonction de R dans le même diagramme :

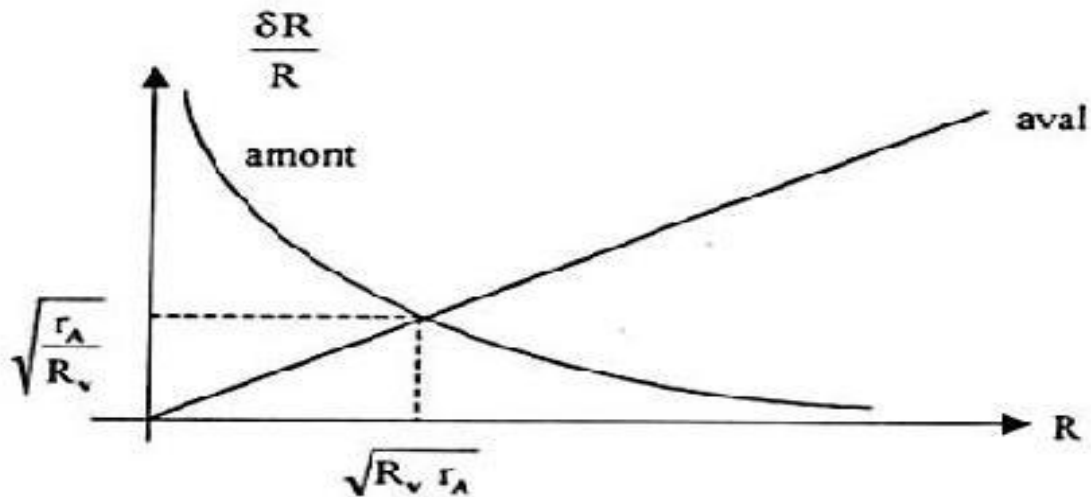


Figure 3 : Variation des erreurs relatives en fonction de la valeur de la résistance à mesurer.

C/Conclusion du domaine d'utilisation de chaque montage:

L'observation des variations des erreurs relatives en fonction de la valeur de la résistance R à déterminer (**figure 1**) montre les domaines d'emploi pour chacun des deux montages.

Le choix du montage sera fait selon la règle suivante (avoir une incertitude minimale) :

- Si $R \leq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de faibles valeurs) on utilisera le montage aval.
- Si $R \geq \sqrt{R_A \cdot R_V}$ (résistances de fortes valeurs) on utilisera le montage amont.
- Si $R = \sqrt{R_A \cdot R_V}$ les deux montages sont équivalents.

On pourra ainsi constater que l'utilisation d'un montage non approprié peut entraîner des erreurs importantes.

Partie 2 :Pont de Wheatstone

Principe :

Le pont de Wheatstone est utilisé pour mesurer une résistance électrique inconnue par équilibrage de deux branches d'un circuit en pont, avec une branche contenant le composant inconnu.

Le principe de cette mesure est basé sur le théorème de Millman qui est une forme particulière de la loi des nœuds exprimée en termes de potentiel.

Le pont de wheatstone est constitué de deux résistances connues, R_1 et R_2 , d'une résistance variable de précision, R_v , d'une résistance R_x à déterminer et d'un galvanomètre ou voltmètre sensible, V_G .

