

TPN° 1 : PRESENTATION D'INSTRUMENT DE MESURE

I- Initiation aux appareillages

Le laboratoire de physique dispose de l'appareillage suivant:

- Alimentations continues stabilisées;
- Générateurs basses fréquences (GBF);
- Oscilloscopes;
- Voltmètres et Ampèremètres à aiguille;
- Composants électroniques (Résistances, Condensateur, Bobines, Rhéostats,...)
- Fils de connexion et sondes.

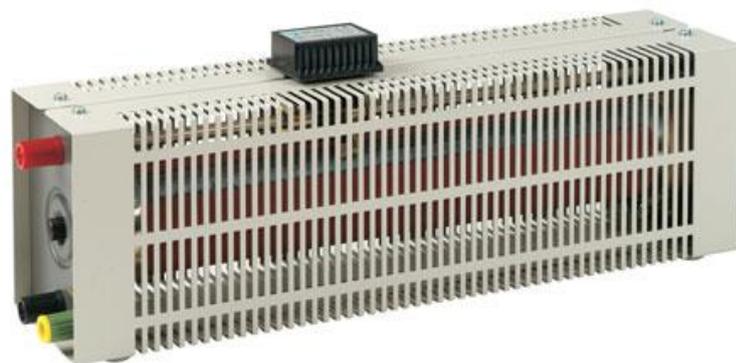
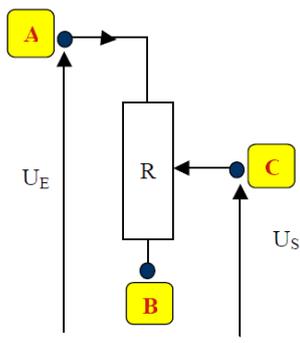
a- La résistance

Une résistance est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (mesurée en ohms) à la circulation du courant électrique. La résistance électrique est l'un des composants primordiaux dans le domaine de l'électricité. Il y a des résistances à 1 ohm et des résistances à décades (variables) formées par l'association de plusieurs résistances.



b- Rhéostat

Un **rhéostat** est une résistance variable constitué par le bobinage d'un fil conducteur sur un manchon isolant. Un curseur mobile peut se déplacer sur une tige métallique et frotte sur le bobinage. Si il est intercalé en série dans un circuit, permet d'en modifier l'intensité du courant. Si on veut prendre la totalité de la résistance du rhéostat, on le branche avec le circuit en point A et B et si on veut une résistance variable on le branche



c- Générateur de tension continue

Un générateur électrique est un dispositif permettant de produire de l'énergie électrique à partir d'une autre forme d'énergie. C'est un dispositif électronique qui maintient une tension continue entre ses bornes.

d- Générateur des basses fréquences (GBF)

Un GBF permet de délivrer un signal avec la fréquence désirée sous forme de sinusoïdes, de créneaux, ou de triangles. Ce signal peut être observé grâce à un oscilloscope en effectuant un simple montage électrique.

e- Voltmètre

Le voltmètre mesure la différence de potentiel entre deux points quelconques, a, b d'un circuit. Par conséquent il faut connecter une sonde à chacun de ces points et le voltmètre se retrouve placé **en parallèle avec la branche ou les branches du**



circuit situées entre a et b. Le voltmètre peut être à affichage numérique, la valeur de V est affichée directement sur son écran ou à déviation (à aiguille), dans ce cas, la valeur du potentiel est donnée par la relation:

$$V = \text{la lecture} * \text{calibre} / \text{Echelle}.$$

Le choix de l'échelle de lecture dépend du calibre choisi.

Par exemple pour le cas de la figure ci-contre:

$$V = 84 * \text{calibre} / 100 \text{ (si le calibre est un multiple de 10)}.$$

$$V = 26.5 * \text{calibre} / 100 \text{ (si le calibre est multiple de 3)}.$$

f- Ampèremètre

L'ampèremètre mesurant le courant qui passe dans une branche du circuit, il doit être branché en série avec la branche de sorte que le même courant qui passe par la branche passe par l'ampèremètre. On peut trouver des ampèremètres à affichage numérique ou la lecture du courant ce fait directement depuis l'appareil ou à aiguille dans ce cas la lecture ce fait comme suit:

$$I = \text{la lecture} * \text{calibre} / \text{Echelle}.$$

g- Oscilloscope

C'est un appareil de mesure permettant d'observer la variation de la tension en fonction du temps. Il est particulièrement adapté à l'étude de tensions alternatives (qui sont les plus fréquentes en électricité et en électronique). L'oscilloscope admet deux voies d'entrée, ce qui offre la possibilité d'étudier, sur un même écran, deux signaux électriques distincts (pouvant ainsi comparer amplitudes, périodes et déphasages).

Les commandes d'un oscilloscope

Pour une bonne manipulation de l'oscilloscope il est très utile de savoir le fonctionnement de quelques touches qu'on trouve sur l'oscilloscope.

- Repérer, sur la face avant de l'oscilloscope, les trois "blocs" qui regroupent les boutons de commande de la voie 1 (CH I), de la voie 2 (CH II) et la base de temps.
- Deux **voies** d'entrée pour étudier les signaux: voie 1 (**CH I**) et voie 2 (**CH II**).
- Chaque voie est munie d'un **commutateur** Volts/div. (1 DIV = 1 division = 1 carreau); celui-ci permet de changer le calibre de la voie choisie.
- Le bouton (la position) **GND** ("ground" ou masse), quand il est activé le signal visualisé sur l'oscilloscope est court-circuité à la masse. Une ligne horizontale est affichée sur l'écran de l'oscilloscope. Cette ligne va nous permettre de centrer le signal.
- Chaque voie dispose de deux positions de fonctionnement : "**entrée directe**" (**DC**) ou "**entrée alternative**" (**AC**). En général, un signal électrique, reçu à l'entrée de l'oscilloscope, admet une composante continue (parfois appelé OFFSET) à laquelle s'ajoute une composante alternative. En appuyant sur la touche DC de la voie d'entrée, le signal est reçu, par l'oscilloscope, dans sa totalité. En appuyant sur la touche AC, l'entrée de l'oscilloscope va sélectionner juste la composante alternative du signal (car, dans ce cas, un condensateur série élimine la composante continue du signal).
- Commutateur "Base de temps" : permet le réglage de la "vitesse" de balayage horizontal par valeurs calibrées Time/DIV (1 DIV = 1 division = 1 carreau). Ces mesures de temps sont utiles pour déterminer une période, une fréquence ou un déphasage.
- le bouton **x-position**, permettant de déplacement horizontal du signal si nécessaire.
- le bouton **Y-position**, permettant de déplacement vertical du signal si nécessaire.

