

Le Condensateur

Prérequis

Pour aborder l'étude du condensateur, il est essentiel de maîtriser les concepts suivants acquis en classes précédentes :

- **Notions de base de l'électricité** : charge électrique (C), courant électrique (I), tension électrique (U).
- **Loi d'Ohm** : $U=R.I$ et sa compréhension dans les circuits électriques simples.
- **Notion de champ électrique** : Bien que non indispensable, une introduction au concept de champ électrique peut faciliter la compréhension du stockage de l'énergie.
- **Dérivation et intégration** : La compréhension de ces outils mathématiques est nécessaire pour l'étude des phénomènes transitoires de charge et de décharge.

Ce cours s'inscrit dans le chapitre dédié à l'électricité en Terminale Générale, après l'étude des résistances et des circuits électriques en régime permanent. Il prépare à l'étude des circuits électriques de type RC et des applications du condensateur en électronique.

Chapitre 1 : Introduction au Condensateur - Le Dipôle Capacitif

1.1 Définition et Caractéristiques

Un **condensateur** est un composant électronique passif constitué de deux conducteurs séparés par un isolant, appelé **diélectrique**. Il est capable de stocker de l'énergie électrique sous forme de charge électrique. Les conducteurs sont appelés **armatures**.

Le condensateur est un **dipôle passif** car il ne génère pas d'énergie, il la stocke et la restitue. Il est caractérisé par sa **capacité** (C), mesurée en **farads** (F). La capacité quantifie l'aptitude du condensateur à stocker des charges pour une tension donnée.

1.2 Fonctionnement et Charge Électrique

Lorsqu'une tension est appliquée aux bornes d'un condensateur, une charge électrique positive s'accumule sur une armature et une charge électrique négative de même amplitude sur l'autre. Cette accumulation de charges crée un champ électrique dans le diélectrique.

La relation fondamentale reliant la charge (Q) stockée, la capacité (C) et la tension (U) est :

$$Q=C.U$$

Cette équation exprime que la charge stockée est proportionnelle à la tension appliquée, la constante de proportionnalité étant la capacité.

1.3 Types de Condensateurs

Il existe différents types de condensateurs, classés selon leur diélectrique :

- **Condensateurs à air** : Simples, mais de faible capacité.
- **Condensateurs à papier** : Plus compacts, mais moins stables en température.
- **Condensateurs céramiques** : Couramment utilisés, bonne stabilité.
- **Condensateurs électrolytiques** : Grande capacité, polarisés (sens de branchement important).
- **Supercondensateurs** : Très grande capacité, utilisés pour le stockage d'énergie.

Chapitre 2 : Charge et Décharge d'un Condensateur - Régime Transitoire

2.1 Circuit de Charge

Considérons un circuit série composé d'une résistance (R) et d'un condensateur initialement déchargé, alimenté par une source de tension continue (E). Lors de la fermeture du circuit, le condensateur se charge progressivement.

L'équation différentielle décrivant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur (U(t)) en fonction du temps (t) est :

$$R \frac{dU}{dt} = E - U$$

La solution de cette équation est :

$$U(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

La constante de temps du circuit, notée $\tau = RC$, caractérise la vitesse de charge du condensateur. Après un temps égal à 5τ , le condensateur est considéré comme complètement chargé ($U(t) \approx E$).

2.2 Circuit de Décharge

Si l'on déconnecte la source de tension et que l'on court-circuite le condensateur à travers une résistance, le condensateur se décharge.

L'équation différentielle décrivant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur (U(t)) en fonction du temps (t) est :

$$R \frac{dU}{dt} = -U$$

La solution de cette équation est :

$$U(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

où U_0 est la tension initiale du condensateur. La constante de temps $\tau = RC$ caractérise également la vitesse de décharge.

2.3 Énergie Stockée

L'énergie (W) stockée dans un condensateur chargé est donnée par :

$$W = \frac{(1)}{(2)} C U^2 = \frac{(1)}{(2)} Q U = \frac{(1)}{(2)} \frac{(Q^2)}{(C)}$$

Chapitre 3 : Caractéristiques Avancées et Applications

3.1 Influence du Diélectrique

La constante diélectrique (ϵ_r) d'un matériau caractérise sa capacité à polariser en présence d'un champ électrique. Elle influence la capacité du condensateur :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{(S)}{(d)}$$

où ϵ_0 est la permittivité du vide, S est l'aire des armatures et d est la distance entre les armatures.