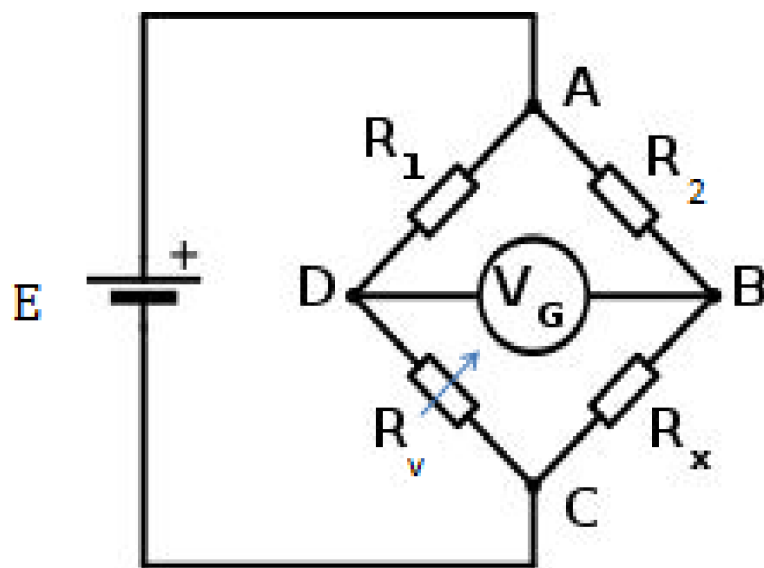


Figure 3 : Pont de Wheatstone

Etude théorique :

A/Démonstration de la tension mesurée par le Voltmètre :

$$V_B - V_D = E \left(\frac{R_x}{R_2 + R_x} - \frac{R_v}{R_1 + R_v} \right)$$

D'après la théorie de Millman

$$V_B = \frac{\frac{V_A}{R_2} + \frac{V_C}{R_x}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_x}} = \frac{R_x V_A + R_2 V_C}{R_2 + R_x}$$

$$V_D = \frac{\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_C}{R_v}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_v}} = \frac{R_v V_A + R_1 V_C}{R_1 + R_v}$$

$$V_B - V_D = \frac{R_x V_A + R_2 V_C}{R_2 + R_x} - \frac{R_v V_A + R_1 V_C}{R_1 + R_v}$$

$$= \frac{R_x V_A - R_2 V_C + R_2 V_C + R_2 V_C}{R_2 + R_x} - \frac{R_v V_A - R_v V_C + R_v V_C + R_1 V_C}{R_1 + R_v}$$

$$= \frac{R_x (V_A - V_C)}{R_2 + R_x} + \frac{R_2 + R_2}{R_2 + R_x} V_C - \frac{R_v (V_A - V_C)}{R_1 + R_v} - \frac{R_1 + R_1}{R_1 + R_v} V_C$$

$$= (V_A - V_C) \left[\frac{R_x}{R_2 + R_x} - \frac{R_v}{R_1 + R_v} \right]$$

$$\Rightarrow V_B - V_D = E \left[\frac{R_x}{R_2 + R_x} - \frac{R_v}{R_1 + R_v} \right]$$

B/Déduisons la condition d'équilibre du pont.

On sait que le pont sera équilibré lorsqu'il ne passe aucun courant dans le galvanomètre VG.

Donc $V_B = V_D$.

C/L'expression qui donne la valeur de la résistance inconnue R_x en cas d'équilibre du pont :

Handwritten derivation of the Wheatstone bridge balance equation on grid paper:

$$V_B = V_D = 0$$
$$\Rightarrow \frac{R_x}{R_2 + R_2} = \frac{R_v}{R_1 + R_v}$$
$$\Rightarrow R_x (R_1 + R_v) = R_v (R_2 + R_2)$$
$$\Rightarrow R_x (R_1 + R_v) - R_v R_x = R_v R_2$$
$$\Rightarrow R_x R_1 = R_v R_2$$
$$\Rightarrow R_x = \frac{R_v R_2}{R_1}$$

MONTAGE ET EXPÉRIENCES

Partie 1 : Mesure de résistance par la méthode voltampère-métrique

Lors du TP, on a réalisé le montage aval suivant :



Figure 4 : Le Montage aval réalisé lors du TP

Remarques sur le montage de la figure 4 :

Le voltmètre est placé aux bornes de la résistance à déterminer (figure 4), par conséquent l'ampèremètre ne mesure pas seulement le courant traversant la résistance R_x , mais tient compte également de celui parcourant le voltmètre.

La perturbation est donc introduite par la résistance interne du voltmètre R_V .