II- Démonstration

1- Visualisation d'un signal continu



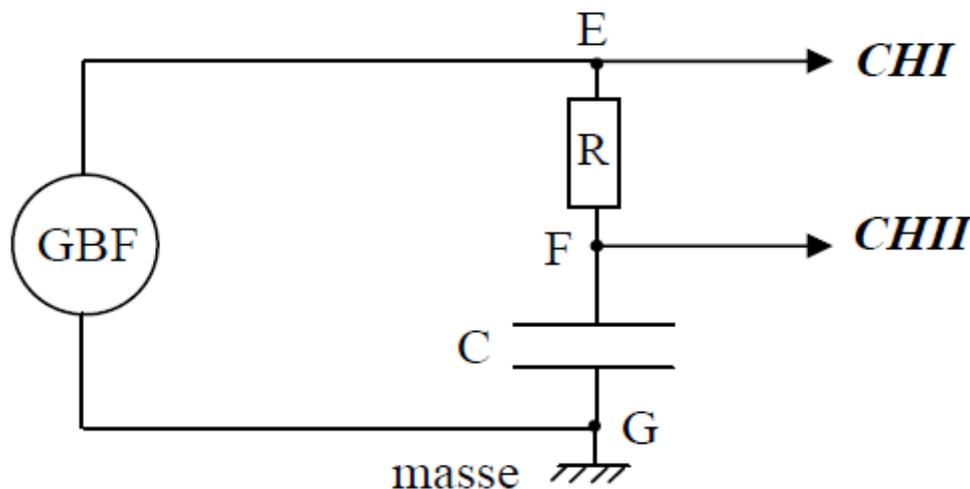
- A l'aide du voltmètre régler la tension du générateur à 5V.
- Brancher le générateur de tension continue avec la voie 1 de l'oscilloscope et régler le calibre de la tension jusqu'à l'obtention d'une ligne horizontale sur l'oscillogramme.
- Faire varier la tension. Que constatez-vous ?

2- Visualisation d'un signal carré

- Remplacer le générateur de tension continue par un GBF et choisir un signal carré;
- Sur l'oscilloscope régler la fréquence du signal à 200Hz et l'amplitude à 5V
- Varier la fréquence. Que constatez-vous ?
- Refaire le même travail avec un signal sinusoïdal.

3- Visualisation de deux signaux

- Réaliser le circuit ci-dessous
- Choisir un signal sinusoïdal avec une fréquence de 200Hz et amplitude 3V
- Sur l'oscilloscope visualiser le signal de CHI.
- Visualiser le signal de CHII.
- Visualiser les deux signaux au même temps. Commentaires.



Aperçu sur le calcul d'incertitude:

Erreurs et Incertitudes:

D'une manière générale, les mesures réalisées en physique - au sens large - sont toujours entachées d'erreurs. L'erreur de la mesure est la différence entre la valeur exacte recherchée et celle obtenue en réalité. On distingue différents types d'erreurs : les erreurs systématiques, les erreurs fortuites ou accidentelles et les erreurs sur les constantes.

Les erreurs systématiques : Ces erreurs proviennent soit du procédé de mesure, par exemple, en électricité, erreurs du au circuit soit de l'appareil de mesure. *L'erreur systématique* est constante en grandeur et en signe. Il est ainsi possible d'apporter au résultat de la mesure **une correction convenable, noté $\Delta X_{\text{methode}}$** .

Les erreurs fortuites ou accidentelles : Ces erreurs sont essentiellement variables en grandeur et en signe. On peut réduire leurs conséquences en multipliant le nombre de mesures et en prenant comme valeur numérique de la grandeur, la moyenne arithmétique des différents résultats.

Une mesure est caractérisée par une *incertitude absolue* ou une *incertitude relative*.

L'erreur absolue : *L'erreur absolue* δX commise sur la mesure d'une grandeur X est la différence entre la *valeur approchée* X_a adoptée comme résultat et la *valeur exacte* X_e , soit: $\delta X = X_a - X_e$. Comme X_e reste inconnue, δX est également inconnue. Toutefois, on peut toujours fixer des limites raisonnables entre lesquelles la grandeur physique X doit être comprise.

L'incertitude absolue: On appelle incertitude absolue la valeur absolue maximale que peut prendre l'erreur absolue, soit : $\Delta X = \sup \delta X$. L'erreur relative : L'erreur relative est égale au quotient de l'erreur absolue par la valeur exacte: $\delta X / X_e$.

L'incertitude relative: On appelle incertitude relative le quotient de l'incertitude absolue par la valeur approchée X_a : $\Delta X/X_a$. ΔX et X_a étant exprimés dans la même unité. L'incertitude relative renseigne sur la qualité d'une mesure physique, elle caractérise **sa précision**.

Expression des résultats

Pour qu'une mesure physique soit utilisable, il faut exprimer sans ambiguïté dans le résultat les trois facteurs suivants : la valeur résultant de(s) mesure(s), l'incertitude absolue et l'unité.

Les incertitudes sur la mesure sont de trois ordres: l'incertitude due à la lecture, l'incertitude due à l'appareil et l'incertitude due à la répétition de la mesure.

Incertitude due à la lecture: la lecture d'une grandeur physique à l'aide d'un instrument présentant des graduations, s'accompagne d'une erreur dite de lecture.

Incertitude due à l'appareil de mesure: ce type d'erreurs est lié à la sensibilité de l'appareil donnée par sa classe de précision. L'erreur absolue est donnée par $\Delta X_{appa} = \frac{Classe}{100} \cdot Calibre$ l'erreur relatif est donné par :

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{Classe}{100} \cdot \frac{Calibre}{X}$$

Incertitude due à la lecture: cette incertitude est due à la lecture de manipulateur, pour le cas des appareils à graduation elle est intimée à au quart de la division: $\Delta X_{manip} = \frac{1}{4} division = \frac{1}{4} \cdot \frac{Calibre}{Echelle}$

Incertitude due à la répétition de la mesure: effectuer une mesure plusieurs fois ne donne pas forcément le même résultat. Considérons N mesures d'une grandeur X. L'erreur absolue dans ce cas sera donnée par:

$$\Delta X_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i - X_{moy}|.$$

L'incertitude totale est : $\Delta X_{Tot} = \Delta X_{appa} + \Delta X_{manip} + \Delta X_m + \Delta X_{methode}$

TP N°2: CUVE RHEOGRAPHIQUE

I- But de la manipulation

Détermination expérimentale des équipotentiels et des lignes de champs.

II- Rappels théoriques

A chaque point $M(x, y, z)$ de l'espace au voisinage d'une charge q ou d'un conducteur (C) chargé, sont associés deux fonctions, l'une vectorielle : le champ électrique \vec{E} et l'autre scalaire: le potentiel électrique: V . Ces deux fonctions permettent de caractériser l'état électrique de l'espace considéré et sont reliées entre elles par la relation:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (1)$$

$d\vec{l}$: représente le vecteur déplacement élémentaire entre deux points M et M' très voisin l'un de l'autre.

dV : représente la variation du potentiel due à ce déplacement.

De la relation (1) on déduit le champ électrique:

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}(V) \quad (2)$$

En coordonnée cartésiennes on a:

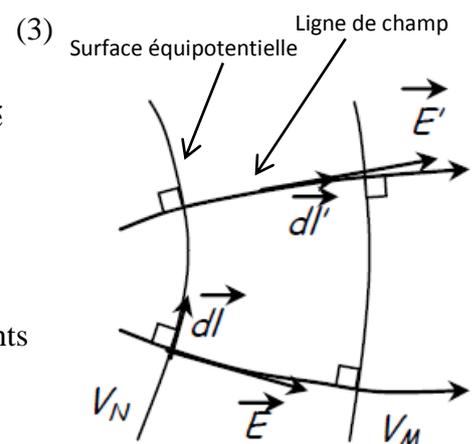
$$\vec{E} = \frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \quad (3)$$

On peut faire un repérage graphique des deux fonctions \vec{E} et V par le tracé des lignes de champs et des équipotentiels dans l'espace considéré.

➤ On appelle ligne de champ électrique la courbe à laquelle le vecteur champ électrique \vec{E} est tangent en chacun de ses points. Cette ligne est orientée dans le sens du champ électrique

➤ On appelle surface équipotentielle une surface sur laquelle tous les points sont au même potentiel.

