

Electricité

Le condensateur

Un condensateur est un composant électrique servant à emmagasiner la charge et l'énergie électrique.

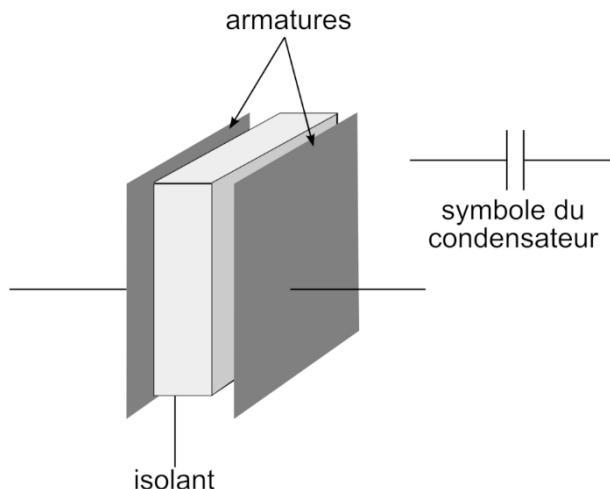
1- Introduction

1-1- Constitution et matérialisation

Un condensateur est composé par un ensemble de deux feuilles métalliques reliées entre leurs bornes et totalement séparée par une couche isolante appelée diélectrique.

1-2- Capacité d'un condensateur

Le condensateur est capable de stocker une petite quantité d'électricité. Il possède une capacité notée C . Son unité dans le système internationale est le Farad (F).



Lorsqu'une différence de potentiel U (V) est appliquée aux bornes d'un condensateur C (F), celui-ci emmagasine une charge notée Q (C):

$$Q = C \cdot U \quad \left| \begin{array}{l} C: \text{Capacité en Farad (F)} \\ Q: \text{Charge en coulomb (C)} \\ U: \text{Tension en Volt (V)} \end{array} \right.$$

La charge Q (C) d'un condensateur correspond à la valeur absolue de la quantité d'électricité apparue sur chaque armature.

La capacité C (F) d'un condensateur correspond au rapport constant qui existe entre la quantité d'électricité que le condensateur accumule et la tension appliquée à ses bornes.

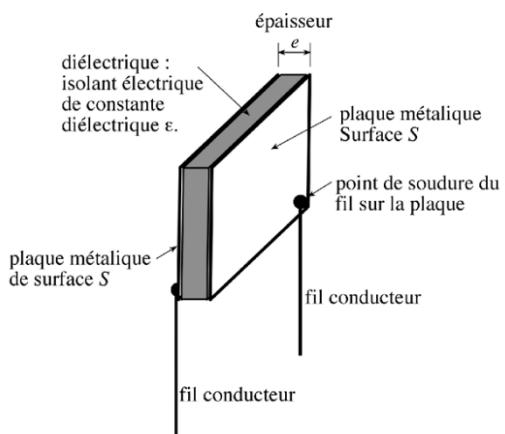
Le Farad correspond à l'unité de mesure de la capacité d'un condensateur. Cette unité est très grande par rapport à la capacité usuelle des condensateurs. On utilise donc ses sous multiples qui sont:

- Le microfarad $1 \mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$.
- Le nano Farad $1 \text{nF} = 10^{-9}\text{F}$.
- Le picofarad $1 \text{ pF} = 10^{-12}\text{F}$.

1-3- Calcul de la capacité d'un condensateur

La capacité **C** (F) d'un condensateur est:

- Proportionnelle à la surface **S** (m^2) des armatures.
- Inversement proportionnelle à l'épaisseur **e** (m) de l'isolant.
- Fonction de la nature de l'isolant.
- Indépendant de la nature des armatures.