Ainsi on a réussi à remplir le tableau à partir des résistances fournies par le professeur :

R (K Ω)	2	4	6	8	10
U _{mes} (V)	9.75	10.18	10.33	10.44	10.46
I _{mes} (mA)	4.7	2.5	1.7	1.3	1
R _{mes} (K Ω)	2.074	4.072	6.076	8.03	10.46
$\Delta R/R$ (%)	28.75	44.44	54.54	61.58	66.67

Partie 2 : Mesure de résistance à l'aide du pont de Wheatstone

En utilisant les mêmes valeurs que précédemment

On a obtenu :

R _{mes} (K Ω)	2.090	4.085	6.090	8.02	10.10
--------------------------------	-------	-------	-------	------	-------

Conclusions :

Pour conclure, on peut dire que la méthode à utiliser pour déterminer une résistance avec le plus de précision dépend de l'ordre de grandeur de celle-ci.

La méthode voltampère-métrique donne une meilleure précision sur les petites résistances.

Cependant le pont de Wheatstone donne des meilleurs résultats sur des résistances de grandes valeurs.

CONCLUSION

- **La méthode voltampère-métrique** conduit à des résultats suffisamment précis dans de nombreux cas et n'exige que deux appareils de mesure très répandus dans l'industrie.
Elle couvre la gamme des résistances moyennes (de quelques Ω à quelques $k\Omega$), pour les résistances faibles ($<1\Omega$) et les grandes résistances ($>1M\Omega$), on utilise des méthodes spécifiques.
Elle s'avère beaucoup plus longue à mettre en œuvre par rapport à l'emploi d'un ohmmètre, mais plus précise s'il s'agit d'un appareil à déviation.
Toutefois une mesure à l'aide d'un ohmmètre à affichage numérique sera toujours plus précise.
L'intérêt de la méthode dépendra donc du matériel dont on dispose.
- **Le Pont de Wheatstone** est aussi une des méthodes les plus précises pour mesurer des résistances surtout de grande valeur.
Elle est à la base de nombreux appareils et sous-systèmes industriels et grand public.
En effet, les cellules de mesure de lumière de certains appareils photos utilisent ce principe.
Le pont de Wheatstone est également utilisé lors de la mise en œuvre de jauges de contrainte.

TP 2 :

Lab1 : Instrumentation et Mesures

Partie 1 : Mesure des tensions continues

Partie 2 : Mesure des tensions périodiques

Partie 3 : Mesure des courants

Lab3 : Circuits en régime sinusoïdal

Partie 1 : Circuit déphaseur RLC

Partie 2 : Circuit résonnant RLC

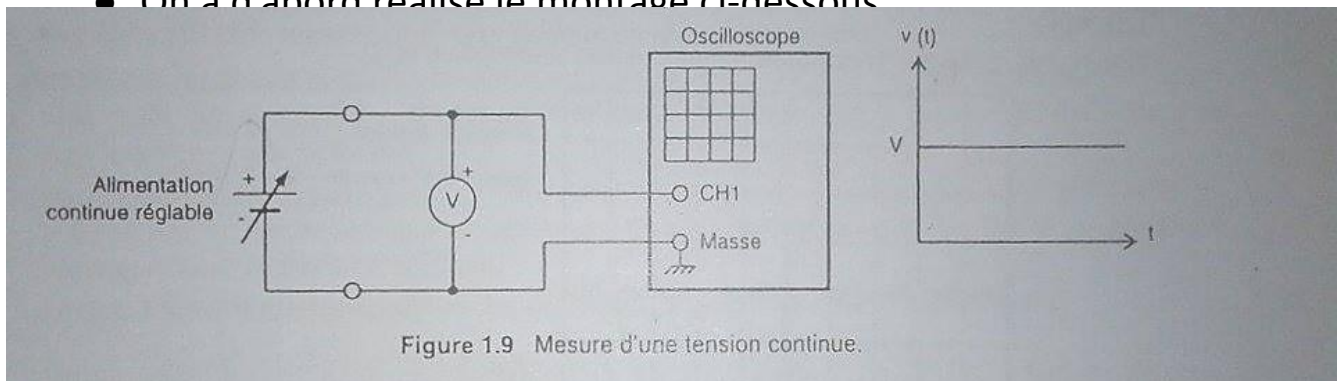
Lab1 : Instrumentation et Mesures

OBJECTIFS DU LAB 1

- ✓ Confronter la théorie et l'expérience
- ✓ Se familiariser avec les appareils de mesure : choix d'appareil et réalisation des montages.
- ✓ Evaluer les incertitudes liées aux mesures, ainsi que celles liées au modèle physique.
- ✓ Visualiser des formes d'ondes sur l'Oscilloscope.
- ✓ Comparer des méthodes de mesure.
- ✓ Argumenter et synthétiser sous la forme d'un compte rendu.