Dans un espace à 2 dimensions cette surface est réduite à une ligne d'équipotentiel.



Propriétés traduisant graphiquement la relation entre \vec{E} et V

- Le potentiel V décroît le long d'une ligne de champ;
- Les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentiels;
- Les surfaces équipotentiels se resserrent là où le champ électrique \vec{E} est plus intense ;
- Les surfaces équipotentiels épousent la forme des conducteurs.

III- Principe

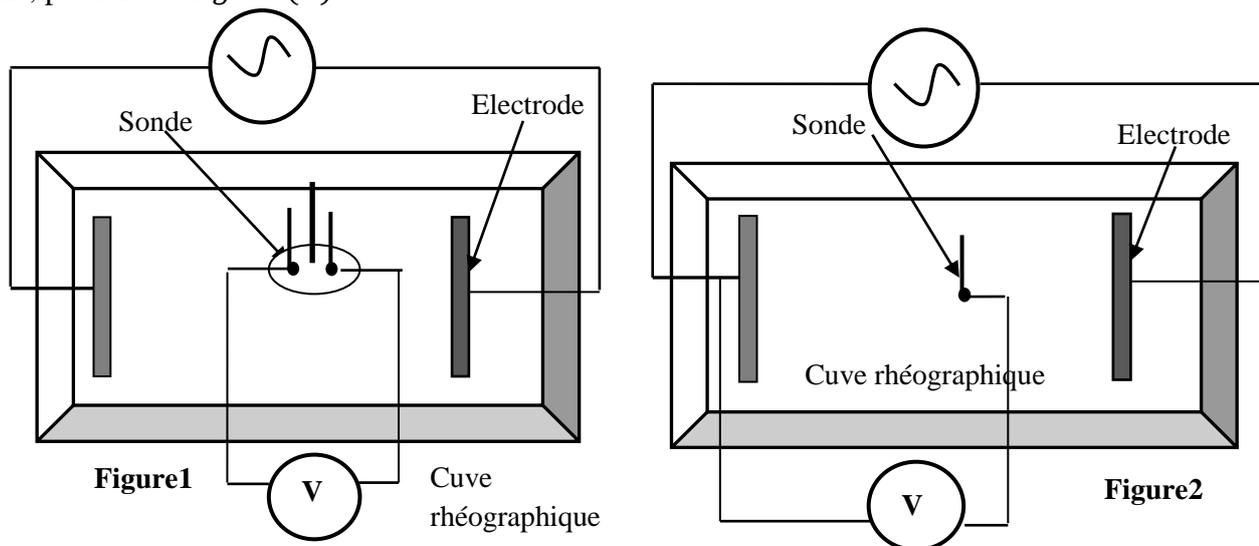
La cuve est constituée d'une cuve en matière isolante, remplie d'un liquide de grande résistance (de l'eau du robinet en l'occurrence), dans lequel on plonge les conducteurs (électrodes métalliques en inox de faible résistance); En reliant ces électrodes à une source de tension alternative (pour éviter une polarisation des électrodes) on fait circuler entre elles un courant électrique. Le potentiel en chaque point de la cuve peut facilement être déterminé expérimentalement par l'emploi d'une sonde et d'un voltmètre.

On peut repérer l'ensemble des points où le potentiel est le même en plaçant une feuille millimétrée convenablement. En reliant ces points on obtient le tracé de la carte des équipotentiels qui permettront de déduire les lignes de champ électrique pour la configuration choisie. Bien évidemment, **les électrodes constituent elles-mêmes des surfaces équipotentiels.**

IV- Matériels utilisés

Le dispositif expérimental est composé des éléments suivants:

- Une cuve rectangulaire remplie d'eau de robinet;
- deux conducteurs plans;
- Conducteur cylindrique;
- une alimentation alternative;
- un voltmètre;
- un système constitué d'une cuve en plastique
- Sonde électrique: c'est une électrode filiforme de petit diamètre, disposée perpendiculairement au fond de la cuve, elle permet de déterminer la répartition du potentiel. Dans ce TP nous utiliserons des sondes électriques à *1 fil* et à *2 fils*. Une sonde à 1 fil, pour déterminer les lignes équipotentielles; et une sonde à 2 fils, pour trouver $\overrightarrow{\text{grad}}(V)$.



V- Manipulation

A- Potentiel et champ produits par deux Electrodes planes

On va étudier la répartition des potentiels et champ électriques à l'intérieure d'un conducteur plan.

1- Emploi de la sonde à deux fils:

Réaliser le montage de **la figure 1** ci-dessus de la manière suivante:

- 1- Placer les deux électrodes planes, séparés à une distance $d = 30 \text{ cm}$, ensuite Branché les à un transformateur (220V~10V).
- 2- Connecter la sonde à deux fils au voltmètre.
- 3- Placer la sonde en un point à l'intérieure de la cuve et faire la tournée sur elle-même et observer la variation de la différence de potentiel (ddp) entre le M et M' des électrodes de la sonde et ce pour différentes orientation du vecteur $\overrightarrow{MM'}$.

Questions

- a- Que constatez-vous durant la rotation de la sonde à deux fils ?
- b- Est-ce que la variation de ΔV au cours de la rotation semble en accord avec la relation $dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$ en justifiant votre réponse.
- c- Dédire la direction des lignes de champs et les surfaces d'équipotentiels par rapport aux électrodes.

2- Emploi de la sonde à un fil:

Banché le voltmètre comme indiqué sur la **figure 2** entre une électrode qui aura le potentiel $V=0\text{v}$ et la sonde portée par le chariot.

Nous positionnons ensuite une feuille millimétrée afin de pouvoir faire les relevés de points.

Repérer la position des électrodes sur la feuille millimétrée. On prend l'axe des abscisses de la feuille coïncide avec le prolongement de l'électrode $V=0v$.

Questions

- Tracer sur la feuille millimétrée les lignes équipotentiels $V_1= 3v$, $V_2= 5v$ et $V_3=7v$.
- Pour un point M_1 situé sur l'équipotential $V_1= 3v$, déterminer la valeur du champ électrique.
- Relever le potentiel d'un point M_2 situé à mi-distance entre les équipotentiels $V_1= 3v$ et $V_2= 5v$. Calculer la valeur du champ électrique en ce point.
- Préciser le sens des lignes de champs.
- Si les électrodes planes sont remplacées par d'autres de forme cylindriques. Dire comment deviennent les lignes de champs et les équipotential entre les deux électrodes.

3- Etudes de la variation du potentiel:

Nous allons relever le potentiel sur une ligne médiane **perpendiculairement** aux électrodes planes.

x(cm)				
V (v)				

Questions

- Tracer le graphe de la variation du potentiel V en fonction de x , $V(x)$.
- Déduire de ce graphe la loi de variation du potentiel V en fonction de x .
- Déduire la loi de variation de champ électrique \vec{E} en fonction de x , que constatez-vous ?
- Si on diminue la distance entre les deux électrodes, le champ électrique va-t-il rester constant. Application $d' = d/2$.

B- Modification des équipotentiels en introduisant un conducteur entre les électrodes

1- Emploi de la sonde à deux fils:

Dans cette partie nous allons étudier la modification de forme des surfaces d'équipotentiels et les lignes de champ à cause de l'introduction d'un conducteur isolé entre les deux électrodes planes.

- Refaire le montage de la figure 1 et ajouter un conducteur au centre de la cuve.
- Prendre la sonde à deux fils et la placée en un point, A, à l'intérieur du conducteur et la faire tourner et observer la variation de la ddp.
- Refaire le même travail en un autre point A' situé à l'extérieur du conducteur isolé.

