

## TP 13 de Physique : Mesurages de l'impédance complexe d'un condensateur

Capacités exigibles :

- Savoir associer un signal sinusoïdal à sa notation complexe
- Connaître les équivalences d'un condensateur et d'une bobine à très basse fréquence et à haute fréquence.

Capacités expérimentales :

- Savoir régler un générateur pour produire un signal périodique dont les caractéristiques sont données
- Déterminer le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux à partir de leurs chronogrammes
- Brancher et régler un oscilloscope (déviations verticale, horizontale, déclenchement, etc.) pour visualiser un signal (périodique, non périodique, transitoire, trame, etc.)
- Savoir réaliser des mesures à l'oscilloscope en mode automatique ou à l'aide de curseurs

Le dipôle étudié est un condensateur : l'objectif est de déterminer l'impédance complexe de ce dipôle à l'aide du multimètre MX5060 et de l'oscilloscope.

Avec le professeur, compléter l'annexe 01 du TP13.

I. Module de l'impédance complexe d'un condensateur :A. Premier mesurage du module de l'impédance complexe d'un condensateur :

Le condensateur étudié a une capacité notée  $C = 154 \text{ nF}$  (donnée constructeur). Le GBF délivre une tension périodique, de motif sinusoïdal, d'amplitude  $U_m = 3,0V$ , de fréquence  $f = 600 \text{ Hz}$ , alternative (sans offset).

1. A l'aide du multimètre MX5060, rédiger le mesurage (type B) de la capacité  $C$  (en nF). On prendra comme valeur pour la demi-étendue, la résolution donnée par le constructeur.
2. A l'aide du multimètre MX5060, rédiger le mesurage (type B) de la fréquence  $f$  (en Hz). On prendra comme valeur pour la demi-étendue, la résolution donnée par le constructeur.
3. A l'aide de l'annexe 01, déterminer la valeur expérimentale du module de l'impédance  $|Z_C|$  de ce condensateur (en  $\Omega$ ).
4. Déterminer l'incertitude-type du mesurage du module de l'impédance  $|Z_C|$  à l'aide de la formule suivante :

$$u(|Z_C|) = |Z_C| \times \sqrt{\left(\frac{u(f)}{f}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2}$$

5. Rédiger le mesurage du module de l'impédance du condensateur, notée  $|Z_C|$  (en  $\Omega$ ).

**APPEL 01 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail**

## B. Deuxième mesure du module de l'impédance complexe d'un condensateur :

Le conducteur ohmique est une boîte à décade de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$  (*donnée constructeur*).

6. A l'aide du multimètre MX5060, rédiger le mesurage (type B) de la résistance  $R$  (en  $\Omega$ ).

### ❖ Préparation du GBF :

**Attention à réaliser le circuit avec les LED « OUTPUT ON » et « OFFSET ON » du GBF, éteinte.**

Le GBF délivre (toujours) une tension périodique, de motif sinusoïdal, d'amplitude  $U_m = 3,0V$ , de fréquence  $f = 600 \text{ Hz}$ , alternative (sans offset).