Partie 1 : Mesure des tensions continues

- On a d'abord réalisé le montage ci-dessous :



- On a mis l'entrée CH1 à la masse (GND) et on a réglé la trace sur le niveau zéro.
- On a commuté l'entrée de l'oscilloscope sur la position DC et le voltmètre à la position (=).
- On a varié l'amplitude de la tension du générateur et on a rempli le tableau suivant.

Niveau	Voltmètre			Oscilloscope				
Mesure	V (v)	ΔV (v)	$\frac{\Delta V}{V}$ (%)	L_v (div.)	S_v (v/div.)	V(v) $V=L_v \times S_v$	ΔV (v)	$\frac{\Delta V}{V}$ (%)
Position 1	2,5	0.075	3%	2,5	1	2,5	0.1	4%
Position 2	4,5	0.135	3%	2.2	2	4,4	0.2	4.54%
Position 3	7,5	0,225	3%	3,6	2	7,2	0,2	2,77%

Conclusion :

En comparant les mesures faites par l'oscilloscope et le voltmètre, on peut conclure que le voltmètre est plus précis que l'oscilloscope.

Partie 2 : Mesure des tensions périodiques

Dans cette partie, les signaux sont délivrés par un GBF.
Le commutateur du voltmètre est basculé vers la position ($\sim$), comme représenté dans figure ci-dessous :

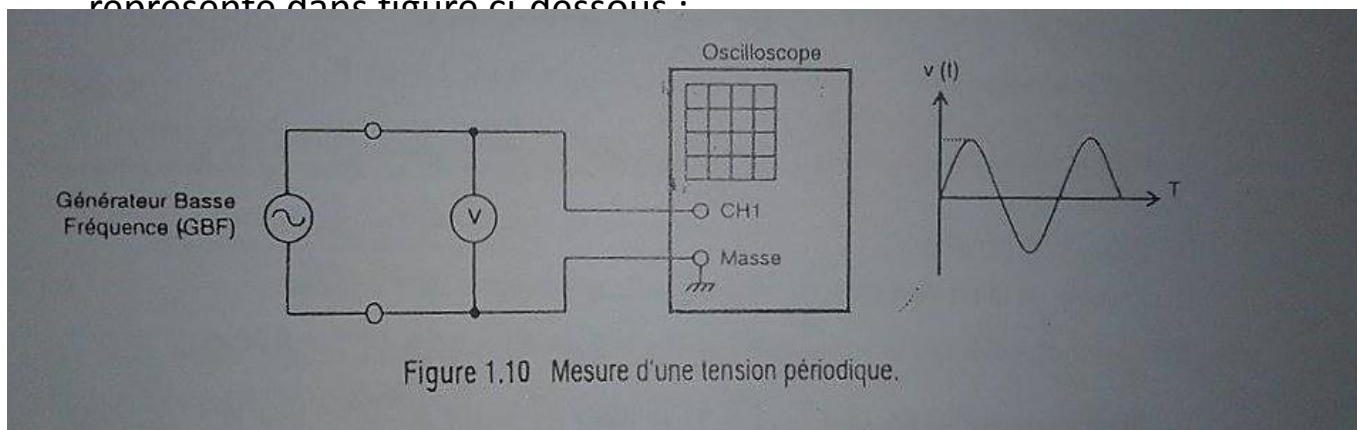


Figure 6 : Mesure des tensions périodiques

- On a réglé le GBF pour obtenir une tension sinusoïdale v , d'amplitude $V_m=4$ V (soit une tension pic-à-pic $V_{p-p}=8$ V) et de fréquence $f=1$ kHz
- On a effectué des mesures comparées entre le voltmètre et l'oscilloscope et on a rempli le tableau suivant.