On a la relation permettant de calculer la capacité **C** (F) d'un condensateur:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S / e$$

S: Surface des armature (m^2)
 e: Epaisseur de l'isolant (m)
 $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$: Permittivité du vide ($\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$)
 ϵ_r : Permittivité relative (sans unité)
 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$: Permittivité du milieu isolant

2- Etude expérimentale de condensateurs plans

Sept condensateurs plans "artisanaux" ont été réalisés à l'aide de 2 feuilles d'aluminium séparées par une isolation en plastique (polypropylène), chaque feuille d'aluminium jouant le rôle d'une armature.

Un multimètre en mode capacimètre est capable de mesurer la capacité de ces condensateurs "artisanaux" en les branchant à l'aide d'un testeur directement sur les armatures (feuilles d'aluminium). L'épaisseur d'une feuille en plastique vaut 5/100 de mm.

- Mesurer la capacité **C** de chaque condensateur.
- Recopier et compléter le tableau suivant:

Condensateur	Dimensions	Isolation	S (m^2)	E (m)	C (F)	ϵ_r
1	10cmx10cm	1 feuille				
2	10cmx10cm	2 feuilles				
3	10cmx10cm	3 feuilles				
4	10cmx10cm	4 feuilles				
5	10cmx15cm	1 feuilles				
6	10cmx15cm	1 feuilles				
7	15cmx20cm	1 feuilles				

- Trouver un protocole permettant de déterminer la permittivité relative ϵ_r du plastique (polypropylène ou PE).
- Réaliser le protocole.
- Exprimer le résultat de ϵ_r sachant que la valeur de référence de ϵ_r vaut 2,2 et que l'incertitude sur ϵ_r est égale à 0,2. Conclure.

3- Etude simple de la charge et décharge d'un condensateur

3.1- Intensité du courant et charge électrique

L'intensité instantanée i du courant est donnée par la relation:

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad \left| \begin{array}{l} i(t): \text{Intensité du courant (A)} \\ dq: \text{Variation de la charge électrique (C)} \\ dt: \text{Durée (s)} \end{array} \right.$$

Cette relation est valable que le courant circule dans le sens positif choisi ou dans l'autre sens.

3.2- Tension et charge d'un condensateur

La tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur d'un dipôle RC soumis à un échelon de tension E a pour expression:

$$u_c(t) = E \cdot (1 - e^{-t/R \cdot C}) \quad \left| \begin{array}{l} u_c(t): \text{Tension aux bornes du condensateur (V)} \\ E: \text{Echelon de tension (V)} \\ R: \text{Résistance (\Omega)} \\ C: \text{Capacité du condensateur (F)} \end{array} \right.$$

3.3- Tension et décharge d'un condensateur

La tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur d'un dipôle RC lors de la décharge a pour expression:

$$u_c(t) = E \cdot e^{-t/R \cdot C} \quad \left| \begin{array}{l} u_c(t): \text{Tension aux bornes du condensateur (V)} \\ E: \text{Tension initiale (V)} \\ R: \text{Résistance (\Omega)} \\ C: \text{Capacité du condensateur (F)} \end{array} \right.$$

On en déduit la relation:

$$\ln u_c(t) = \ln E - \frac{1}{R \cdot C} \cdot t$$

3.3- Capacité d'un condensateur

Un condensateur soumis à une tension $u_C(t)$ prend une charge $q(t)$ proportionnelle à $u_C(t)$:

$$q(t): \text{Charge du condensateur (C)}$$

$$q(t) = C \cdot u_C(t) \quad u_C(t): \text{Tension électrique aux bornes du condensateur (V)}$$

$$C: \text{Capacité du condensateur (F)}$$

La capacité du condensateur est notée **C** (F) et s'exprime en farad. Toutefois, le farad est une unité représentant une très grande capacité, rarement rencontrée en électronique ou au laboratoire.

On utilise couramment les sous multiples: $1\text{mF}=10^{-3}\text{F}$, $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$, $1\text{nF}=10^{-9}\text{F}$ et $1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$.

Si q_A (**C**) est la charge positive portée par l'armature A d'un condensateur et u_C (V) la tension entre les deux armatures, alors nous aurons: $q_A = C \cdot u_C$.