Questions

- La loi $dV = -\vec{E} \cdot \vec{dl}$ est-elle satisfaite ? Justifier votre réponse.
- Quelle est la valeur du champ à l'intérieur du conducteur. Expliqué.
- Comment peut-on considérer l'intérieur de ce conducteur.

2- Emploi de la sonde à un fil:

Dans ce qui ce suit on va tracer l'allure des équipotentiels en présence d'un conducteur isolé.

- Reprendre le montage de la figure 2 en lui ajoutant toujours un conducteur isolé au centre.
- Positionner une feuille millimétrée afin de pouvoir faire les relevés de points.
- Repérer la position des électrodes et du conducteur isolé sur la feuille millimétrée. On prend l'axe des abscisses de la feuille coïncide avec le prolongement de l'électrode $V=0v$.

Questions

- Tracer sur la feuille millimétrée les lignes équipotentiels $V_1= 3v$, $V_2= 5v$ et $V_3=7v$.
- Expliquer le changement de l'allure des équipotentiels.
- Les lignes de champs vont-elles changer d'allure aussi. Justifier votre réponse.
- Préciser le sens des lignes de champs.

TP N°3: MESURE DE RESISTANCE ET VERIFICATION DES LOIS DE KIRCHHOFF

I- But

- Vérification de loi d'ohm
- Mesure de la valeur d'une résistance inconnue.
- Vérification de la loi d'association des résistances.
- Vérification des lois de Kirchhoff (loi des mailles et loi des nœuds)

II-Théorie

1- Loi d'ohm

La tension U aux bornes d'un conducteur ohmique est égale au produit de sa résistance R par l'intensité I du courant qui le traverse.

$$U = R I$$

U: tension en volts I: intensité en ampères R: résistance en ohms.

2- Lois de Kirchhoff

a- Loi des mailles

La **loi des mailles** est utilisée dans le domaine électrique pour établir une relation mathématique concernant les tensions au sein d'une maille d'un circuit électrique.

« Dans une maille d'un réseau électrique, la somme des tensions le long de cette maille est toujours nulle ».

Selon le schéma la loi des mailles s'écrit:

$+V_1 + -V_2 + -V_3 + -V_4 = 0$, la formule peut aussi être présentée comme ceci:

$$V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0.$$

b- Loi des nœuds

On appelle nœud d'un réseau un point où "aboutissent" plus de deux conducteurs parcourus par un courant.

La loi des nœuds s'exprime comme suite : « la somme algébrique des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme algébrique des intensités des courants qui en sortent »

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$, avec I_1, \dots, I_4 sont les intensités de courants qui traversent chaque branche.

3- Association des résistances

a- Association de résistances en série

La résistance R équivalente à deux résistors en série se calcule aisément:

Les deux résistors sont traversés par le même courant d'intensité I

La loi d'Ohm appliquée à chacun des résistors donne

$$U_1 = R_1 I \quad U_2 = R_2 I$$

La tension U aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun:

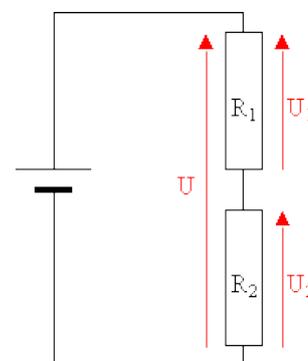
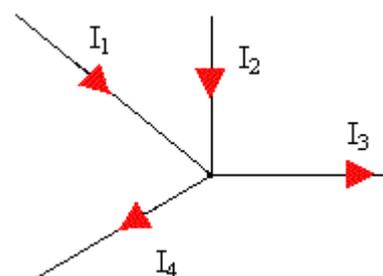
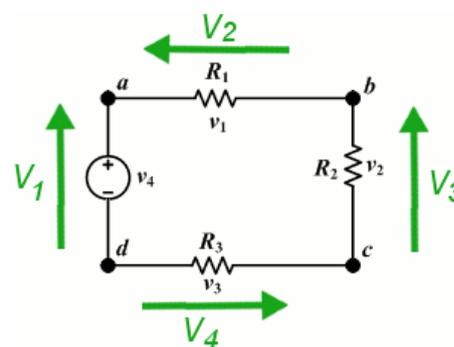
$$U = U_1 + U_2$$

$$U = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I$$

La résistance équivalente $R_{eq} = U/I$ vaut donc:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Cette relation peut se généraliser pour un nombre quelconque de résistors:



La résistance d'un ensemble de résistances en série est égale à la somme de leurs résistances. $R_{eq} = \sum R_i$

b- Association de résistances en parallèle (ou dérivation)

Calculons la résistance R équivalente à deux résistors en parallèle.

Les deux résistors sont soumis à la même tension $U = U_1 = U_2$

L'intensité du courant du générateur est égale à la somme des intensités des courants circulant dans les résistors:

$$I = I_1 + I_2$$

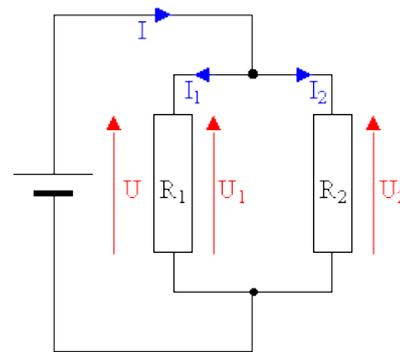
La loi d'Ohm appliquée à chacun des résistors donne

$$U_1 = R_1 I_1 \quad U_2 = R_2 I_2$$

On peut en déduire la conductance équivalente $1/R$

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2$$

Cette relation peut se généraliser pour un nombre quelconque de résistances $1/R_{eq} = \sum 1/R_i$



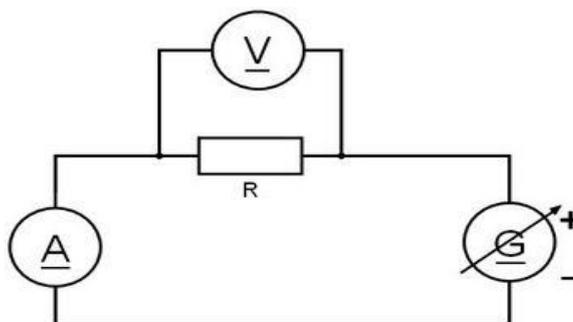
III- Matériels utilisés

01 Ampère mètre à égaille, 01 Volt mètre à égaille, Un générateur de tension continue, une maquette, des fils de connexion.

IV- Manipulation

1- Loi d'ohm

- Réaliser le montage ci-contre
- Varier la tension du générateur U et mesurer la tension U_R aux bornes de la résistance ainsi que le courant I qui la traverse. Remplir le tableau suivant (les valeurs de U sont affichées sur la palliasse au laboratoire).



U_{R1}	Cal. (V)				
	U_{R1} (V)				
I_{R1}	Cal. (mA)				
	I_{R1} (mA)				

N.B. l'erreur sur la lecture est pris $1/4$ de division.

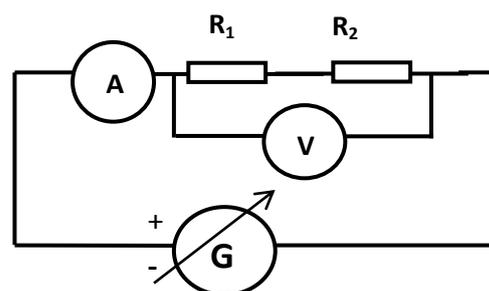
Question

- 1- Tracer $U_{R1} = f(I_{R1})$ et déterminer la valeur de la résistance R_{gr} .
- 2- Donner d'autre méthode pour mesurer la valeur d'une résistance.

