

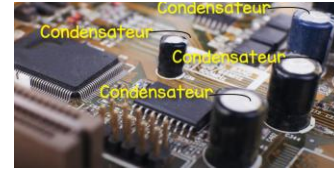
PCPI – 1 TS CIRA	Chapitre 4 Dipôles et puissances en régime sinusoïdal	Physique appliquée
		/53 /20
TP 9 : Le condensateur		

CORRECTION

C'EST QUOI ?



<https://www.youtube.com/watch?v=MURG2sFliYo>



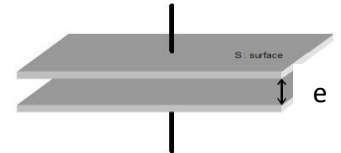
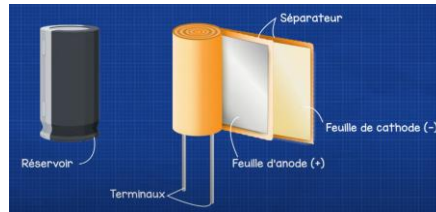
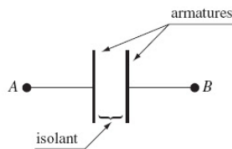
Le mot condensateur peut désigner spécifiquement un composant électrique conçu pour pouvoir **STOCKER** une charge électrique importante sous un faible volume.

Un condensateur est constitué fondamentalement de **2 SURFACES CONDUCTRICES** ou « **ARMATURES** », très proches l'une de l'autre, mais séparées par un **DIELECTRIQUE**

Un milieu est diélectrique s'il ne contient pas de charges électriques susceptibles de se déplacer de façon macroscopique.



Symbole



La **CHARGE ELECTRIQUE Q** emmagasinée par un condensateur est **PROPORTIONNELLE** à la **TENSION U** appliquée entre ses deux armatures.

$$Q = C.U$$

Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé **CAPACITE** notée **C** et exprimée en **FARAD (F)**.

Cette capacité électrique C d'un condensateur se détermine essentiellement en fonction de la :

- ✓ **SURFACE** des armatures et la **DISTANCE** qui les sépare
- ✓ **NATURE** du ou des isolants

La formule simplifiée suivante est souvent utilisée pour estimer sa valeur :

- ✓ S : **SURFACE** des armatures en regard (en mètre carré (m²))
- ✓ e : **DISTANCE** entre les armatures (en mètre (m))
- ✓ ϵ_0 représente la **permittivité** électrique du vide (8,84.10⁻¹² Fm⁻¹)
- ✓ ϵ_R représente la **permittivité** relative de l'isolant

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_R \cdot S}{e}$$

La permittivité décrit la réponse d'un milieu donné à un champ électrique appliqué.

La relation caractéristique d'un condensateur idéal est :

$$i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

- ✓ i l'**intensité** du courant (A)
- ✓ u_c la **tension** (V)
- ✓ C la **capacité** électrique du condensateur(F)
- ✓ $\frac{du_c}{dt}$ la **DERIVEE DE LA TENSION** par rapport au temps

Matériau isolant	Permittivité relative
Permittivité de l'air	1
Permittivité de la bakélite	5
Permittivité du caoutchouc	4
Permittivité du caoutchouc siliconé	4.2
Permittivité du carton	4
Permittivité du mica	6
Permittivité du papier	2
Permittivité du papier bakéliné	5
Permittivité de la paraffine	2.2
Permittivité du PVC	5
Permittivité du plexiglas	3.3
Permittivité du polyester	3.3
Permittivité du polyéthylène	2.25
Permittivité du polypropylène	2.2
Permittivité du polystyrène	2.4
Permittivité du polycarbonate	2.9
Permittivité de la porcelaine	entre 5 et 6
Permittivité de la stéatite	5.8
Permittivité du styroflex	2.5
Permittivité du teflon	2.1
Permittivité du verre	entre 5 et 7
Permittivité du stratifié-verre-époxy	5

A QUOI CA SERT ?

Le condensateur est utilisé principalement pour :

- **STABILISER** une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension)
- **FILTRE** des signaux périodiques
- **LISSE** le courant alternatif redressé pour tendre vers du courant continu,
- **STOCKER** de l'énergie

ON ETUDIE QUOI ?