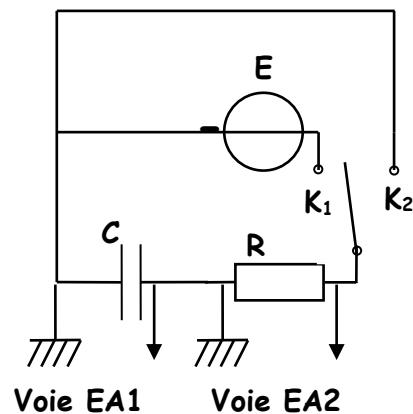
3.4- Charge et décharge d'un condensateur

Pour réaliser l'étude expérimentale de la tension aux bornes d'un condensateur et d'un dipôle ohmique en série, soumis à un échelon de tension, on utilise un dispositif d'acquisition informatisé qui permet de visualiser l'évolution de la tension aux bornes du condensateur.

On utilise un boîtier contenant une alimentation de valeur $E = 1,5\text{ V}$, une résistance de valeur $R = 3,3\text{ k}\Omega$ et un condensateur de valeur $C = 4700\text{ }\mu\text{F}$.

Le montage de ce dispositif correspond au schéma ci-contre.

On réalise une acquisition informatique en choisissant une durée d'acquisition de **200s** avec **3000 points** de mesure.



- On commence par décharger le condensateur en court circuitant celui-ci. On place l'interrupteur en position de décharge.
- On lance ensuite l'acquisition, puis on bascule immédiatement l'interrupteur vers la position de charge.
- On laisse l'expérience se dérouler durant 100s.
- Au bout de 100s, on bascule l'interrupteur vers la droite vers la position de décharge.

L'acquisition se terminera sans intervention de l'expérimentateur au bout de **200s**

Pour la charge du condensateur:

- Quelle est la valeur maximum u_{\max} de la tension?
- A quelle date peut-on considérer que le condensateur est chargé? Pourquoi?
- Quelle est la durée de la charge?

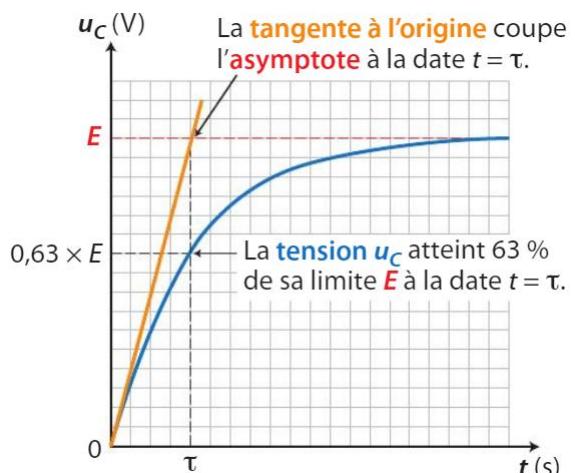
Pour la décharge du condensateur:

- Quelle est la valeur minimum u_{\min} de la tension?
- A quelle date peut-on considérer que le condensateur est déchargé? Pourquoi?
- Quelle est la durée de la décharge?

Etude du temps caractéristique

On peut définir un temps caractéristique noté τ , comme étant l'abscisse de l'intersection de la tangente à la courbe à $t=0$ avec la droite d'équation $u=u_{\max}=E$.

- Déterminer ce temps caractéristique.
- Donner l'expression littérale de τ en fonction de R et de C .
- Montrer que la constante de temps τ a bien la dimension d'un temps.



Pour la décharge du condensateur:

- Sélectionner uniquement les valeurs correspondant à la décharge du condensateur.
- Dans le tableur définir la valeur $\ln(u_c(t))$.
- Tracer ensuite la courbe $\ln(u_c(t))$ en fonction du temps.
- Quelle est le type de courbe obtenu?
- Modéliser cette courbe par la fonction adéquate.
- Noter son équation.
- En déduire la valeur de la constante de temps τ .
- Conclure.