Oscilloscope		Voltmètre
Amplitude (cadrage vertical)	Temps (cadrage horizontal)	

Lv (div.)	Sv (v/div.)	Vmax (v)	ΔV_{max} (v)	L _H (div)	S _H (ms/div)	T (ms)	ΔT (ms)	V _{eff} (v)	ΔV_{eff} (v)
2,2	1	2,2	0.1	5	0.2	1	0.02	2	0.5

- On a réglé le bouton DC-OFFSET du générateur pour ajouter une composante continue de valeur $V_0=2$ V à la tension précédente, les figures ci-dessous montre les résultats obtenus pour les trois modes : AC - DC et Continue.

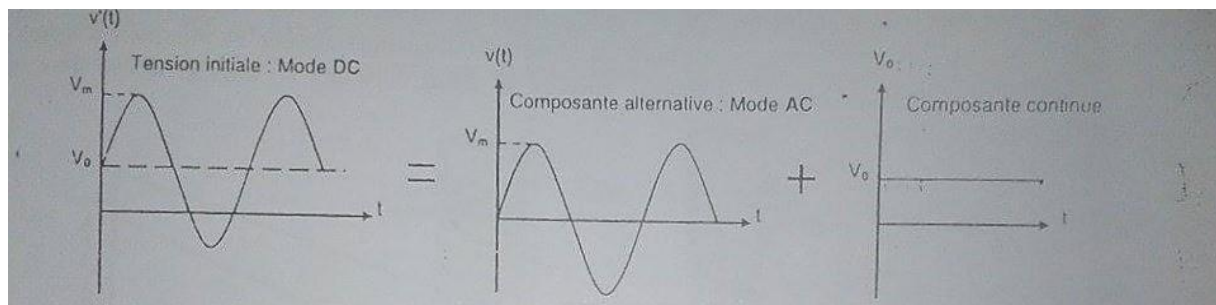


Figure 7 : Tension avec composante continue

Les formes obtenues sur l'oscilloscope :

Pour le Mode AC : On obtient un signal sinusoïdale de valeur maximale V_m qui a comme axe de symétrie $V=0$ V.

Pour le mode DC : on obtient un signal sinusoïdal de valeur V_m qui a comme axe de symétrie V_0 .

Pour le mode continue : on obtient un signal continue de valeur V_0 .

Partie 3 : Mesure des courants

- On a réalisé le montage suivant :

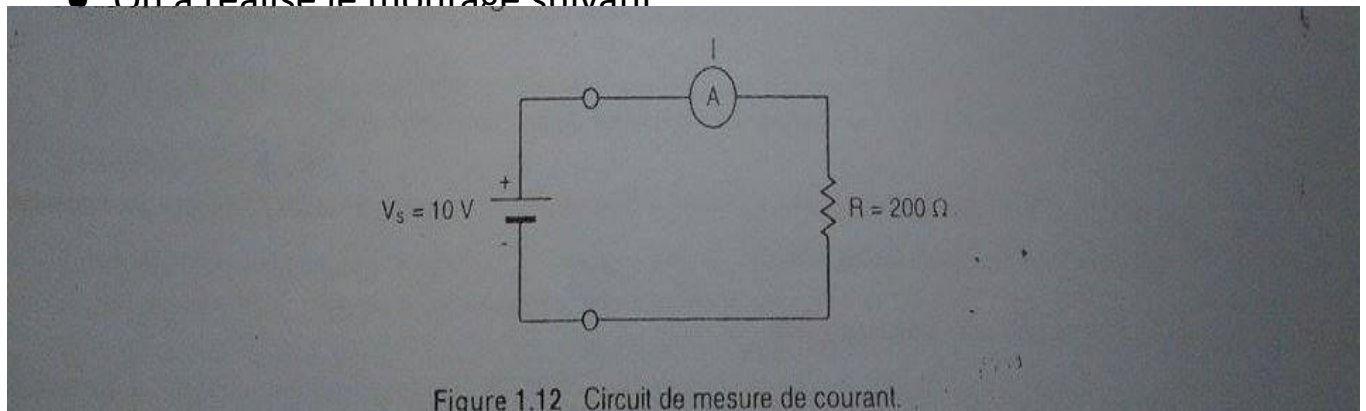


Figure 8 : Circuit de mesure de courant

On a mesuré l'intensité à l'aide d'un ampèremètre, on obtient

$$I = 0,5 \text{ A}$$

Pour calculer l'incertitude absolue ΔI , on calcule la précision $\Delta I/I$:

