

Programme électricité

S2

- **Chapitre I: Electrostatique**
- **Chapitre II: Electrocinéétique**
- **Chapitre III: Electromagnétisme**

Chapitre I

ELECTROSTATIQUE

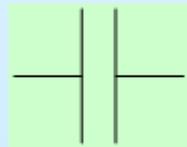
- Charges et champs électrostatique
- Potentiel électrostatique
- Flux du champ électrique
- Théorème de Gauss
- Conducteur en équilibre
- Pression électrostatique
- Capacité d'un conducteur et d'un condensateur

II- LES CONDENSATEURS

1/ Définition:

- ❑ Un condensateur est un dipôle passif
- ❑ constitué de deux conducteurs (= armatures) séparés par un isolant (= diélectrique) par une distance d .

Symbole :



2/ l'intérêt d'un condensateur plan idéal

Le **condensateur** est utilisé principalement pour :

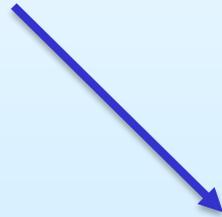
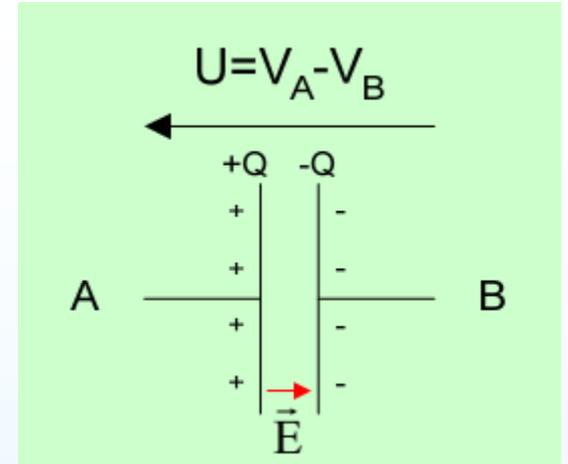
- stabiliser une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension) ;
- traiter des signaux périodiques (filtrage...) ;
- séparer le courant alternatif du courant continu, ce dernier étant bloqué par le **condensateur** ;
- stocker de l'énergie.

3/ Propriétés des condensateurs:

a/ Influence de la tension:

- Lorsqu'on établit une d.d.p. V entre ces conducteurs une charge Q apparaît.

- On constate, également, que si on applique successivement V, V', V'' , il apparaît Q, Q', Q'' .



$$Q / V = Q' / V' = Q'' / V'' = \text{Constante.}$$

b/ La capacité d'un condensateur:

- La charge d'un conducteur unique est proportionnelle au potentiel V . Le coefficient de proportionnalité entre la charge et le potentiel est la capacité :

Avec:

$$C = \frac{q}{V}.$$

Q charge du condensateur en Coulomb ©,

V tension de charge du condensateur en Volts (V),

C capacité du condensateur en Farad (F),

➤ le farad $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$

- 1 F : grande capacité
- Unité courante en électronique: le $\mu\text{F}=10^{-6} \text{ F}$, le $\text{nF} = 10^{-9}$ ou le $\text{pF}=10^{-12}\text{F}$.

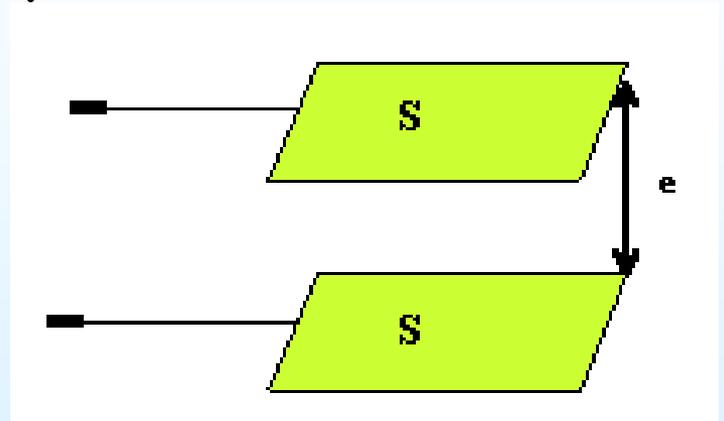
c/ Capacité d'un condensateur plan

Considérons un condensateur ayant deux armatures planes, parallèles de surface S et distantes de e .