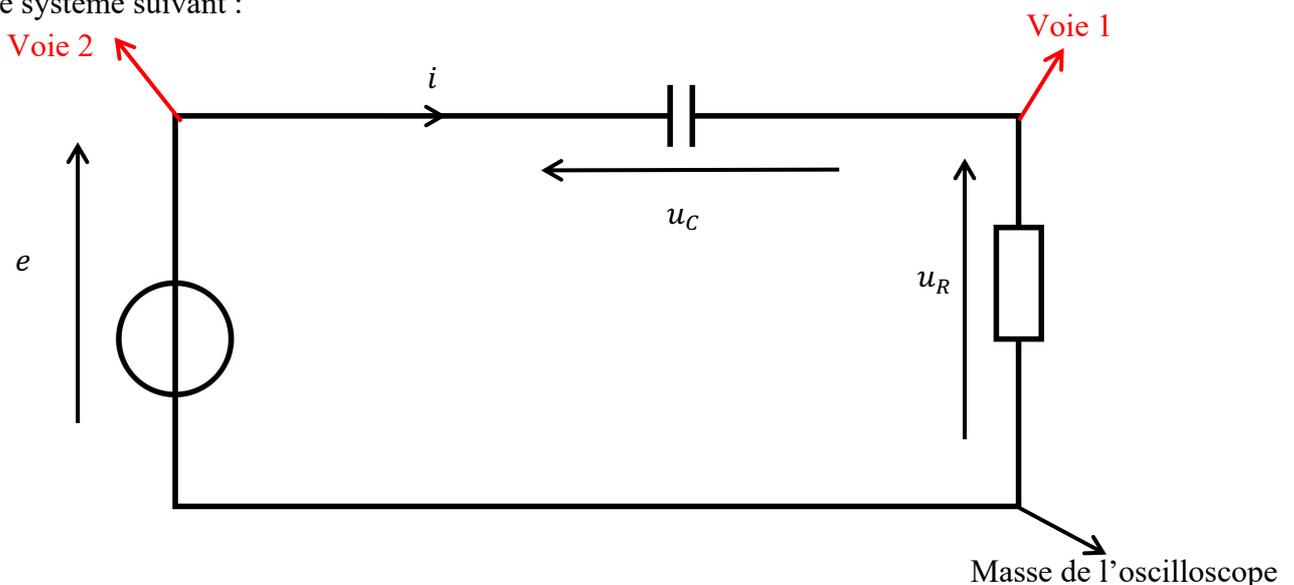
### ❖ Préparation de l'oscilloscope :

Allumer l'oscilloscope et appuyer sur le bouton « Default » de l'oscilloscope puis le régler sur les voies 01 et 02, afin d'avoir  $1V/div$  comme sensibilité verticale et  $200 \mu s/div$  comme sensibilité horizontale.

### ❖ Préparation du système :

Le condensateur utilisé a une capacité notée  $C = 154 \text{ nF}$  (*donnée constructeur*) et le conducteur ohmique est une boîte à décade de résistance  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$  (*donnée constructeur*).

Réaliser le système suivant :



### APPEL 02 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail

A l'aide de la fonction « MATH » de l'oscilloscope, effectuer la soustraction des tensions « voie 2 (source A) – voie 1 (source B) ». On visualise alors sur l'écran :

- la voie 1, en jaune, correspondant à la tension  $u_R$ ,
- la soustraction « voie 2 (source A) – voie 1 (source B) », en blanc, correspondant à la tension  $u_C$
- la voie 2 en violet, correspondant à la tension  $e$ .

### APPEL 03 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail

7. À l'aide des curseurs de l'oscilloscope, rédiger le mesurage de l'amplitude  $U_m$  de la tension  $u_C$ , en volt (signal blanc).
8. À l'aide des curseurs de l'oscilloscope, rédiger le mesurage de l'amplitude  $U_{m,R}$  de la tension  $u_R$ , en volt (signal jaune).
9. Sachant que  $I_m = \frac{U_{m,R}}{R}$ , rédiger le mesurage de l'amplitude de l'intensité  $I_m$  (en Ampère) à l'aide de la formule suivante :

$$u(I_m) = I_m \times \sqrt{\left(\frac{u(U_{m,R})}{U_{m,R}}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2}$$

10. À l'aide de l'annexe 01 et de la formule suivante, rédiger le deuxième mesurage du module de l'impédance du condensateur, notée  $|Z_C|$ .

$$u(|Z_C|) = |Z_C| \times \sqrt{\left(\frac{u(I_m)}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{u(U_m)}{U_m}\right)^2}$$

C. Compatibilité des deux mesurages du module de l'impédance complexe d'un condensateur :

11. Lequel des deux mesurages de  $|Z_C|$  est-il le plus fidèle ? Justifier votre réponse.
12. Les deux mesurages de  $|Z_C|$  sont-ils compatibles ? Justifier votre réponse.

