

## ***TP :3 MESURE DE CAPACITE***

### ***I. Complément théorique :***

#### ***I.1) Modélisation d'un condensateur réel***

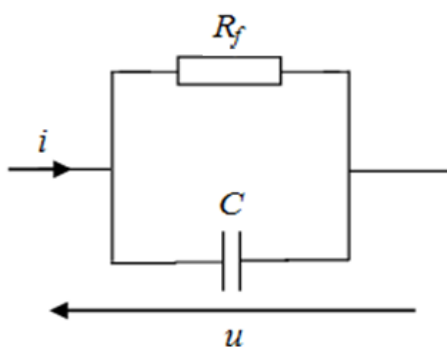
Le Condensateur est un composant électronique élémentaire, constitué de deux armatures conductrices (appelées « électrodes ») séparées par un isolant polarisable (ou « diélectrique »). Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé capacité électrique et est exprimée en Farads.

Un condensateur se modélise de façon plus ou moins réaliste. En première approximation, on décrit les caractéristiques essentielles du composant : la valeur de la capacité; la résistance série ;la résistance parallèle. En faisant une modélisation plus sophistiquée, on accède à des caractéristiques plus fines.

#### **➤ *Modèle parallèle d'un condensateur***

On observe, en pratique, qu'un condensateur chargé se décharge lentement (baisse de la tension à ses bornes). Ce phénomène de décharge est dû au faible courant de fuite qui traverse le diélectrique placé entre les deux armatures conductrices du condensateur.

Ce fait ne peut être expliqué en utilisant le modèle d'un condensateur parfait caractérisé par sa seule capacité. On modélise donc un condensateur réel par la mise en parallèle d'une capacité  $C$  et d'une résistance de grande valeur  $R_f$ . Le courant qui circule dans la résistance modélise le phénomène de décharge du condensateur (figure 1).



*Figure 1 . Modèle parallèle*

#### **➤ *Modèle série d'un condensateur***

Il est constitué de l'association en série de la capacité  $C$  du condensateur en série avec une résistance  $R_s$  matérialisant les pertes par effet joule produites par le passage du courant dans le diélectrique placé entre les armatures (figure 2).

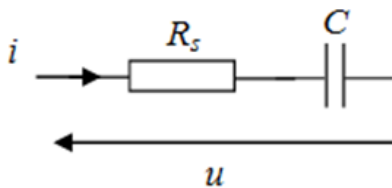


Figure 2. Modèle série

- Représentation vectorielle

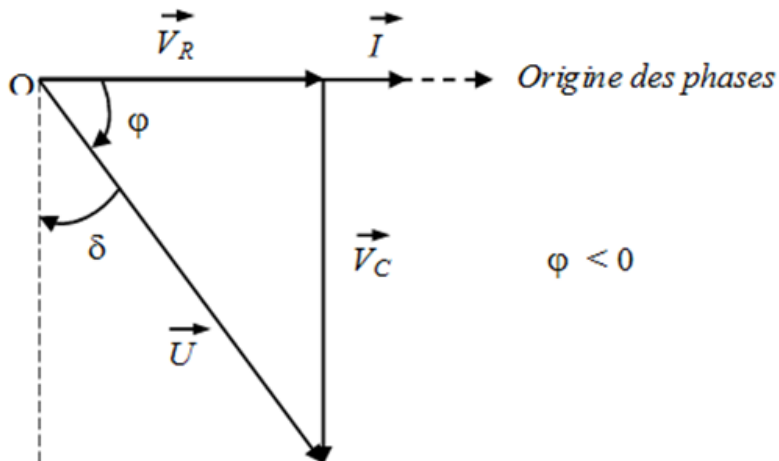


Figure 3. Diagramme de Fresnel pour le modèle série d'un dipôle capacitif

L'angle  $\delta$ , tel que :  $\varphi = (90^\circ - \delta)$ , est appelé angle de pertes, il informe sur la qualité du diélectrique.