➤ Si l'isolant est le vide, la capacité du condensateur est donnée par :

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

S : aire de chaque armature (m^2)
 e : épaisseur du diélectrique (m)



ϵ_0 : est la permittivité électrique du vide

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F / m$$

➤ Si l'isolant est quelconque,

La constante diélectrique, varie en fonction du constituant de l'isolant.

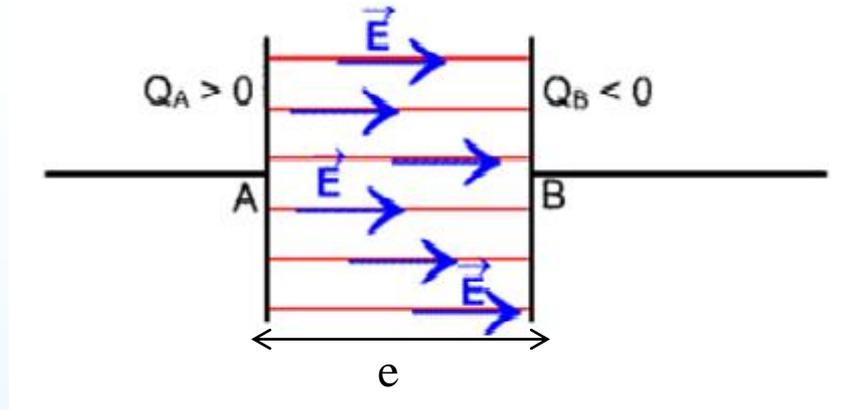
On parlera de la constante diélectrique ou la permittivité relative ϵ_r qui est d'environ 1 pour l'air sec jusqu'à 10 000 pour les céramiques.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{e}$$

Le produit $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ est la permittivité absolue.

Le fait de modifier le diélectrique et d'ajouter un constituant présentant des dipôles permet d'augmenter la charge du condensateur.

d/ Champ d'un isolant:



A l'intérieur d'un condensateur plan, il existe un champ électrique uniforme tel que :

- \vec{E} est perpendiculaire aux plaques
- il est dirigé du + vers le - (le "sens des potentiels décroissants")
- sa valeur est $E = U/e$ avec U en V, d en m et E en $V.m^{-1}$

➤ Champ disruptif (ou rigidité diélectrique)

Au delà d'une certaine intensité (E_d), un isolant devient conducteur.



Exemples :

- Condensateur : $U >$ tension de “claquage”
⇒ destruction du diélectrique

On a:

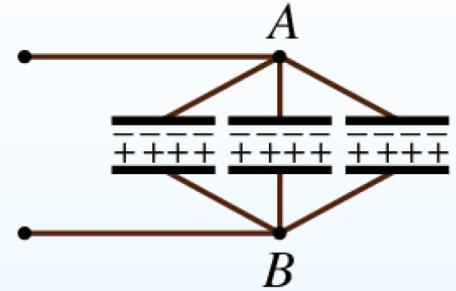
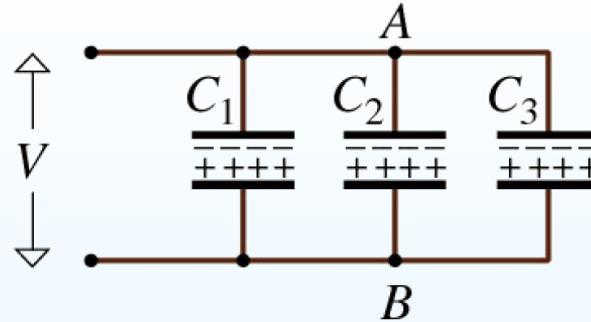
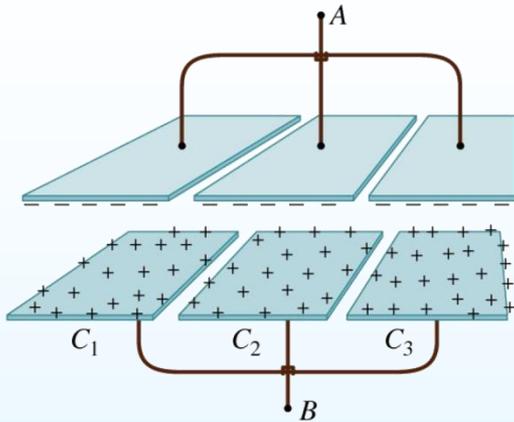
$$U_d = E_d \cdot e$$

Remarque: Lorsqu'on utilise un condensateur il ne faut pas dépasser, ni même atteindre sa tension disruptive ou tension de rupture.

