

⚡ Impédance d'un condensateur ⚡

TP

I Rappel de théorie

A Notation complexe

🕒 Rappel

On considère un signal sinusoïdal $x(t) = X_0 \cos(\omega t + \phi)$, avec $\omega = 2\pi f$.

La notation x est ici neutre : elle désigne un signal qui peut être une tension ou un courant, et qui peut représenter aussi bien le signal d'entrée d'un système que le signal de sortie.

Le signal complexe associé à $x(t)$ est défini par la relation :

$$\underline{x}(t) = \underline{X}_0 e^{j\omega t}$$

où :

- $\underline{X}_0 = X_0 e^{j\phi}$ est l'amplitude complexe,
- X_0 est l'amplitude réelle du signal,
- Φ est la phase initiale (en radians).

Le signal réel $x(t)$ correspond à la partie réelle du signal complexe associé :

$$x(t) = \Re\{\underline{x}(t)\}.$$

B Cas du condensateur

✖ Formule

L'impédance d'un condensateur est donnée par la relation complexe suivante :

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

où :

- Z_C est l'impédance du condensateur (en ohms, Ω),
- j est l'unité imaginaire ($j^2 = -1$),
- $\omega = 2\pi f$ est la pulsation (en radians par seconde),
- f est la fréquence (en hertz, Hz),
- C est la capacité du condensateur (en farads, F).

Le module de l'impédance, qui correspond à la norme de Z_C , est donné par :

$$|Z_C| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

II Mesurage de l'amplitude complexe d'un condensateur

Mesurage de la résistance R (en Ω)

- Q1** À l'aide du multimètre, rédiger le mesurage de la résistance R de votre paillasse.
Q2 Évaluer l'incertitude de ce mesurage en vous appuyant sur le chapitre "Mesures et incertitudes".

Mesurage de la capacité C (en F)

- Q3** À l'aide du multimètre, rédiger le mesurage de la capacité C de votre paillasse.
Q4 Évaluer l'incertitude de ce mesurage en vous appuyant sur le chapitre "Mesures et incertitudes".

Préparation du système :

- Q5** Effectuer le protocole suivant :

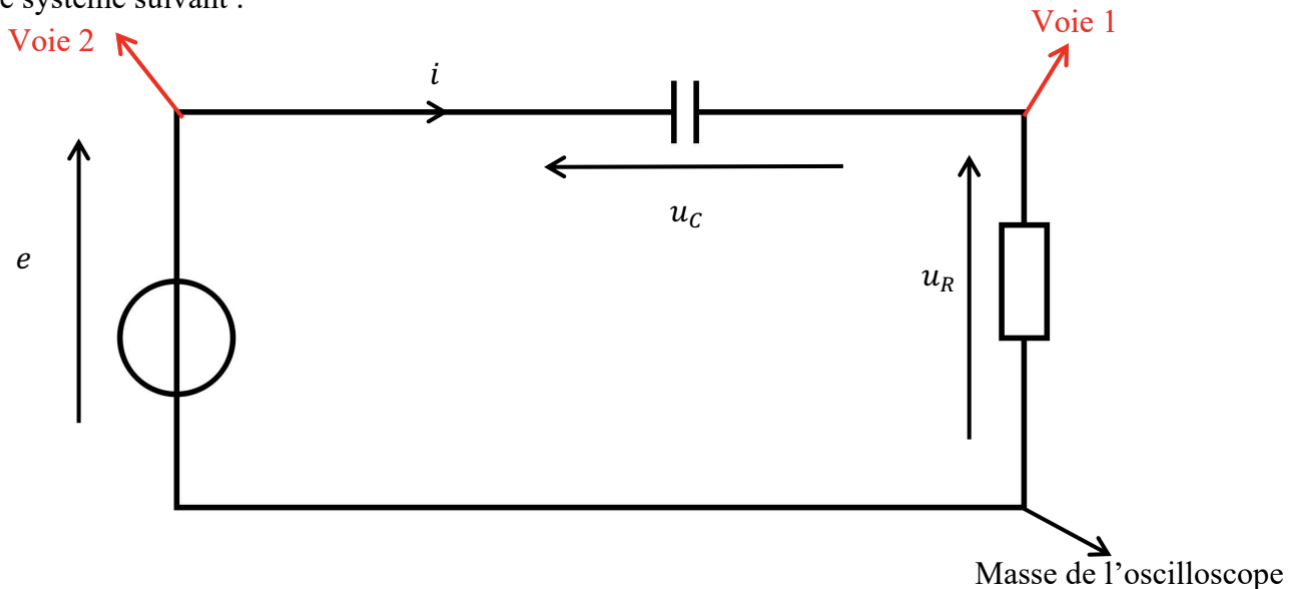
🔧 Protocole

- Régler le GBF pour qu'il délivre une tension périodique, de motif sinusoïdal, d'amplitude $U_0 = 3.0\text{ V}$, de fréquence $f = 600\text{ Hz}$, alternative (sans offset).
- Vérifier à l'aide de l'oscilloscope que le signal obtenu est bien le signal souhaité.