- Impédance complexe :

$$\underline{Z} = R_s + \frac{1}{j \cdot C \cdot \omega} = Z \cdot e^{j \cdot \varphi}$$

- Module et argument (déphasage) :

$$Z = \sqrt{R_s^2 + \left(\frac{1}{C \cdot \omega}\right)^2} \quad \varphi = -\arctan\left(\frac{1}{R_s \cdot C \cdot \omega}\right)$$

Le courant est en avance sur la tension d'où un angle de déphasage négatif. La résistance  $R_s$  étant très faible, et donc l'angle de fuite également, le condensateur est fortement capacitif, l'angle de déphasage est très proche de  $-90^\circ$  (quadrature avant). Les modèles présentés ci-dessus ne sont que des exemples parmi les plus courants, ils permettent d'expliquer les principaux phénomènes. Des situations particulières nécessitant une plus grande précision des résultats, peuvent supposer l'utilisation de modèles plus élaborés.

## I.2) Mesure directe

### 1- Mesures de la capacité par capacimètre

#### ➤ Principe du capacimètre

L'appareil fait circuler un courant de faible intensité  $I$  (de l'ordre du mA,  $\mu A$  ou du nA) dans le condensateur à travers une résistance de charge. La tension du condensateur augmente avec le temps  $t$ . Le temps nécessaire pour atteindre une certaine tension, est lié aux valeurs de la résistance et la capacité  $C$ .

### 1.1) *capacimètre numérique*

L'incertitude absolue (la précision) des appareils numériques est généralement sous la forme suivante :  $\Delta C_x = \dots\% \text{ de la lecture} + \dots \text{digit}$  (digit : résolution de l'appareil).

### 1.3) *Méthode indirecte*

#### 1- Mesure de la capacité par la méthode Volt-Ampèremétrique

Cette méthode ne permet que de déterminer l'impédance d'un condensateur en basses fréquence et la valeur de sa capacité. L'angle de perte, très faible aux fréquences industrielles, ne peut être mesuré, par conséquent elle ne nécessite qu'une seule mesure en alternatif. Aussi la résistance parallèle très grande est négligée. Cette méthode n'est pas applicable aux condensateurs polarisés.

#### ➤ Montage utilisé

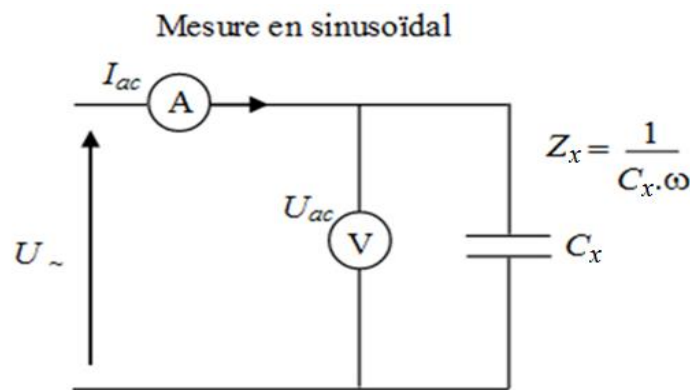


Figure 4. *Mesure de l'impédance d'un condensateur en BF*

Les différents paramètres sont déterminés par les relations suivantes:

– *Impédance réelle* 
$$Z_x = \frac{U_{ac}}{I_{ac}} = \frac{1}{C_x \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

– *Capacité* 
$$C_x = \frac{I_{ac}}{U_{ac} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

Les valeurs mesurées  $U_{ac}$  et  $I_{ac}$  sont des valeurs efficaces.  $f$  est la fréquence de l'alimentation  $U$ .

#### • *Incertitude relative totale sur le résultat de la mesure*

Puisque on va utiliser que les appareils numériques, donc on va avoir seulement des incertitudes dues à l'instrument de mesure.

$$\delta C_x = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{\Delta U_{ac}}{U_{ac}} + \frac{\Delta I_{ac}}{I_{ac}} + \frac{\Delta f}{f}$$

#### 2- mesure de la capacité par la méthode Volt-métrique (méthode des trois voltmètres)

Cette méthode consiste à comparer l'impédance du condensateur, dont on désire déterminer la capacité, à une résistance étalon  $R_e$  parfaitement connue, en faisant trois mesures de tension. Le condensateur et la

résistance sont mises en série puis alimentés sous tension sinusoïdale, les valeurs efficaces des tensions  $U$ ,  $U_{Re}$ ,  $U_C$  sont mesurées à l'aide de trois voltmètres (figure 5).