3.2 Condensateurs en Association

- **Association en série** : La capacité équivalente est donnée par :
$$\frac{(1)}{C_{(eq)}} = \frac{(1)}{(C_1)} + \frac{(1)}{(C_2)} + \dots$$
- **Association en parallèle** : La capacité équivalente est donnée par :
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots$$

3.3 Applications

Les condensateurs sont utilisés dans de nombreuses applications :

- **Filtrage** : Lissage de la tension continue.
- **Stockage d'énergie** : Flash photographique, alimentation de secours.
- **Couplage et découplage** : Transmission de signaux alternatifs.
- **Circuits accordés** : Radio, télévision.

Chapitre 4 : Approfondissement et Exercices

4.1 Le Condensateur Idéal vs. Réel

Le modèle idéal du condensateur ne tient pas compte de certains phénomènes réels :

- **Résistance série équivalente (ESR)** : Due à la résistance des armatures et du diélectrique.
- **Inductance série équivalente (ESL)** : Due à la géométrie des armatures.
- **Courant de fuite** : Faible courant traversant le diélectrique.

4.2 Exercice 1 : Charge d'un Condensateur

Un condensateur de $100 \mu\text{F}$ est chargé à travers une résistance de $1 \text{ k}\Omega$ par une source de tension de 12 V .

1. Calculer la constante de temps du circuit.
2. Calculer la tension aux bornes du condensateur après 10 ms .
3. Déterminer le temps nécessaire pour que le condensateur atteigne 80% de sa tension maximale.

Corrigé :

1. $\tau = RC = (1 \cdot 10^3 \Omega)(100 \cdot 10^{-6} \text{ F}) = 0.1 \text{ s}$
2. $U(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) = 12 \left(1 - e^{-\frac{0.01}{0.1}} \right) = 12 \left(1 - e^{-0.1} \right) \approx 1.16 \text{ V}$
3. $0.8E = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \rightarrow 0.8 = 1 - e^{-\frac{t}{0.1}} \rightarrow e^{-\frac{t}{0.1}} = 0.2 \rightarrow -\frac{t}{0.1} = \ln(0.2) \rightarrow t = -0.1 \ln(0.2) \approx 0.22 \text{ s}$

4.3 Exercice 2 : Décharge d'un Condensateur

Un condensateur de $220 \mu\text{F}$ est initialement chargé à 5 V . Il est déchargé à travers une résistance de $4.7 \text{ k}\Omega$.

1. Calculer la constante de temps du circuit.
2. Calculer la tension aux bornes du condensateur après 5 ms .
3. Déterminer le temps nécessaire pour que la tension du condensateur atteigne 1 V .

Corrigé :

1. $\tau = RC = (4.7 \cdot 10^3 \Omega)(220 \cdot 10^{-6} \text{ F}) = 1.034 \text{ s}$
2. $U(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} = 5 e^{-\frac{0.005}{1.034}} \approx 4.98 \text{ V}$
3. $1 = 5 e^{-\frac{t}{1.034}} \rightarrow e^{-\frac{t}{1.034}} = 0.2 \rightarrow -\frac{t}{1.034} = \ln(0.2) \rightarrow t = -1.034 \ln(0.2) \approx 1.35 \text{ s}$

Résumé

- Un **condensateur** est un dipôle passif stockant de l'énergie électrique sous forme de charge.
- La **capacité** (C) est la grandeur caractérisant l'aptitude à stocker des charges : $Q=C.U$.

$$U(t)=E\left(1-e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

- Lors de la **charge**, la tension suit une courbe exponentielle :

$$U(t)=U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

- Lors de la **décharge**, la tension suit une courbe exponentielle :
- La **constante de temps** ($\tau=RC$) détermine la vitesse de charge et de décharge.

- L'**énergie stockée** est donnée par : $W=\frac{(1)}{(2)}CU^2$.

- La capacité d'un condensateur dépend de la **constante diélectrique** (ϵ_r) : $C=\epsilon_0\epsilon_r\frac{(S)}{(d)}$.

$$C_{(eq)}^{(1)}=\frac{(1)}{(C_1)}+\frac{(1)}{(C_2)}+\dots$$

- Les condensateurs en **série** ont une capacité équivalente donnée par :
- Les condensateurs en **parallèle** ont une capacité équivalente donnée par : $C_{eq}=C_1+C_2+\dots$
- Les condensateurs sont utilisés dans de nombreuses applications : filtrage, stockage d'énergie, couplage, circuits accordés.

From:

<https://wikiprof.fr/> - wikiprof.fr

Permanent link:

https://wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:generale:terminale_generale:physique_chimie:le_condensateur

Last update: 2025/06/29 11:32