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

- Q6** Le condensateur utilisé a une capacité notée $C = \dots\dots\dots$ et le conducteur ohmique $R = \dots\dots\dots$

Réaliser le système suivant :



🔧 Protocole

- Régler l'oscilloscope sur les voies 01 et 02 avec afin d'observer trois périodes pour chacun signaux.

- Q7** Décrivez l'oscillogramme.

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

Mesurage du déphasage ϕ

Q8 À l'aide des curseurs de l'oscilloscope, mesurer Δt le décalage temporel entre les deux signaux.

Méthode 1 : Trouver le déphasage entre deux signaux

1. Identifier un point de référence : Choisissez un point de référence sur l'un des signaux, par exemple le premier maximum.
2. Mesurer le décalage temporel : Mesurez le temps Δt entre le point de référence du premier signal et celui du second.
3. Calculer la période : Déterminez la période T du signal.
4. Calculer le déphasage : Le déphasage ϕ en radians est donné par la formule :

$$\phi = \frac{2\pi\Delta t}{T}$$

Q9 En déduire le déphasage ϕ entre la voie 1 et la voie 2. S'agit-il d'une avance ou d'un retard de phase ?

Q10 Sachant que $I_0 = \frac{U_R}{R}$, donner la valeur de l'intensité I_0 (en Ampère).

X¹ Formule

L'incertitude sur I est donnée par la formule de propagation des incertitudes :

$$u(I_0) = I_0 \times \sqrt{\left(\frac{u(U_R)}{U_R}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2}$$

Q11 En utilisant la formule ci-dessus, déterminer l'incertitude de l'amplitude du courant I_0 .

Q12 Rédiger le mesurage du module de l'impédance du condensateur.

$$|Z| = \frac{U_C}{I_0}$$

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

III Modélisation d'un condensateur à basses et hautes fréquences :

A Étude à basses fréquences :

- Le GBF délivre une tension d'amplitude $U_0 = 3.0 \text{ V}$ et de fréquence $f = 10 \text{ Hz}$.
- Régler l'oscilloscope pour obtenir les signaux.

Q13 Effectuer les mesures et calculs pour déterminer $|Z|$.

B Étude à hautes fréquences :

- Le GBF délivre une tension d'amplitude $U_0 = 3.0 \text{ V}$ et de fréquence $f = 100 \text{ kHz}$.
- Régler l'oscilloscope pour obtenir les signaux.

Q14 Effectuer les mesures et calculs pour déterminer $|Z|$.

Circuit déphaseur

TP

I Théorie

A Théorème de Millman (méthode Bazooka)

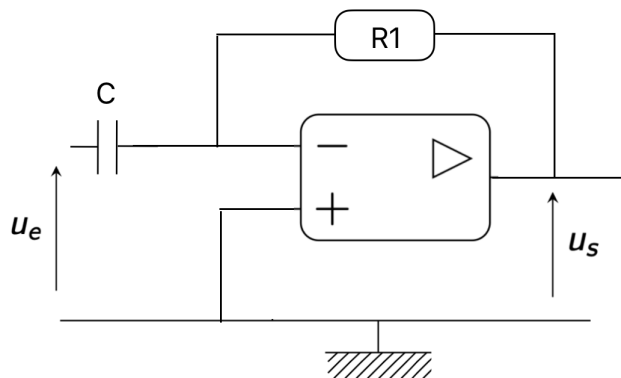
X¹ Formule

On peut déterminer le potentiel V d'un noeud du circuit en utilisant le théorème de Millman :

$$V_A = \frac{\frac{U_1}{Z_1} + \frac{U_2}{Z_2} + \dots + \frac{U_n}{Z_n}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}}$$

✓ Exemple

Prenons un cas simple. Nous cherchons à déterminer le potentiel V_{e-} .



$$V_{e-} = \frac{\frac{u_e}{Z_C} + \frac{u_s}{R_1}}{\frac{1}{Z_C} + \frac{1}{R_1}}$$

B ALI en régime linéaire

☰ Définition

Le régime linéaire d'un amplificateur opérationnel (ALI) correspond à une situation où l'ALI fonctionne dans sa plage normale d'amplification, sans saturation. Dans ces conditions on a :

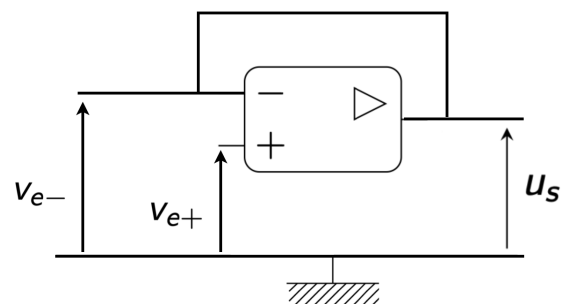
$$V_{e+} \simeq V_{e-}$$

🧪 Propriété

Pour qu'un montage avec un ALI fonctionne en régime linéaire, il faut nécessairement que la sortie u_s soit reliée à l'entrée inverseuse v_{e-} .

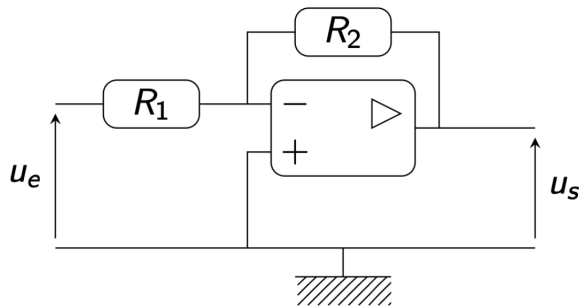
⚠ Attention !

Il s'agit d'une condition nécessaire, non suffisante !

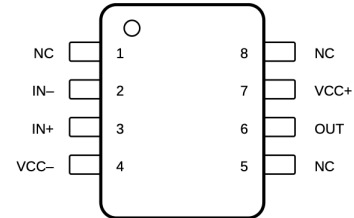


II Montage Amplificateur Inverseur

Q1 Réaliser le montage suivant (n'oubliez pas d'alimenter l'ALI avec une tension symétrique $+15V/-15V$) :



L'ALI utilisé est un modèle simple TL081CN :



La tension u_e est délivrée par un GBF réglé sur une fréquence de 1500 Hz et une amplitude de votre choix inférieure à 15 V . La résistance $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 15\text{ k}\Omega$.

⚠ Attention !

Les masses de l'alimentation symétrique et du GBF doivent être connectées.

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail avant d'alumer le GBF.

A Théorie

- Q2 L'amplificateur linéaire intégré fonctionne-t-il en régime linéaire ? Justifier.
- Q3 Quelles sont les conséquences de ce mode de fonctionnement sur les valeurs V_{e+} et V_{e-} ?
- Q4 Quelle est la valeur de V_{e+} ?
- Q5 En utilisant le théorème de Millman sur l'entrée non inverseuse (entrée négative), montrer que :

$$V_{e-} = -U_E \times \frac{R_1}{R_2}$$

Q6 Montrer que si $R_1 = R_2$ alors :

$$V_{e-} = \frac{U_s + U_e}{2}$$

B Pratique

Q7 Brancher un oscilloscope pour observer la tension d'entrée et la tension de sortie.

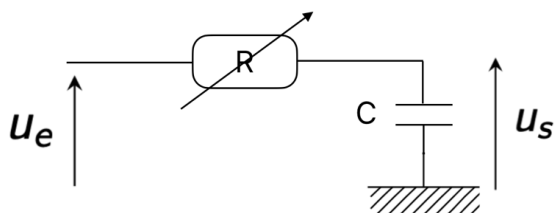
APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

- Q8 Remplacer le résistance R_2 pour que $R_1 = R_2$. Qu'observez vous ?
- Q9 Remplacer les deux résistances R_1 et R_2 pour quelles aient la même valeur de $10\text{ k}\Omega$.

APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

III Circuit RC série

Soit le montage suivant :



Données

$$- Z_C = \frac{1}{jC\omega}$$

$$- Z_R = R$$

Q10 A partir de la formule du pont diviseur de tension, exprimer V_{e+} en fonction de u_e , Z_C , et Z_R

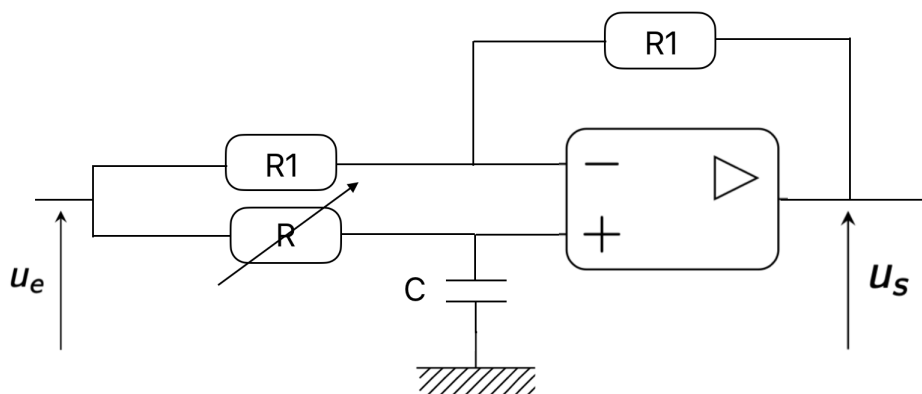
Q11 En déduire que :

$$U_s = V_{e+} \times \frac{1}{RjC\omega + 1}$$

IV Montage déphaseur

A Pratique

Ajouter sur l'entrée inverseuse (borne positive) un circuit RC de sorte à obtenir le montage suivant :



Q12 Régler la résistance variable sur $10\text{ k}\Omega$.

Q13 Faites varier la résistance variable en $10\text{ k}\Omega$ et $100\text{ k}\Omega$. Qu'observez vous ?

B Théorie

Q14 A partir des résultats de la question 6 et de la question 11, montrer que :

$$T = \frac{u_s}{u_e} = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

Q15 Calculer l'argument de T .

Données

$$\arg\left(\frac{a}{b}\right) = \arg(a) - \arg(b)$$

$$\arg(a + ib) = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$