➤ Montage utilisé

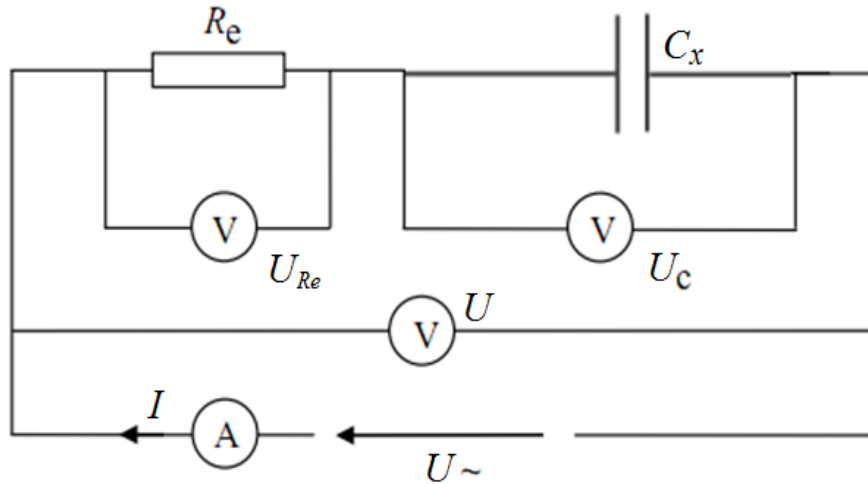


Figure 5. Schéma de principe pour la méthode des trois voltmètres

➤ *Détermination de la capacité du condensateur*

Nous savons que  $U_C = \frac{I}{C_x \omega}$  et que  $I = \frac{U_{Re}}{R_e}$ . En remplaçant  $I$  par sa valeur, on obtient

$$U_C = \frac{\frac{U_{Re}}{R_e}}{C_x \omega} \Rightarrow C_x = \frac{1}{R_e \omega} \frac{U_{Re}}{U_C} \Rightarrow C_x = \frac{1}{2\pi f R_e} \frac{U_{Re}}{U_C}$$

• *Incertitude relative totale sur le résultat de la mesure*

Puisqu'on utilise que les appareils numériques, donc on a seulement des incertitudes dues à l'instrument de mesure.

$$\delta C_x = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{\Delta U_{Re}}{U_{Re}} + \frac{\Delta U_C}{U_C} + \frac{\Delta R_e}{R_e} + \frac{\Delta f}{f}$$

<i>Nom et Prénoms</i>			<i>Groupe</i>	<i>Note</i>
<i>Nom et Prénoms</i>				
<i>Date:</i> ..... <i>Horaire:</i> ..... <i>Lab. N°</i> .....				

### **TP :3 MESURE DE CAPACITE**

#### **II. Objectifs :**

I.1) Mesure de la capacité d'un condensateur à l'aide de différentes méthodes, directe et indirecte :

1. Mesure directe :

- Mesure de la capacité par capacimètre

2. Mesure indirecte :

- mesure de la capacité par la méthode Volt-Ampèremétrique.
- mesure de la capacité par la méthode Volt-métrique (méthode des trois voltmètres).

I.2) Calcul de l'incertitude relative pour chacune des méthodes

**III. Matériel utilisé :** Pour la manipulation de ce **TP**, le matériel est le suivant :

- Une Alimentation stabilisée.
- Deux multimètres numériques.
- Câbles de connexion.
- Condensateur ( $C_x = 4,7 \mu\text{F}$ ).
- Résistance ( $R_e = 1 \text{ k}\Omega$ ).