2- Loi d'association des résistances

a- Association en série

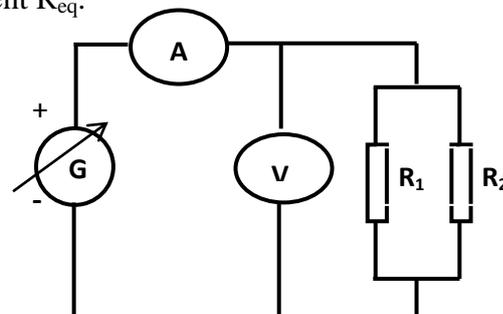
- Réaliser le montage ci-contre avec $R_2 = \dots \Omega$
- Fixer la tension du générateur à $U = \dots V$
- Mesurer l'intensité du courant qui traverse le circuit I_R et la différence de potentiel U_R entre les deux résistances.



U	tension		courant	
	U _R (V)	Cal. (V)	I _R (mA)	Cal. (mA)
-				

Questions

- a- Calculer la valeur de la résistance équivalente théoriquement R_{eqth}.
- b- Calculer la valeur de la résistance équivalente expérimentalement R_{eq}.
- c- La loi d'association est-elle vérifiée.



b- Association en parallèle

- Réaliser le montage ci-contre R₂ = ...Ω
- Fixer la tension du générateur à U = ...V
- Mesurer l'intensité du courant qui traverse le circuit I_R et la différence de potentiel U_R entre les deux résistances.

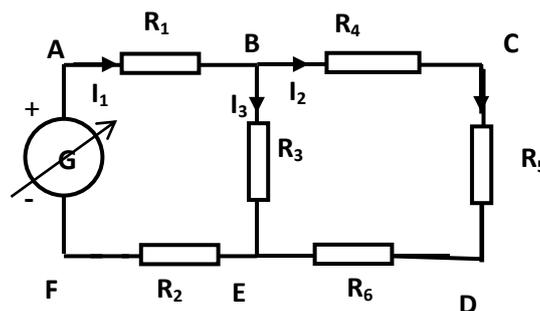
R ₁ avec R ₂				
U	Tension		Courant	
	U _R (V)	Cal. (V)	I _R (mA)	Cal. (mA)
-				

Questions

- a- Trouver la valeur de la résistance équivalente théorique R'_{eqth}.
- b- Calculer la valeur de la résistance équivalente pratique R'_{eq}.
- c- La loi d'association est-elle vérifiée.

3- Vérification des lois de Kirchhoff

- Réaliser le montage ci-contre
- Fixer la tension du générateur à U = ...V.
- Mesurer la tension aux bornes de chaque résistance par un voltmètre et reporter ces valeurs dans le tableau 1.
- Mesurer les courants par un ampèremètre et reporter ces valeurs dans le tableau 2.



a- Loi des mailles

Branche	U _{AB}	U _{BC}	U _{CD}	U _{DE}	U _{EF}	U _{BE}
Cal. (V)						
U (V)						

Questions

- Calculer théoriquement la différence de potentiel de chaque branche.
- Calculer U_{AB}+ U_{BE}+ U_{EF}, U_{AB}+ U_{BC}+ U_{CD}+U_{DE}+U_{EF} et U_{BC}+ U_{CD}+ U_{DE}. Commenter les résultats.
- Comparer les tensions calculées et les tensions mesurées et justifier les éventuels écarts constatés.

b- Loi des nœuds

Courant	I₁ (mA)	Cal. (mA)	I₂ (mA)	Cal. (mA)	I₃ (mA)	Cal. (mA)
Valeur						

Questions

- Calculer théoriquement l'intensité du courant électrique qui traverse chaque résistance.
- Calculer $I_2 + I_3$ et comparer le résultat avec la valeur de I_1 . Commenter les résultats
- Comparer les intensités des courants calculer avec ceux mesurées et justifier les éventuelles écarts constatés.

TP N°4: ETUDE DE LA CHARGE ET DE LA DEGARGE D'UN CONDENSATEUR, LOI D'ASSOCIATION DES CONDENSATEURS, ET MESURE DE DEPHASAGE.

I- BUT

- Etude de la charge et la décharge d'un condensateur et visualisation de la variation de la différence de potentiel entre les bornes du condensateur en fonction du temps sur un oscilloscope.
- Mesure de temps de charge et de décharge avec un oscilloscope.
- Vérification des lois d'association des condensateurs.
- Mesure de déphasage entre deux signaux sinusoïdaux avec l'oscilloscope.

II- THEORIE: On suppose que le générateur de tension d'entrée E est parfait (résistance interne nulle):

1- **Charge de C à travers R:** on place l'interrupteur sur la position 1(Figure 1). On suppose qu'à l'instant initial (t = 0s) le condensateur n'est pas chargé (U_C (t = 0) = 0V). A l'instant t, on a:

$$U_R + U_C = E$$

U_R la tension aux bornes de la résistance, elle est donnée: $U_R = R.I = R. dq/dt$. U_C la tension aux bornes du condensateur donnée par: $U_C = q/C$. Donc, on obtient:

$$R.dq/dt + q(t)/C = E$$

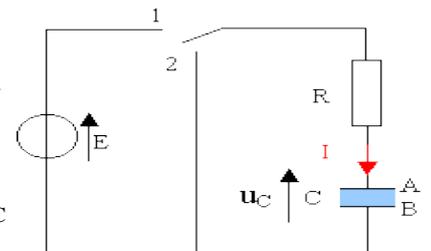


Figure 1.

c'est une équation différentielle du 1^{er} ordre avec second membre. En tenant compte de la condition initiale, sa solution générale est:

$q(t) = E.C(1 - e^{-t/RC})$, donc, la tension aux bornes du condensateur est donnée par: $U_C = q/C = E(1 - e^{-t/RC})$. L'allure de U_C en fonction du temps est représentée sur la figure 2.

Notons que le produit $RC = \tau$ est un temps appelé constante de temps du circuit.

Remarque: On admet généralement qu'au bout de 5τ , le condensateur est chargé.

2. **Décharge de C à travers R:** On place l'interrupteur sur la position 2 (Figure 1). A t = 0s, le condensateur est supposé complètement chargé (U_C(t = 0) = E). Dans l'équation différentielle précédente, le second membre est nul (E = 0). La solution de l'équation sera donnée cette fois par:

$U_C(t) = E.e^{-t/RC}$. L'allure de U_C en fonction du temps est représentée sur la figure 3.

3. Détermination graphique du temps de circuit:

- **Cas de la charge :** Le temps de charge est déterminé par la projection sur l'axe du temps le point d'intersection de l'asymptotique U_C = E et la tangente en t = 0s, ou, à la date t = τ, la tension u_C aux bornes du condensateur vaut 63 % de sa valeur maximale.

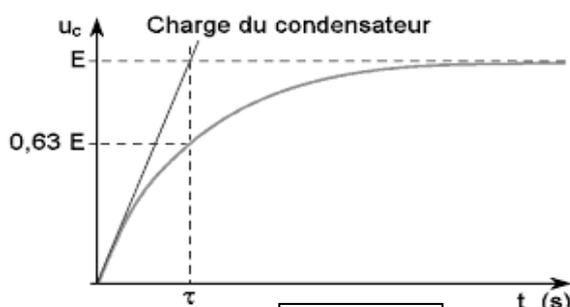


Figure 2.