**APPEL 04 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail**

II. Argument de l'impédance complexe d'un condensateur :

A. Mesurage de  $\phi$  :

13. À partir de l'oscillogramme, déterminer si la grandeur  $u_C$  (signal blanc) est avancée ou en retard par rapport à l'intensité (signal jaune). En déduire alors le signe du décalage temporel  $\Delta t$  correspondant.
14. À l'aide des curseurs de l'oscilloscope et en adaptant la sensibilité horizontale, rédiger le mesurage du décalage temporel  $\Delta t$  de  $u_C(t)$  (signal blanc) par rapport à l'intensité (représenté par le signal jaune), en secondes.
15. À l'aide de la formule  $\phi = \Delta t \times 2\pi f$ , rédiger le mesurage du déphasage  $\phi$  (de la tension aux bornes du condensateur par rapport à l'intensité qui le traverse). On calculera l'incertitude-type à l'aide de la formule :

$$u(\phi) = |\phi| \times \sqrt{\left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{u(f)}{f}\right)^2}$$

B. Compatibilité du mesurage de l'argument de l'impédance complexe d'un condensateur :

16. Le mesurage de  $\phi$  est-il compatible avec sa valeur de référence (donnée en annexe 01) ? Justifier votre réponse.

**APPEL 05 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail**

Conclusion :

17. Pour la fréquence étudiée, rédiger l'impédance complexe de ce condensateur, sous forme trigonométrique, à l'aide du mesurage le plus fidèle pour le module et du mesurage de  $\phi$ .

**APPEL 06 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail**III. Modélisation d'un condensateur à basses et à hautes fréquences :A. Étude à basses fréquences :

Le GBF délivre (toujours) une tension périodique, de motif sinusoïdal, d'amplitude  $U_m = 3,0V$  alternative (sans offset), mais dont la fréquence chute à  $f = 10 \text{ Hz}$ .

Régler l'oscilloscope afin d'obtenir les signaux  $u_C$  (signal blanc) et  $u_R$  (signal jaune).

18. A l'aide des curseurs de l'oscilloscope, mesurer la valeur (sans souci d'incertitudes) de l'amplitude  $U_m$  de la tension  $u_C$ , en volt (signal blanc).

19. A l'aide des curseurs de l'oscilloscope, mesurer la valeur (sans souci d'incertitudes) de l'amplitude  $U_{m,R}$  de la tension  $u_R$ , en volt (signal jaune).

20. En déduire la valeur de  $I_m = \frac{U_{m,R}}{R}$  (en Ampère).

21. A l'aide de l'annexe 01, en déduire la valeur du module de l'impédance du condensateur, notée  $|Z_C|$ .

B. Étude à hautes fréquences :

Le GBF délivre (toujours) une tension périodique, de motif sinusoïdal, d'amplitude  $U_m = 3,0V$  alternative (sans offset), mais dont la fréquence augmente à  $f = 100 \text{ kHz}$ .

Régler l'oscilloscope afin d'obtenir les signaux  $u_C$  (signal blanc) et  $u_R$  (signal jaune).

22. A l'aide des curseurs de l'oscilloscope, mesurer la valeur (sans souci d'incertitudes) de l'amplitude  $U_m$  de la tension  $u_C$ , en volt (signal blanc).

23. A l'aide des curseurs de l'oscilloscope, mesurer la valeur (sans souci d'incertitudes) de l'amplitude  $U_{m,R}$  de la tension  $u_R$ , en volt (signal jaune).

24. En déduire la valeur de  $I_m = \frac{U_{m,R}}{R}$  (en Ampère).

25. A l'aide de l'annexe 01, en déduire la valeur du module de l'impédance du condensateur, notée  $|Z_C|$ .

Conclusion :

26. Le dipôle condensateur est équivalent à un interrupteur fermé lorsqu'il est soumis à des harmoniques de hautes fréquences ou à des harmoniques de basses fréquences ? Justifier votre réponse.

27. Le dipôle condensateur est équivalent à un interrupteur ouvert lorsqu'il est soumis à des harmoniques de hautes fréquences ou à des harmoniques de basses fréquences ? Justifier votre réponse.

28. Le déphasage de  $u_C$  par rapport à  $i$  dépend-t-il de la fréquence des harmoniques ?

**APPEL 07 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail**