

Résistance d'un condensateur dans un circuit à courant alternatif

DETERMINER LA REACTANCE CAPACITIVE EN FONCTION DE LA CAPACITE ET DE LA FREQUENCE

- Déterminer l'amplitude et la différence de phase de la réactance capacitive en fonction de la capacité.
- Déterminer l'amplitude et la différence de phase de la réactance capacitive en fonction de la fréquence.

UE3050111

04/18 UD

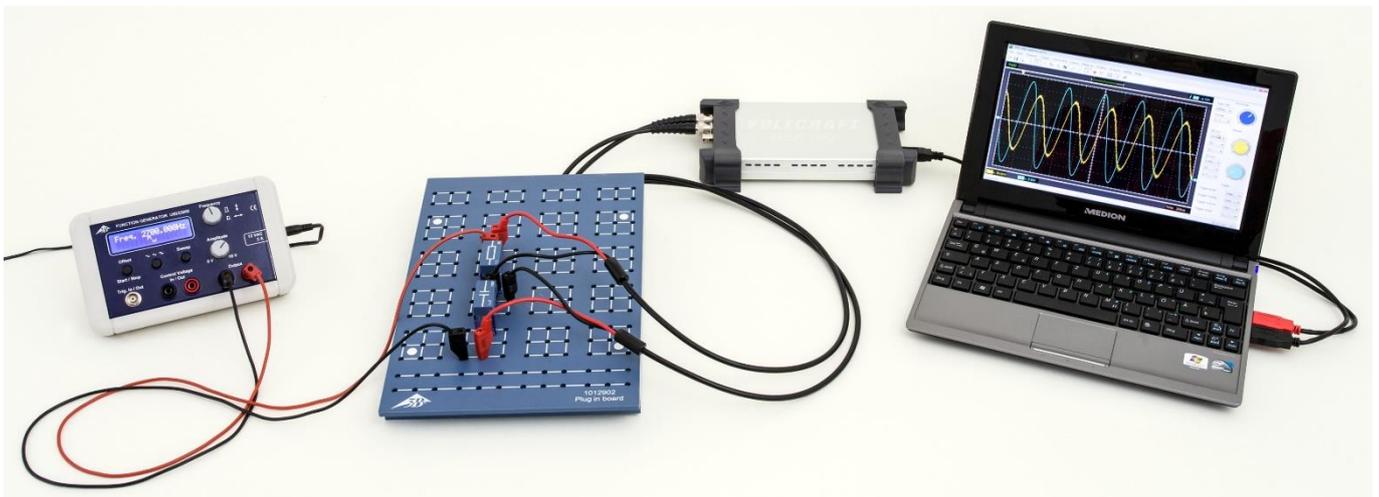


Fig. 1: Disposition pour mesure

NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

Toute variation de la tension appliquée au condensateur crée un courant à travers celui-ci. Si on applique une tension alternative, un courant alternatif traverse le condensateur avec un déphasage par rapport à la tension. Ce phénomène s'explique aisément à l'aide d'une formule mathématique où l'on utilise le courant, la tension et la résistance comme des grandeurs complexes et que l'on considère leurs parties réelles.

De l'équation du condensateur, on déduit que

$$(1) \quad I = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

I : Courant, U : Tension, C : Capacité

Appliquer une tension

$$(2) \quad U = U_0 \cdot \exp(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

crée donc un courant électrique

$$(3) \quad I = i \cdot \omega \cdot C \cdot U_0 \cdot \exp(j\omega t)$$

et l'on peut attribuer la résistance complexe

$$(4) \quad X_c = \frac{U}{I} = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

à la capacité C . La partie réelle de chacune de ces grandeurs peut être mesurée, on a donc :

$$(5) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6) \quad I = \omega \cdot C \cdot U_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$(7) \quad X_c = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Dans l'expérience, un générateur de fonctions fournit une tension alternative avec des fréquences allant jusqu'à 5 kHz. Un oscilloscope bi-canal enregistre le courant et la tension, ce qui permet de relever l'amplitude et la différence de phase de ces deux grandeurs. Le courant traversant le condensateur correspond à la chute de tension à travers une résistance de mesure R dont la valeur est négligeable par rapport à la réactance capacitive.

En option, l'enregistrement du courant et de la tension peut également s'effectuer avec l'enregistreur de données VinciLab, le logiciel Coach 7 et les capteurs de tension.

LISTE DES APPAREILS

- 1 Plaque de connexion des composants 1012902 (U33250)
- 1 Résistance 1 Ω, 2 W, P2W19 1012903 (U333011)
- 1 Résistance 10 Ω, 2 W, P2W19 1012904 (U333012)
- 3 Condensateur 1 μF, 100 V, P2W19 1012955 (U333063)
- 1 Condensateur 0,1 μF, 100 V, P2W19 1012953 (U333061)
- 1 Générateur de fonctions FG 100 @230V 1009957 (U8533600-230)
- ou
- 1 Générateur de fonctions FG 100 @115V 1009956 (U8533600-115)
- 1 Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 1 mm² 1002840 (U13800)
- 1 Oscilloscope p. PC, 2x25 MHz 1020857 (U11830)
- 2 Cordon HF, BNC/douille 4 mm 1002748 (U11257)
- En option
- 1 VinciLab 1021477 (UCMA-001)
- 1 Coach 7, licence collège/lycée 5 ans 1021522 (UCMA-18500)
- ou
- 1 Coach 7, licence université 5 ans 1021524 (UCMA-185U)
- 2 Capteur de tension 10 V, différentiel 1021680 (UCMA-0210i)
- 1 Capteur de tension 500 mV, différentiel 1021681 (UCMA-BT32i)
- 1 Câble spécial capteur 1021514 (UCMA-BTsc1)

MONTAGE ET REALISATION

- Monter l'agencement de mesure (Fig. 1) conformément au schéma de branchement (Fig. 2) avec la résistance $R=1\ \Omega$ et l'un des condensateurs $C=1\ \mu\text{F}$.
- Brancher le câble de mesure pour relever la courbe de tension $U_R(t) = R \cdot I(t)$ sur la résistance de mesure sur le canal CH1 et le câble de mesure pour relever la courbe de tension $U_L(t)$ via le condensateur sur le canal CH2 de l'oscilloscope.

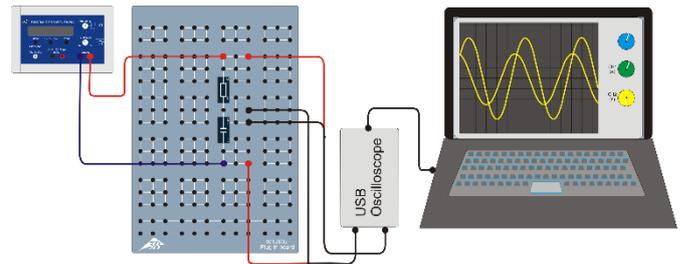
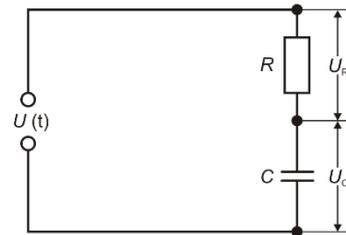


Fig. 2: Schéma de branchement (en haut) et schéma du montage (en bas).

- Régler les paramètres suivants sur l'oscilloscope du PC :

Horizontal :	
Base de temps :	50 $\sigma/\delta t \omega$
Position de trigger horizontale :	0.0 ns
Vertical :	
CH1 :	
Graduation de tension :	50 mV/div CC
Position du point zéro :	0.0 divs
CH2 :	
Graduation de tension :	1 V/div CC
Position du point zéro :	0.0 divs
Trigger :	
Single (pas Alternate)	
Source :	CH2
Mode :	Edge
Flanc :	Rise
Seuil :	0.000 mV
Mode trigger :	Auto
- Le cas échéant, adapter les paramètres Time/DIV et Volts/DIV pendant les séries de mesures, de sorte que les signaux soient représentés de manière optimale.
- Régler la fréquence $f = 4000\ \text{Hz}$.
- Sur le générateur de fonctions, sélectionner la forme de signal sinusoïdale et régler l'amplitude du signal d'entrée $U_0 = 4\ \text{V}$. Pour cela, ajuster le régulateur d'amplitude de manière à ce que le maximum / minimum du signal sinusoïdal sur le canal CH2 de l'oscilloscope (à 1 V / case) corresponde à 4 cases.

Comme avec les fréquences considérées la valeur de la résistance de mesure R est négligeable par rapport à la résistance capacitive X_C , on a en bonne approximation $U_{C0} \approx U_0 = 4\ \text{V}$.

Déphasage entre courant et tension

- Observer et noter la position relative des courbes de tension $U_L(t)$ et $U_R(t)$ sur le condensateur et la résistance de mesure.

Rapport entre la résistance capacitive et la capacité

- À l'aide du condensateur 0,1 μF ainsi que les circuits série et parallèle des trois condensateurs 1 μF , générer les capacités du Tab. 1, lire les amplitudes U_{R0} sur l'oscilloscope et les noter dans le Tab. 1.

Rapport entre la résistance capacitive et la fréquence

- Comme résistance de mesure, utiliser le condensateur 1 μF ainsi que la résistance 10 Ω .
- Sur le générateur de fonctions, régler successivement les fréquences du Tab. lire les amplitudes U_{R0} sur l'oscilloscope et les noter dans le Tab. 2.

EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

Déphasage entre courant et tension

Par rapport au signal de tension, le signal de courant est décalé d'un quart de période à droite (Fig. 3).

Le courant traversant le condensateur précède de 90° la tension du condensateur dans la phase, car le courant de charge (signe positif) et le courant de décharge (signe négatif) sont au maximum, lorsque la tension atteint son passage par zéro.

Tab. 1: Rapport entre la résistance capacitive et la capacité, $f = 4000 \text{ Hz}$, $R = 1 \Omega$, $U_0 = 4 \text{ V}$.

C μF	U_{R0} mV	$1/C$ $1/\mu\text{F}$	$I_0 = U_{R0}/R$ mA	$X_C = U_0/I_0$ Ω
0,10	9,3	10,0	9,3	430,1
0,33	32,1	3,0	32,1	124,6
0,50	51,1	2,0	51,1	78,3
0,67	67,8	1,5	67,8	59,0
1,00	101,7	1,0	101,7	39,3
2,00	204,3	0,5	204,3	19,6

Tab. 2: Rapport entre la résistance capacitive et la fréquence, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 10 \Omega$, $U_0 = 4 \text{ V}$.

f Hz	U_{R0} mV	$1/f$ 1/kHz	$I_0 = U_{R0}/R$ mA	$X_C = U_0/I_0$ Ω
200	50	5,00	5	800
300	78	3,33	8	513
500	127	2,00	13	315
1000	255	1,00	26	157
2000	493	0,50	49	81
3000	733	0,33	73	55
4000	993	0,25	99	40
5000	1203	0,20	120	33

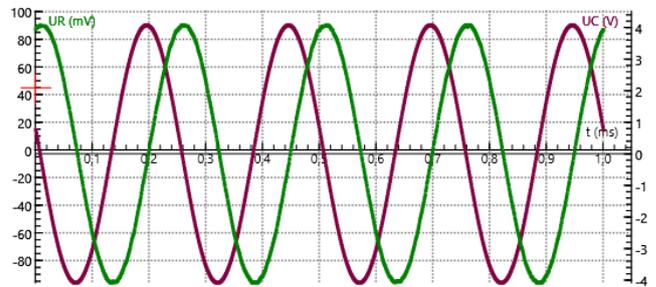
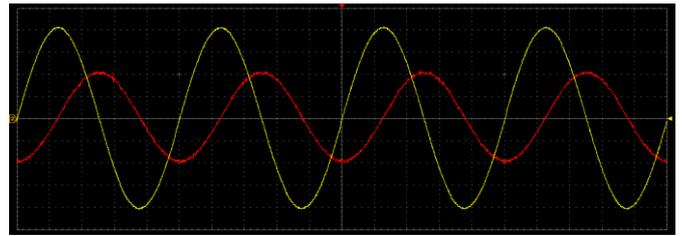


Fig. 3: Condensateur dans un circuit à courant alternatif : évolution du courant et de la tension. En haut : relevé avec l'oscilloscope du PC (courant : rouge, tension : jaune). En bas : relevé avec VinciLab / Coach7 (courant : vert, tension : violet).

Rapport entre la résistance capacitive et la capacité / fréquence

- Appliquer les résistances capacitives X_C contre les valeurs inversée de la capacité (Tab. 1, Fig. 4) et la fréquence (Tab. 2, Fig. 5).

Selon l'équation (4), la réactance capacitive X_C est proportionnelle à la valeur inverse de la fréquence f et à l'inverse de la capacité C . Comme le montrent les diagrammes, les valeurs relevées sont mesurables avec précision et situées sur une droite d'origine.

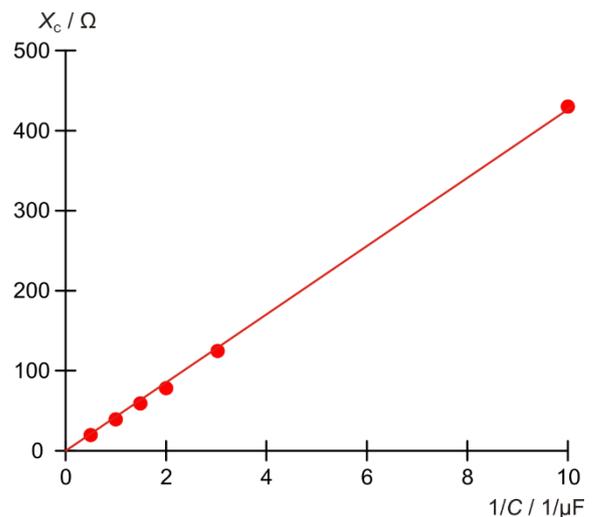


Fig. 4: Réactance capacitive X_C comme fonction de la valeur inverse de la capacité C .

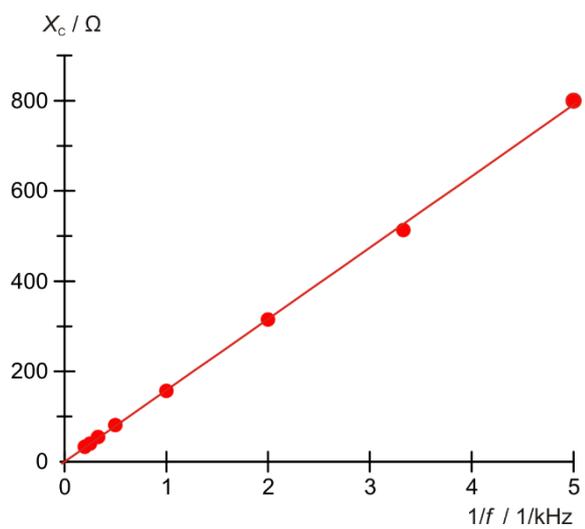


Fig. 5: Réactance capacitive X_c comme fonction de la valeur inverse de la fréquence f .