- **Cas de la décharge :** Le temps de décharge est déterminé par la projection sur l'axe du temps le point d'intersection de l'asymptotique U_C = 0 et la tangente en t = 0, ou, à la date t = τ, la tension u_C aux bornes du condensateur vaut 37 % de sa valeur maximale.

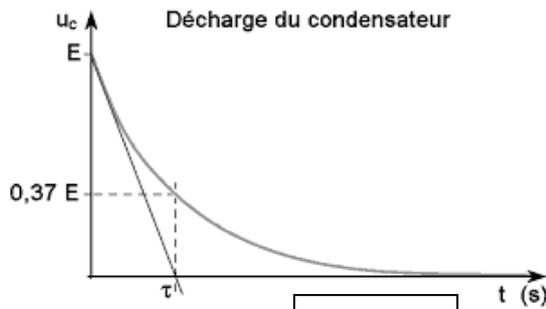


Figure 3.

4. Association des condensateurs:

a. Association en série:

Soit n condensateurs de capacité $C_1, C_2 \dots C_n$, associés en série. La capacité du condensateur équivalente de cette association est donnée par la relation:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

b. Association en parallèle:

Soit n condensateurs de capacité $C_1, C_2 \dots C_n$, associés en parallèle. La capacité du condensateur équivalente de cette association est donnée par la relation:

$$C'_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Remarque: Si $C_1 = C_2 = \dots = C_n \rightarrow$ On trouve $C_{eq} = \frac{C_1}{n}$ et $C'_{eq} = nC_1$

c. Energie d'un condensateur : l'énergie électrique emmagasinée entre les deux armatures d'un condensateur est donnée par: $E_p = \frac{1}{2}QU_c = \frac{1}{2}CU_c^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$, avec Q la charge totale du condensateur, U_c la différence de potentiel entre les armatures du condensateur et C la capacité du condensateur.

III- EQUIPEMENT UTILISÉ

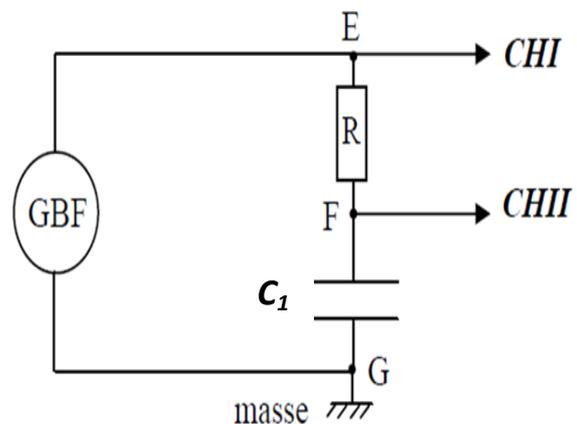
Le dispositif expérimental se compose de:

01 Bank d'essai, 01 Oscilloscope, 01 Générateur basse fréquence, 03 Résistances ; 03 Condensateur et fils de connexion.

IV- Manipulation:

1. Charge et décharge d'un condensateur

- Réalisé le montage ci-contre.
- Sur le GBF, choisir un signal carré.
- Sur le canal 1 de l'oscilloscope, Fixer l'amplitude du générateur à 6V crête à crête et la fréquence du signal à 200 Hz.
- Passer au canal 2 pour visualiser le signal aux bornes du condensateur U_c . Régler la base du temps pour visualiser soit la partie charge ou la décharge du condensateur (il faut avoir sur l'écran de l'oscilloscope une demi-période sur signal du générateur).
- Relever la variation de U_c en fonction du temps pour la charge ensuite pour le cas de la décharge (le tableau des valeurs est sur la paillasse du laboratoire).



Questions

- 1) Sur une feuille millimétrée, tracer la courbe de la charge et de la décharge. Utiliser le même repère.

- 2) Déterminer le temps de charge et de décharge par deux différentes méthodes. Les valeurs obtenues sont-ils en accord ? Justifier les écarts.
- 3) Calculer la valeur de la résistance R.
- 4) Que représente le point d'intersection de la courbe de charge et de décharge ? déduire la valeur de U_C en ce point.
- 5) Peut-on dire que le condensateur est chargé après un temps de 5τ ? justifier. Quelle est la valeur de U_C dans ce cas.
- 6) On considère la charge est complète, quelle est la valeur de l'intensité de courant qui traverse la résistance R ? expliquer ?
- 7) Calculer l'énergie emmagasinée dans le condensateur après la charge.

2. Vérification de la loi d'association des condensateurs

a- Montage en Série

- Reprendre le montage même montage et ajouter un condensateur C_2 en série avec le condensateur précédent.
- Relever la variation de U_C en fonction du temps pour la charge ensuite pour le cas de la décharge (le tableau des valeurs est sur la paillasse du laboratoire).

Questions

- 1) Tracer la courbe de la charge et de la décharge C_S sur le même repère sur une feuille millimétrique.
- 2) Que peut-on dire des deux charges des deux condensateurs C_S et C_1 . Expliquer.
- 3) Déterminer le temps de charge et de décharge par deux différentes méthodes. Les valeurs obtenues sont-ils en accord ? Justifier les écarts.
- 4) Trouver la valeur du condensateur équivalent. Est-elle en accord avec la valeur théorique. Justifier.
- 5) Calculer la valeur de l'énergie emmagasinée dans le condensateur équivalent. Comparer cette valeur avec celle de la première partie. Discuter.

b- Montage en parallèle

- Reprendre le même montage.
- Changer la résistance R_1 par la résistance R_2 , et ajouter le condensateur C_2 en parallèle avec le condensateur C_1 .
- Relever la variation de U_C en fonction du temps pour la charge ensuite pour le cas de la décharge (le tableau des valeurs est sur la paillasse du laboratoire).

Questions

- 1) Tracer la courbe de la charge et de la décharge du condensateur C_P sur le même repère sur une feuille millimétrée.
- 2) Que peut-on dire des deux charges des deux condensateurs C_P et C_1 . Expliquer.
- 3) Déterminer le temps de charge et de décharge par deux différentes méthodes. Les valeurs obtenues sont-ils en accord ? Justifier les écarts.
- 4) Trouver la valeur du condensateur équivalent. Est-elle en accord avec la valeur théorique. Justifier.
- 5) Calculer la valeur de l'énergie emmagasinée dans le condensateur équivalent. Comparer cette valeur avec celle de la première partie. Discuter.

V- Mesure de déphasage:

Le déphasage entre deux grandeurs sinusoïdales de même fréquence est l'angle qui sépare ces deux grandeurs. C'est une grandeur physique représentée par la lettre φ (phi) et qui s'exprime en radians.

Remarque: lors des constructions vectorielles, il est fréquent d'exprimer le déphasage en degrés ($^\circ$).

1^{ère} Méthode

Soit deux signaux $U_g(t)$ et $U_C(t)$ d'équations:

$$U_g(t) = a_1 \sin(\omega t + \phi_1)$$

$$U_C(t) = a_2 \sin(\omega t + \phi_2)$$

Le déphasage est donné par

$$\phi = |\phi_1 - \phi_2| = 2\pi \times (d / T), \phi \text{ s'exprimé en radiant.}$$

$$\phi = |\phi_1 - \phi_2| = 360 \times (d / T), \phi \text{ s'exprimé en degrés.}$$

d: intervalle de temps correspondant au décalage des deux signaux.