$$\Delta I/I = \Delta U/U + \Delta R/R = 3\% + 0,5\% = 3,5\%$$

Puis pour obtenir la valeur de ΔI il suffit de multiplier la valeur de la précision par l'intensité donnée par l'ampèremètre :

$$\Delta I = \Delta I / I \times I = 3,5\% \times 0,5 = 0,0175 \text{ A}$$

Lab3 : Circuits en régime sinusoïdal

OBJECTIFS DU LAB 3

- ✓ Effectuer des mesures sur des circuits en régime sinusoïdal permanent.
- ✓ Analyser le comportement d'un circuit résistif, inductif et capacitif.
- ✓ Expérimenter les propriétés d'un circuit résonnant RLC série.

Partie 1 : Circuit déphaseur RLC

1.1 Préparation :

Un circuit RLC série est alimenté par une source de tension sinusoïdal V_s de fréquence variable.

Le circuit est assimilé à un quadripôle : la source de tension constitue le dipôle d'entrée, alors que la résistance constitue le dipôle de sortie comme le montre la figure 9 :

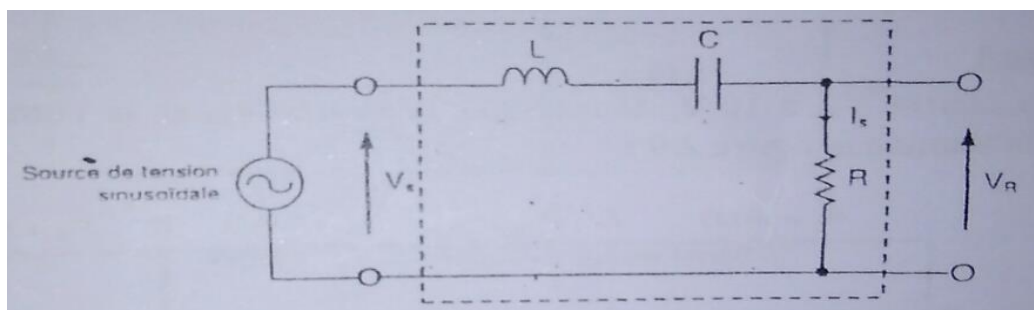


Figure 9 : Représentation d'un quadripôle d'un circuit RLC série.

A/L'expression de l'impédance équivalente du circuit en fonction des éléments RLC et de la fréquence de la source de tension :

$$\text{On a : } Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2} \quad / \quad \omega = 2\pi f$$

Donc : $Z = \sqrt{R^2 + (L2\pi f - \frac{1}{C2\pi f})^2}$ AN : $Z = 1004.62$

B/Détermination du phaseur du courant :

On a : $\varnothing = \arg(Z)$

Donc: $\varnothing = \arctan \left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \right)$

AN: $\varnothing = 89.74^\circ$

C/Précision des fréquences suivantes :

- **f0 pour circuit résistif :**

On a pour un circuit résistif :

$$LC\omega^2 = 1 \implies \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$\implies 2\pi F_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$\implies F_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{A N: } F_0 = 1591.54 \text{ Hz}$$

- **f1 pour un circuit inductif :**

On a pour un circuit inductif :

$$F_1 \geq \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \implies F_1 \geq 1591.54 \text{ Hz}$$

- **f2 pour un circuit capacitif :**

On a pour un circuit capacitif :

$$F2 \leq \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \Rightarrow F2 \leq 1591.54 \text{ Hz}$$

1.2 Manipulation :

On a réalisé le montage de la figure 10 ci-dessous :