4 - Groupement de condensateurs.

Pour des raisons pratiques, on utilise des associations de plusieurs condensateurs afin d'emmagasiner le plus d'énergie possible. On distingue deux types de groupements de condensateurs : le groupement en série et le groupement en parallèle. La capacité équivalente des systèmes qui en résultent dépend du groupement choisi.

4. 1 En parallèle



Capacité résultante ?

On a même tension:

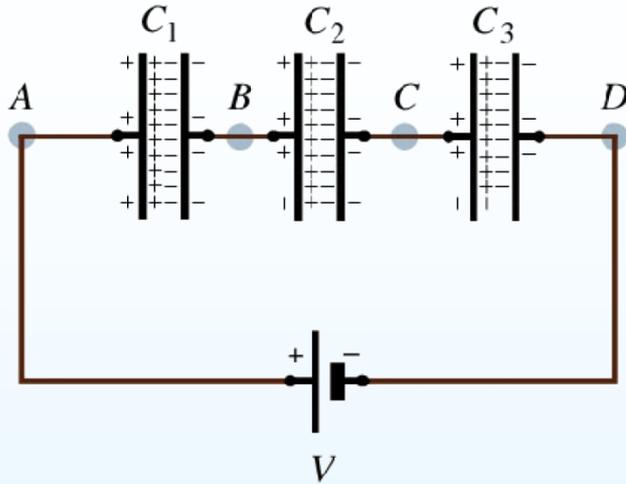
$$V=V_1=V_2=V_3$$

Et la charge totale est $Q=Q_1+Q_2+Q_3$

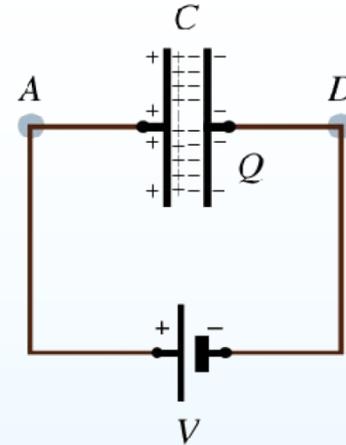
Donc $CV=C_1V_1+C_2V_2+C_3V_3=V(C_1+C_2+C_3)$ Et $C=Q/V \rightarrow C=C_1+C_2+C_3$

La capacité de condensateurs associés en parallèle est la **somme** des capacités individuelles

4. 2 En série:



Équivalent à



$$Q=Q_1=Q_2=Q_3$$

Tous les condensateurs emmagasinent la même charge Q à cause du phénomène d'influence. La tension entre les extrémités de tout l'ensemble est égale à la somme des tensions : $V=V_1+V_2+V_3$

$$V=Q/C, \text{ donc : } \frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

L'inverse de la capacité équivalente est égal à la somme des inverses des capacités des condensateurs montés en série