Objectifs : Etudier le courant et la tension aux bornes d'un condensateur C alimentée en régime sinusoïdal

Problème : les oscilloscopes ne permettent de visualiser que des tensions et non des intensités

Solution : en mettant une résistance de valeur $r = 1 \Omega$ on obtient une relation entre tension et intensité.

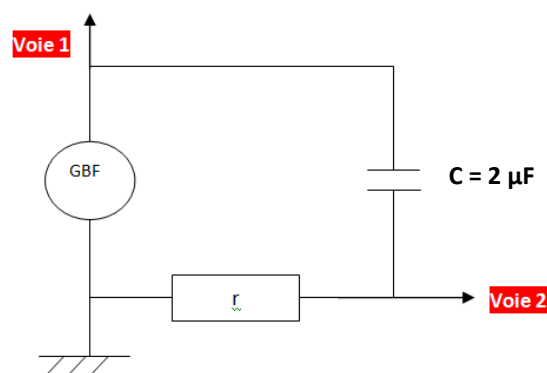
Conclusion :

- la **tension** affichée en **voie 1** sera donc la **tension** aux bornes du condensateur C
- la **tension** affichée en **voie 2** sera donc **l'image de l'intensité**



LE CIRCUIT

Schéma



Consignes

Soit le montage ci-contre :

- ☆ Le GBF délivre un signal sinusoïdal de fréquence $f = 2000\text{Hz}$
- ☆ Le dipôle étudiée $C = 2 \mu\text{F}$
- ☆ Le dipôle $r = 1 \Omega$ permet de visualiser l'intensité qui circule dans ce circuit en voie 2
- ☆ La **voie 1** permet de visualiser la tension aux bornes de R car celle aux bornes de r est négligeable devant celle de R
- ☆ La **voie 2** permet de visualiser la tension aux bornes de C qui est l'image de l'intensité qui traverse le condensateur.

Réglages

1) **Réaliser** le circuit schématisé ci-dessus sans brancher les voies de l'oscilloscope.

2) **Brancher** les voies 1 et 2 sur l'oscilloscope RIGOL

3) **Appeler** professeur pour validation

- ordre des dipôles
- voie 1
- voie 2

4) **Faire** les réglages suivants :

→ **GBF**

- ☐ Forme du signal : sinusoïdal
- ☐ Amplitude : $U_{\text{max}} = 8 \text{ V}$
- ☐ Fréquence : $f = 2000 \text{ Hz}$

→ **OSCILLOSCOPE RIGOL**

- ☐ **Régler** 2 signaux à 0 avec le bouton POSITION
- ☐ **Choisir** un calibre adapté pour la voie 1 et le **noter** : Voie 1 : **5V / div**
- ☐ **Choisir** un calibre adapté pour la voie 2 et le **noter** : Voie 2 : **100mV / div**
- ☐ **Choisir** un calibre adapté pour la base de temps et le **noter** : Base de temps : **100 µs / div**

- ☐ Bouton MENU en bas à droite : permet de choisir un déclenchement en signal « montant » ou « descendant » :



- ☐ Bouton LEVEL : régler $\phi = 0$ pour la voie 2

5) **Appeler** professeur pour valider

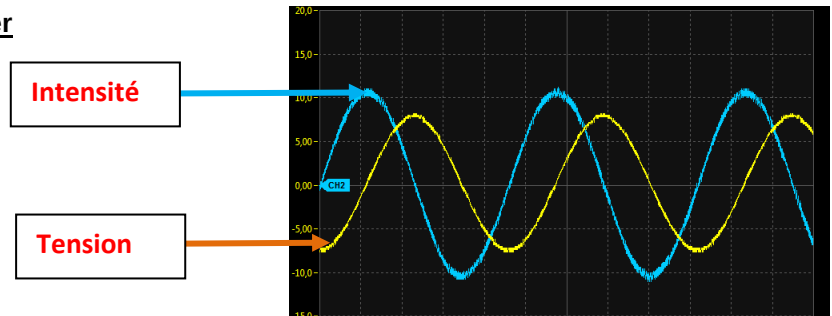
6) Expérimentation

→ **Faire** varier l'amplitude de la tension d'alimentation ainsi que la fréquence du GBF