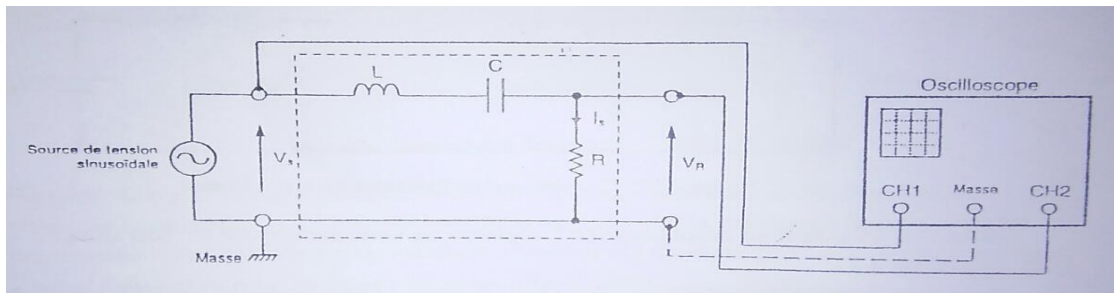
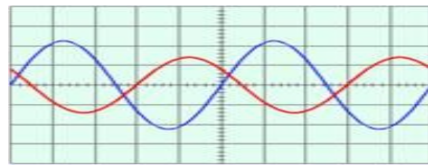


Figure 10 : Schéma expérimental d'un circuit RLC.

D'après les résultats donnés par l'oscilloscope on voit que les tensions V_R et V_S sont en phase de consensus :



- Pour la fréquence : $f_0 = 1591.54 \text{ Hz}$

On a : $V_{r0} = 10\text{v}$ ET : $I_0 = \frac{V_r}{R} = 10 \text{ mA}$

Et donc : $\varphi_0 = 0 \text{ rad}$

- Pour la fréquence : $f_1 = 15915.4 \text{ Hz}$

On a : $V_{r1} = 10\text{v}$ ET : $I_1 = \frac{V_r}{R} = 10 \text{ mA}$

Et donc : $\varphi_1 = 0.98 \text{ rad}$

- Pour la fréquence : $f_2 = 159.154 \text{ Hz}$

On a: $V_r = 6.25 \text{ V}$ Et: $I_2 = \frac{V_r}{R} = 6.25 \text{ mA}$

Et donc : $\phi_2 = 0.68 \text{ rad}$

Partie 2 : Circuit résonnant RLC

2.1 Préparation :

On réalise le montage d'un circuit RLC série, alimenté par une source de tension sinusoïdale comme représenté dans la figure 11 ci-dessous :

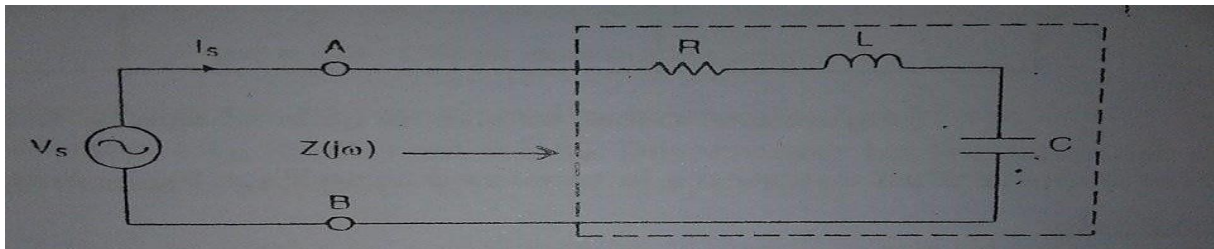


Figure 11 : Représentation d'un circuit résonnant RLC série.

a) La pulsation de résonance ω_0 du circuit est : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 1 \times 10^4$

b) Le facteur de qualité est : $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

2.2 Manipulation :

On a réalisé le montage suivant :

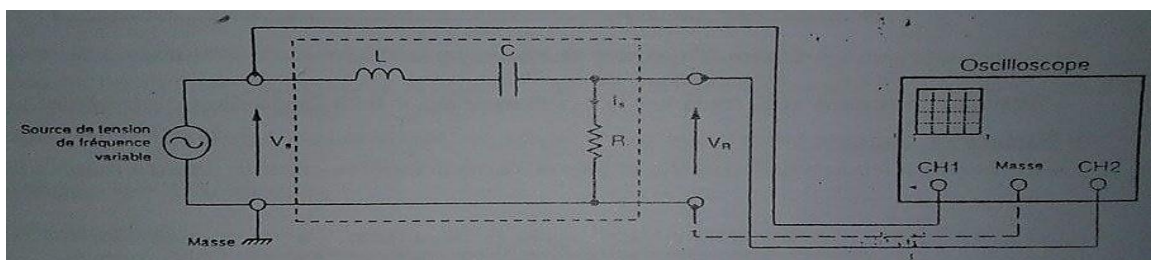


Figure 12 : Schéma expérimental d'un circuit résonnant RLC série.