2^{ème} méthode

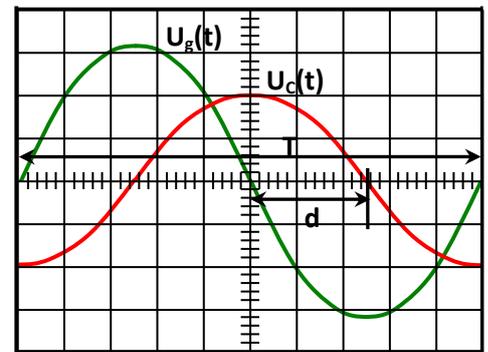
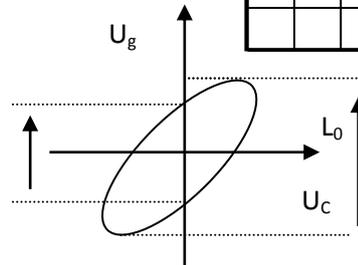
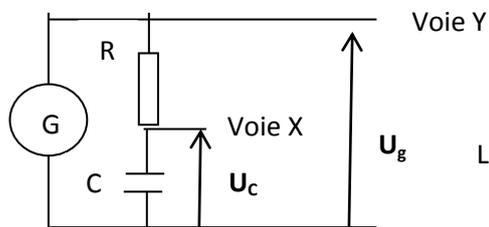


Figure.4

a. Principe

La méthode de Lissajous consiste à appliquer les tensions U_C et U_g respectivement sur les voies Y1 et Y2. La touche de fonction (X - Y) de l'oscilloscope est actionnée. La tension U_C est alors appliquée au balayage de x tandis que U_g est appliquée au balayage de y :

$$x = V_2 \cos(\omega t) \quad y = V_1 \cos(\omega t + \Delta\phi)$$

Le spot va alors décrire sur l'écran une ellipse (figure 4) inscrite dans un rectangle de côtés $(2 U_g, 2 U_C)$

$$L'équation \text{ de cette ellipse est : } x^2 / U_C^2 + y^2 / U_g^2 - 2 xy U_g U_C \cos \Delta\phi = \sin^2 \Delta\phi$$

$$\text{La valeur du déphasage est donnée par : } \sin \Delta\phi = L / L_0 = 2U_C / 2 U_g.$$

Cas particulier:

- Si les sommets sont dans les quadrants 1 et 3 le déphasage est : $0 < \Delta\phi < \pi/2$.
- Si les sommets sont dans les quadrants 2 et 4 le déphasage est : $\pi/2 < \Delta\phi < \pi$.
- L'ellipse est réduite en un trait incliné si : $\Delta\phi = 0$ ou $\Delta\phi = \pi$.
- L'ellipse a ses axes confondus avec ceux de l'écran de l'oscilloscope si $\Delta\phi = \pi/2$. Et si les amplitudes des deux tensions sont égales, l'ellipse devient alors un cercle.

b. Manipulation:

- Utiliser le même montage de la partie IV-a avec le générateur en mode signal sinusoïdale. Régler $U_{gm} = 3v$.
- Fixer la fréquence du générateur à 200Hz.
- Relever les valeurs de la période des signaux T et du temps décalage, d, entre des deux signaux. Pour le cas de la méthode de Lissajous, mettre la la base du temps sur la position XY, ensuite mesurer les valeurs de L_0 et L. Il est nécessaire de fixer le spot au centre de l'écran avant d'effectuer la mesure.

R(Ω)	C(μF)	T(ms)	d(ms)	$\Delta\phi_1$ (°)	L_0 (cm)	L(cm)	$\Delta\phi_2$ (°)
R ₁	C ₁						
R ₁	C ₁ //C ₂						
R ₁	C ₁ série C ₂						

Questions

- 1- Commenter $\Delta\phi_1$ et $\Delta\phi_2$, puis justifier les écarts éventuels.
- 2- Comment varie de déphasage en fonction de la capacité et de la fréquence.
- 3- Donner une autre méthode de mesure de déphasage dépendant uniquement de la distance séparant les deux signaux.

TP N°5: CIRCUIT RC ET RL ET VERIFICATION DE LA LOI D'ASSOCIATION DES IMPEDANCES

I. But du TP

- 1- Mesure des inductances et des capacités.
- 2- Vérification la loi d'association des inductances et des capacités.

II. THEORIE

1- Impédance

En régime sinusoïdal, le rapport U/I s'appelle impédance et se note Z et s'exprime en Ω . Remarque : en régime continu, le rapport précédent s'appelle résistance : $R = U/I$.

En régime sinusoïdal, on a pour :

- un conducteur ohmique de résistance R : $Z_R = R$,
- un condensateur de capacité C : $Z_C = 1/C\omega$,
- une bobine idéale d'inductance L : $Z_L = L\omega$.

Pour le cas une bobine réelle $Z_L = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$ avec r la résistance de fil de la bobine.



2- Association des impédances

a. En série

Lorsque divers éléments d'un circuit sont branchés en série, comme à la figure.1, l'impédance équivalente de la combinaison d'éléments est égale à la somme des impédances de chaque élément.

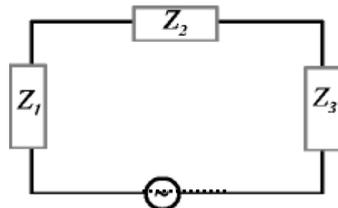


Figure 1.

En effet, nous avons par définition de Z_{eq} :

$$Z_{eq} = \frac{v}{I},$$

où v est la tension aux bornes de la combinaison d'éléments qui s'obtient en ajoutant les tensions de chaque élément:

$$\begin{aligned} Z_{eq} &= \frac{v_1 + v_2 + v_3}{I} = \frac{v_1}{I} + \frac{v_2}{I} + \frac{v_3}{I} + \dots + \frac{v_n}{I} \\ &= Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n. \end{aligned}$$

Par conséquent, pour une combinaison de n éléments en série, nous avons bien :

$$Z_{eq} = \sum_{i=1}^n Z_i$$

b. En parallèle

Lorsque divers éléments d'un circuit sont branchés en parallèle, comme à la figure2, l'impédance équivalente de la combinaison d'éléments est l'inverse de la somme des inverses de l'impédance de chaque élément.

En effet, nous avons par définition de Z_{eq} :

$$Z_{eq} = \frac{v}{I}$$

où v la tension aux bornes de chacun des éléments, qui est la même et qui est celle de la source ; \hat{i} est le courant débité par la source, qui est la somme instantanée de chacun des courants passant respectivement par Z_1, Z_2 et Z_3 (loi des nœuds). Dès lors :

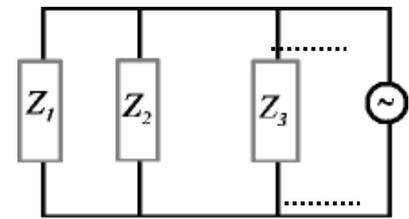


Figure 2.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

et

$$\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{I_1}{v} + \frac{I_2}{v} + \frac{I_3}{v} + \dots + \frac{I_n}{v} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots + \frac{1}{Z_n}$$

Par conséquent, pour une combinaison de n impédances en parallèle, nous avons bien :

$$\frac{1}{Z_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}$$

Cas particulier

1- Si tous les composants sont **des bobines de résistance r et d'inductance L** :

Cas de montage en série : $Z_{eq} = \sum_{i=1}^n Z_i = \sqrt{r_{eq}^2 + (L\omega)^2}$ avec $r_{eq} = n.r$ et $L_{eq} = n.L$

Cas de montage en série : $1/Z_{eq} = \sum_{i=1}^n 1/Z_i = 1/\sqrt{r_{eq}^2 + (L\omega)^2}$ avec $r_{eq} = r/n$ et $L_{eq} = L/n$.