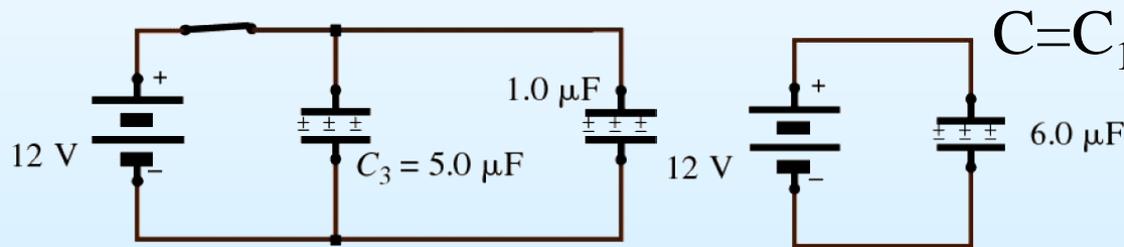
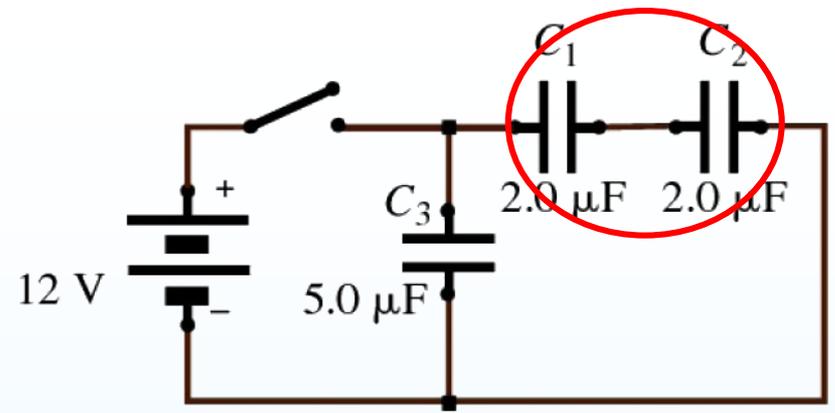
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Exemple: circuit mixte

Calculer C , V_1 , V_2 , V_3 , Q_1 , Q_2 , Q_3

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

$$C_{12} = \frac{(2,0\mu F)(2,0\mu F)}{(2,0\mu F) + (2,0\mu F)} = 1,0\mu F$$



$$C = C_{12} + C_3 = (1,0\mu F) + (5,0\mu F) = 6,0\mu F$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{12,0\mu C}{2,0\mu F} = 6V = V_2$$

$$Q_3 = C_3 V_3 = (5,0\mu F)(12V) = 60\mu C$$

$$Q = CV = (6,0\mu F)(12V) = 72\mu C$$

$$Q_1 = Q_2 = Q - Q_3 = (72\mu C) - (60\mu C) = 12\mu C$$

5/ Énergie stockée dans un condensateur:

Soit C la capacité propre du condensateur, Q sa charge et V son potentiel dans un état d'équilibre donné.

- L'énergie interne est mesurée par le travail qu'il faut fournir pour charger le conducteur
- Ou bien par le travail des forces électrostatiques mis en jeu au cours de la décharge du conducteur
- Ou encore, elle représente la somme des variations d'énergie potentielle subies par toutes les charges au cours de la charge du conducteur.

Partant de l'énergie potentielle élémentaire donnée

$$\left. \begin{array}{l} dE_p = v dq \\ \text{or } q = C v \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} E_p = \int_0^Q v dq \\ v = \frac{q}{C} \end{array} \right\} \Rightarrow E_p = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Il s'ensuit donc que : $E_p = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C v^2 = \frac{1}{2} Q v$

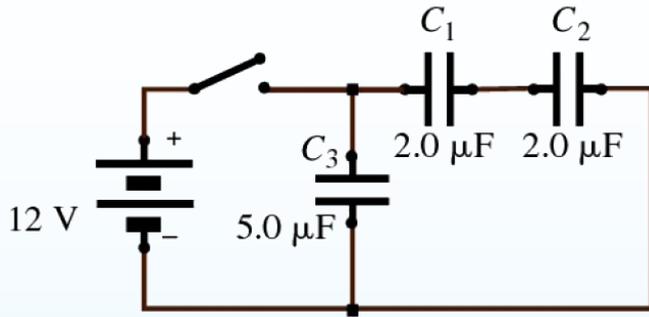
E_p : énergie en joule (J)

C : capacité (F)

V : tension aux bornes (V)

Cette énergie est emmagasinée dans l'espace entre les armatures.

Exemple: énergie stockée dans un réseau de condensateurs



Énergie stockée dans le circuit précédent ?

$$E_{PE1} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} (12\mu\text{C})(6,0\text{ V}) = 36\mu\text{J}$$

$$E_{PE2} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} (12\mu\text{C})(6,0\text{ V}) = 36\mu\text{J}$$