On a mesuré La tension V_r , le courant I_s et le déphasage φ , les résultats sont présentés dans le tableau suivant : $f_0 = \frac{2\pi}{w_0}$
 $=6,28 \times 10^{-4} \text{Hz}$.

Fréquence	$f_0/10$	$f_0/4$	$f_0/2$	F_0	$2*f_0$	$4*f_0$	$10*f_0$
V_R (V)	7	8	9.5	10	10	10	7
I_s (A)	7×10^{-3}	8×10^{-3}	9.5×10^{-3}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	7×10^{-3}
Φ (°)	38.94	61.04	8.85	0	8.85	18.40	45.58

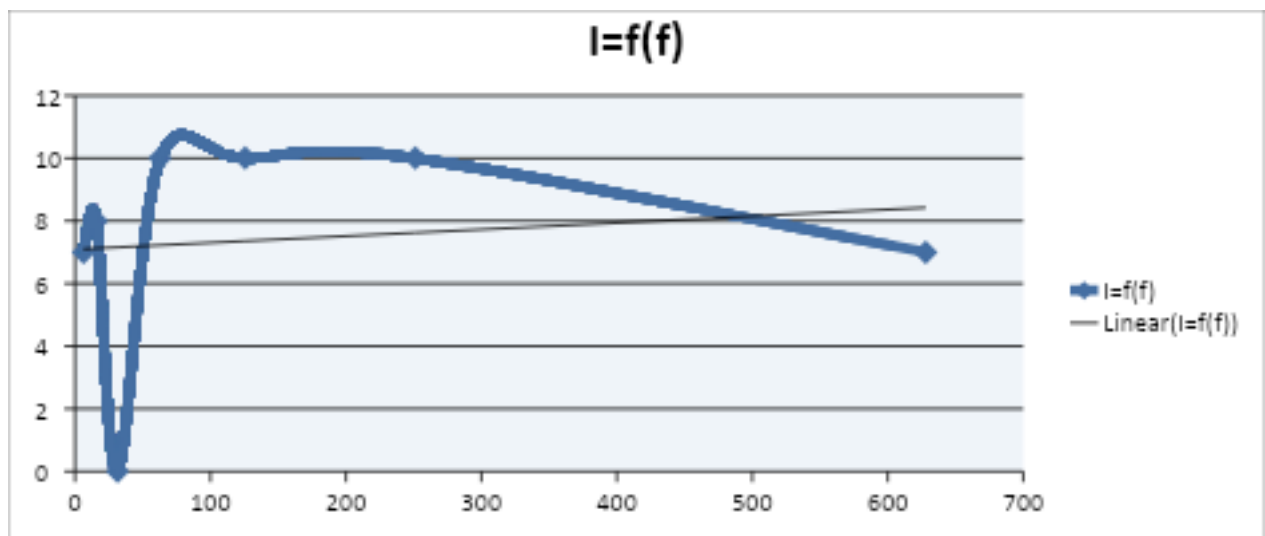


Figure 13 : Courbe de variation courant-fréquence.

Déduction :

La Bande Passante du circuit est : $I=0,5f_0+5,4286$.

A la fréquence de résonance f_0 on trouve : $V_L=6.45 \text{ V}$.

CONCLUSION

A travers cette séance de TP nous avons abouti à représenter sur un graphe la courbe représentative de la résonance en intensité du circuit RLC que nous avons monté par le biais du matériel fourni par

M.CHRISS.

Les mesures de l'intensité efficace et de la fréquence F sont rangées et triées dans le tableau des résultats. Et comme les valeurs de R et C et L sont déjà connues nous avons pu comparer ces résultats obtenus avec les résultats théoriques.