2- Si tous les composants sont **des condensateurs de capacité C** :

Cas de montage en série : $Z_{eq} = \sum_{i=1}^n Z_i = \frac{1}{C_{eq}\omega}$ avec $C_{eq} = \frac{C}{n}$

Cas de montage en parallèle : $Z_{eq} = \sum_{i=1}^n Z_i = \frac{1}{C_{eq}\omega}$ avec $C_{eq} = n.C$

III. EQUIPEMENT UTILISÉ

Le dispositif expérimental se compose de:

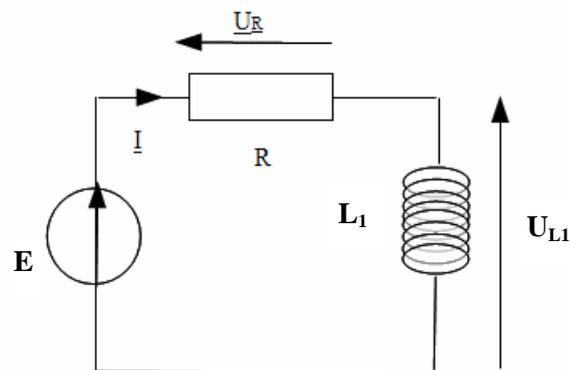
- 01 Générateur stabilisé de tension continue, 01 Générateur à bas fréquences (GBF), 02 résistances, 02 Capacités, 02 inductances ; 01 Voltmètre à aiguille et fils de connexion.

IV. Manipulation

1- **Cas du circuit RL**

a. Mesure de la résistance de la bobine

- Réaliser le montage ci-contre. $R=1K\Omega$
- Fixer la tension du générateur de tension continue à $E= 5V$
- A l'aide du voltmètre mesurer la tension U_R et U_{L1} .



Générateur		Résistance		Bobine	
E(V)	Cal (V)	UR(V)	Cal (V)	UL1(V)	Cal (V)

N.B. En considère l'erreur de lecture un quart de graduation.

Questions

- 1- Déterminer la valeur de la résistance interne r de la bobine.
- 2- Calculer les erreurs.
- 3- Calculer U_R+U_L . Commenter.

b. Mesure de l'inductance de la bobine

- En gardant le même montage et changer le générateur de tension continue par une tension sinusoïdale.
- Fixer la tension à vide à $E = \dots V$
- Varier la fréquence du signal et mesurer U_R et U_L pour chaque fréquence.

	Générateur		Résistance		Bobine				
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U_R (V)	Cal (V)	U_{L1} (V)	Cal (V)	I(A)	Z_{L1} (Ω)	Z (Ω)

Questions

- 1- Tracer $Z^2 = f(\omega^2)$
- 2- Déterminer la valeur de l'inductance L_{gra} et de la résistance interne de l'inductance r' .
- 3- Comparer la valeur de r et de r' . Justifier les écarts.
- 4- Comparer Z et Z_{L1} . Commenter.
- 5- Pour des grandes valeurs de fréquence ($L\omega \gg (R+r)$), que devienne l'expression de Z .

c. Association des bobines

c1. Association en série

Ajouter une bobine (r_2, L_2) en série avec la bobine du circuit précédent

- Avec un générateur de tension continues :
Mesurer U_R et U_{LS} pour la tension continue $E = \dots V$.
- Avec un générateur de tensions sinusoïdales :
Mesurer U_R et U_{LS} pour la tension à vide du générateur $E = \dots V$ et d'une fréquence $f = \dots \text{hz}$.

	Générateur		Résistance		Bobine	
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U_R (V)	Cal (V)	U_{LS} (V)	Cal (V)
Continue						
f=						

Questions

- 1- Déterminer la résistance interne équivalente r_s et l'inductance L_s théoriquement.
- 2- Déterminer la valeur de l'inductance L'_s et de la résistance interne r'_s .
- 3- Est-ce que la loi d'association des inductances est vérifiée.

c2. Association en parallèle

- Avec un générateur de tension continues :
Mesurer U_R et U_{LP} pour la tension continue $E = \dots V$.
- Avec un générateur de tensions sinusoïdales :
Mesurer U_R et U_{LP} pour la tension à vide du générateur $E = \dots V$ et d'une fréquence $f = \dots \text{hz}$.

	Générateur		Résistance		Bobine	
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U _R (V)	Cal (V)	U _{LP} (V)	Cal (V)
Continue						
f=						

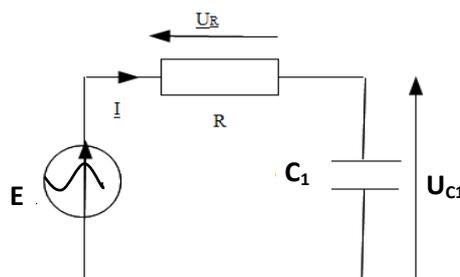
Questions

- Déterminer la résistance interne équivalente r_p et l'inductance L_p théoriquement.
- Déterminer la valeur de l'inductance L'_p et de la résistance interne r'_p .
- Est-ce que la loi d'association des inductances est vérifiée.

2- -Cas du circuit RC

a. Mesure de la capacité d'un condensateur

- En garder le même montage et changer en remplaçant la bobine par un condensateur.
- Fixer la tension à vide du générateur sinusoïdale à $U = \dots V$
- Varié la fréquence du signal et mesurer U_R et U_{C1} pour chaque fréquence.



	Générateur		Résistance		Condensateur				
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U _R (V)	Cal (V)	U _{C1} (V)	Cal (V)	I(A)	Z _{C1} (Ω)	Z (Ω)

Questions

- Tracer $Z_{C1} = f(1/\omega)$
- Déterminer la valeur de la capacité C_{gra} .
- Comparer Z et Z_{C1} . Commenter.
- Pour des petits valeurs de fréquence ($1/C\omega \gg R$), que devienne l'expression de Z ?

b. Association des condensateurs

b1. Association en série

Ajouter un condensateur en série avec le condensateur du circuit précédent.

Fixer la tension du générateur sinusoïdale à vide à $U = \dots V$

- Mesurer U_R et U_{Cs} pour la fréquence $f = \dots \text{hz}$.

	Générateur		Résistance		Condensateur	
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U _R (V)	Cal (V)	U _{Cs} (V)	Cal (V)
f=						

Questions

- Déterminer la valeur de la capacité C_s théorique.
- Déterminer la valeur de la capacité C'_s expérimentale.
- Est-ce que la loi d'association des condensateurs est vérifiée ?

b2. Association en parallèle

Ajouter un condensateur en parallèle avec le condensateur du circuit précédent.

- Fixer la tension à vide à $U = \dots V$
- Mesurer U_R et U_{C_p} pour la fréquence $f = \dots \text{hz}$.

	Générateur		Résistance		Bobine	
f(Hz)	E(V)	Cal (V)	U_R (V)	Cal (V)	U_{C_p} (V)	Cal (V)
f=						

Questions

- 1- Déterminer la valeur de la capacité C_p théorique.
- 2- Déterminer la valeur de la capacité C'_p expérimentale.
- 3- Est -ce que la loi d'association des condensateurs est vérifiée ?