7) Analyse

→ L'intensité $i(t)$ et la tension $u(t)$ sont en **phase / déphasage** quelque soit l'amplitude et la fréquence de la tension d'alimentation

→ Sur l'oscillogramme ci-dessous **légender** chaque courbe avec intensité et tension



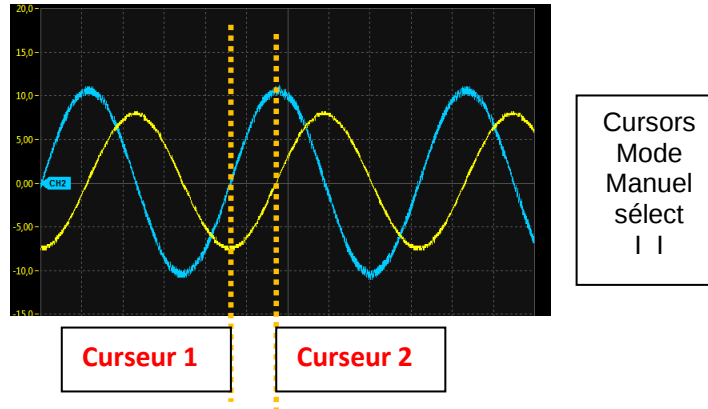
→ à $t = 0$ on voit que le courant $i(t)$ est en train d'augmenter, il faut attendre que le temps s'écoule pour observer que la tension $u(t)$ soit en train d'augmenter donc :

- ✓ $i(t)$ est en **retard / avance** par rapport à $u(t)$
- ✓ $u(t)$ est en **retard / avance** par rapport à $i(t)$
- ✓ lorsque $i(t)$ est maximale $u(t)$ est **maximale / minimale / nulle**
- ✓ lorsque $u(t)$ est maximale $i(t)$ est **maximale / minimale / nulle**

8) Expérimentation

→ **Relever** la période T des signaux pour une fréquence de $f = 2000\text{Hz}$: **$T = 500 \mu\text{s}$**

→ **Relever** la valeur du temps Δt écoulé entre les 2 signaux en plaçant des curseurs : **$\Delta t = 112 \mu\text{s}$**



9) Analyse et calculs

→ On sait que pour tracer **1 motif** il faut une **période** notée **T** qui correspond à 1 tour complet de **2π** radians.

→ Le temps écoulé Δt entre les 2 signaux correspond au déphasage noté φ

→ **Compléter** le tableau ci-dessous pour **calculer** le déphasage φ en radians entre ces 2 signaux.

seconde	radians
$T = 500 \mu\text{s}$	2π
$\Delta t = 112 \mu\text{s}$	$\varphi = ?$

Calculer φ

$$\varphi = 2\pi \times 112 / 500 = 1,41 \text{ rad}$$

10) Conclusion

→ **Choisir** parmi les différentes propositions la valeur du déphasage en radians de la tension par rapport à l'intensité

$$\frac{\pi}{2}$$

$$-\frac{\pi}{2}$$

$$2\pi$$

$$-2\pi$$

11) Démonstration mathématique (non évalué)

On souhaite démontrer que $\varphi = -\pi/2 \text{ rad}$ et que $I_{\text{eff}} = C \cdot \omega \cdot U_{\text{eff}}$

On pose : $i(t) = I_{\text{eff}} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$ aucun déphasage à l'origine car c'est notre référence

$$u(t) = U_{\text{eff}} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

On sait que $i(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt}$ pour un condensateur