#### **IV. Etude expérimentale**

##### **1) Mesure directe (Mesure de la capacité par capacimètre)**

- Ajuster le calibre du capacimètre numérique à  $20\mu\text{F}$
- Mesurer la capacité  $C_x$  avec le capacimètre numérique
- Calculer et compléter le tableau suivant :
- Caractéristiques de la mesure par le capacimètre numérique

Tableau de mesure 1 : Mesure de la capacité par capacimètre

Capacité	Capacimètre numérique
$C_x \mu\text{F}$	.....
$\Delta C_x \mu\text{F}$	
$\delta C_x = \Delta C_x / C_x \%$	
$C_x - \Delta C_x \leq C_x \leq C_x + \Delta C_x \mu\text{F}$	$\leq C_x \leq$


2) Mesures indirectes

2.1) Mesure de la capacité par la méthode Volt-Ampèremétrique

- Réaliser le montage correspondant ; fig.6
- Utiliser l'alimentation alternative (U) de 6V
- Ajuster les calibres des appareils de mesure en mode AC (20mA, 20V).
- Relever les indications du voltmètre et de l'ampèremètre.
- Mesurer la fréquence de la tension d'alimentation à l'aide du multimètre numérique.
- Calculer et compléter le tableau suivant :

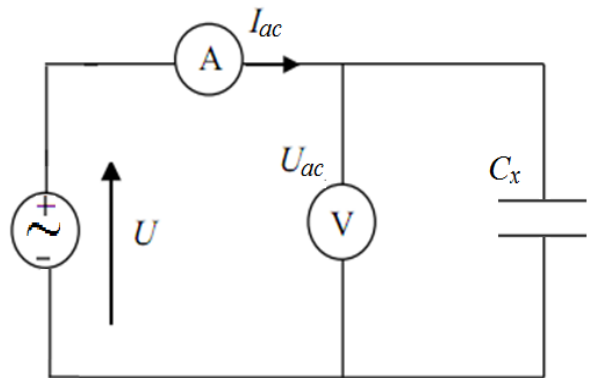


Figure 6. Méthode Volt-Ampèremétrique

Tableau de mesure 2 : Mesure par la méthode Volt-Ampèremétrique

$U_{ac}$	$I_{ac}$	$f$	$C_x$	$\Delta C_x / C_x$	$\Delta C_x$	$C_x \pm \Delta C_x$
..... V	..... mA	..... Hz	$\mu\text{F}$	%	$\mu\text{F}$	$\mu\text{F} \leq C_x \leq \mu\text{F}$



**2.2) Mesure de la capacité par la méthode Volt-métrique**

- Mesurer la résistance  $R_e$  à l'aide du multimètre numérique.
- Réaliser le montage suivant :fig.7
- Utiliser l'alimentation alternative ( $U$ ) de 6 V
- Ajuster le calibre du voltmètre à 20V
- Relever la tension aux bornes de la résistance  $R_e$  ( $U_{Re}$ )
- Relever la tension aux bornes du condensateur  $C_x$  ( $U_C$ )
- Calculer et compléter le tableau suivant:

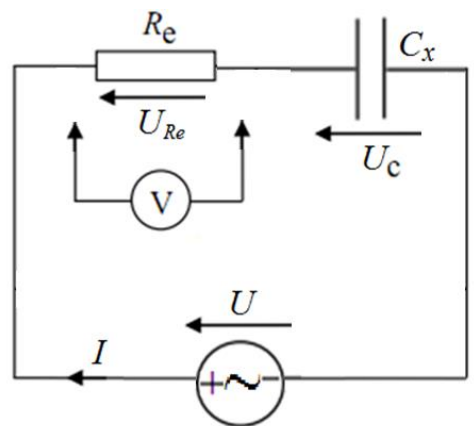


Figure 7. méthode des trois voltmètres

Tableau de mesure 3 : Mesure par la méthode Volt-métrique

$U_C$	.....	V
$U_{Re}$	.....	V
$R_e$	.....	$\Omega$
$F$	.....	Hz
$C_x$		$\mu F$

$\Delta C_x / C_x$		%
$\Delta C_x$		$\mu\text{F}$
$C_x \pm \Delta C_x$	$\leq C_x \leq$	$\mu\text{F}$



**V) Travail à effectuer**

1/ Comparer les précisions (incertitudes relatives) obtenues avec les différentes méthodes de mesure mises en œuvre.

2/ Donner une conclusion à ce travail.

**1/ Comparaison:**




***2/ Conclusion:***