Outils mathématiques

$$(\sin x)' = \cos x$$

$$(\sin(ax))' = a \cdot \cos ax$$

$$\cos x = \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$$

a) Exprimer $\frac{du(t)}{dt}$ à partir de l'expression de $u(t)$ ci-dessus

$$U_{\text{eff}} \cdot \cos(\omega t + \varphi) \times \omega$$

b) Transformer l'expression obtenue précédemment pour obtenir un sinus

$$U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \varphi + \pi/2) \times \omega$$

c) Remplacer $i(t)$ et $du(t)/dt$ par leurs expressions sinusoïdales dans la relation $i(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt}$

$$I_{\text{eff}} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) = C \times \omega \times U_{\text{eff}} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi + \pi/2) \times \omega$$

d) Simplifier l'égalité

$$I_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t) = C \times \omega \times U_{\text{eff}} \cdot \sin(\omega t + \varphi + \pi/2) \times \omega$$

e) Egaliser ce qui varie au cours du temps et en déduire la valeur de φ

$$\omega t = \omega t + \varphi + \pi/2$$

$$\varphi = -\pi/2$$

f) Egaliser ce qui ne varie pas au cours du temps et en déduire la relation entre I_{eff} et U_{eff}

$$I_{\text{eff}} = C \cdot \omega \cdot U_{\text{eff}}$$

ETUDE EN FRESNEL

12) VALEURS EFFICACES

On pose $U_{\text{max}} = 8 \text{ V}$

Exprimer et calculer U_{eff}

$$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} / \sqrt{2} = 5,7 \text{ V}$$

• •

Exprimer et calculer I_{eff}

$$I_{\text{eff}} = C \times \omega \times U_{\text{eff}} = 2 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 2000 \times 5,7 = 0,14 \text{ A}$$

• • •

13) VECTEURS

Donner les caractéristiques des vecteurs correspondants à $u(t)$ et $i(t)$ et choisir une échelle pour chacun

$$\vec{U} \begin{cases} \bullet \text{ origine : } O \\ \bullet \underline{U_{\text{eff}}} = 5,7 \text{ V} \\ \bullet \varphi = -\pi/2 \text{ rad} = -90^\circ \end{cases}$$

•

•

•

$$\vec{I} \begin{cases} \bullet \text{ origine : } O \\ \bullet \underline{I_{\text{eff}}} = 0,14 \text{ A} \\ \bullet \varphi = 0 \text{ rad} \end{cases}$$

•

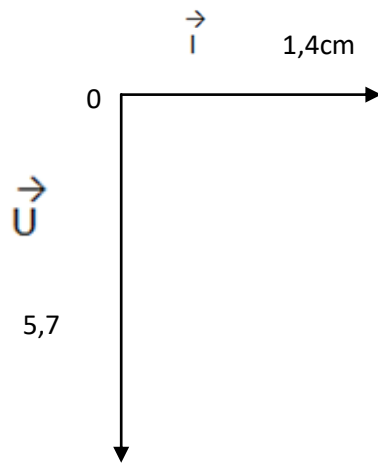
•

•

Echelle : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ V}$

Echelle : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,1 \text{ A}$

14) CONSTRUCTION DES VECTEURS



• •
• •
•

ETUDE EN COMPLEXES

15) ECRITURE EN COMPLEXE

Exprimer $\underline{U}$ en écriture polaire puis en écriture trigonométrique le nombre complexe associé à $u(t)$

$$\underline{U} = [5,7 ; -\pi/2]$$

$$= 5,7 \times \cos -\pi/2 + j \times 5,7 \times \sin -\pi/2 = -j 5,7$$

•
• •

Exprimer $\underline{I}$ en écriture polaire puis en écriture trigonométrique le nombre complexe associé à $i(t)$

$$\underline{I} = [0,14 ; 0]$$

$$= 0,14 \times \cos 0 + j \times 0,14 \times \sin 0 = 0,14$$

•
• •

RAPPEL : DEFINITION DE L'IMPEDANCE COMPLEXE

On appelle impédance complexe

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}}$$

16) L'IMPEDANCE COMPLEXE DU CONDENSATEUR

a) En utilisant les réponses de la question précédente, **calculer** $\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = -j 5,7 / 0,14 = -j 40$

•

b) **Calculer** : $-j \times \frac{1}{C \cdot \omega} = -j / (2 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 2000) = -j 40$

• •

c) **Conclure** en donnant l'expression de l'impédance complexe d'un condensateur en fonction de C et ω :

$$\underline{Z}_c = -j / C \omega$$

•