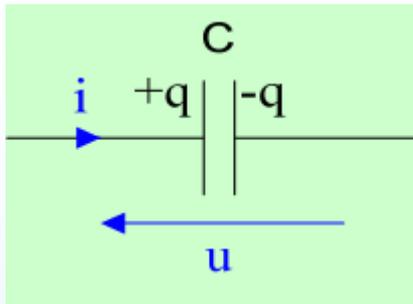
$$E_{PE3} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} (60\mu\text{C})(12,0\text{ V}) = 360\mu\text{J}$$

$$E_{PE} = E_{PE1} + E_{PE2} + E_{PE3} = 432\mu\text{J}$$

Vérification

$$E_{PE} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (6,0\mu\text{F})(12,0\text{ V})^2 = 432\mu\text{J}$$

6/Relation entre courant et tension dans un condensateur



Rappel : L'intensité du courant électrique i (en A) est définie par :

$$i = + \frac{dq}{dt}$$

avec

$$q = +Cu$$

d'où :

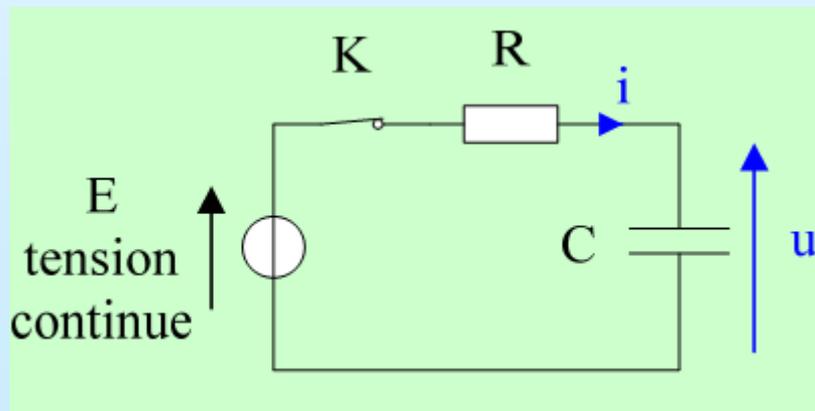
$$i = +C \frac{du}{dt}$$

a/ Charge et décharge d'un condensateur:

♦ Charge d'un condensateur à travers une résistance

Supposons le condensateur initialement déchargé ($u = 0$ V).

On ferme K à l'instant $t = 0$.

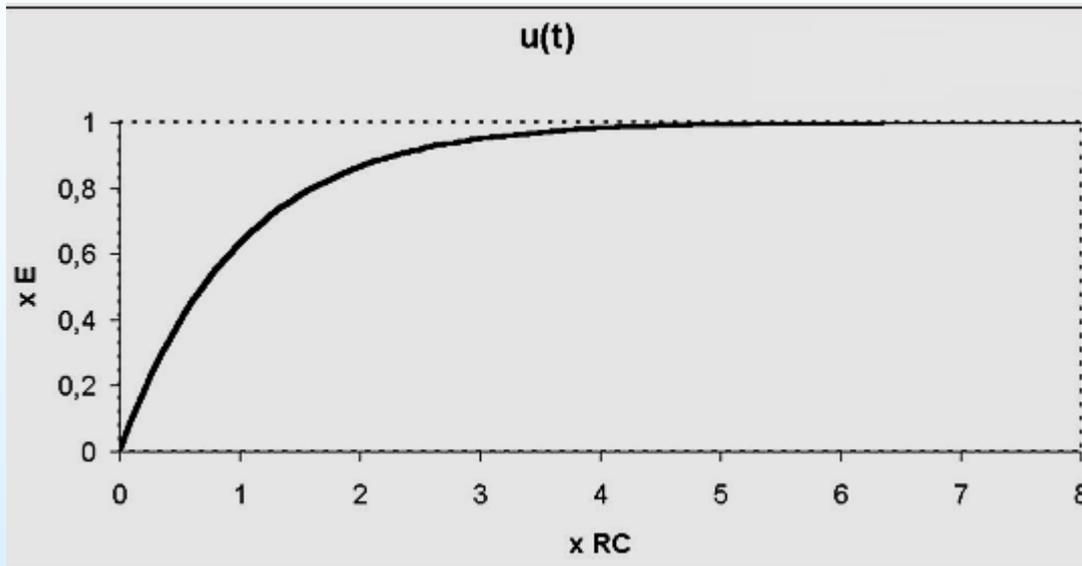


Loi des branches : $E = Ri + u$

On obtient une équation différentielle:

$$u + RC \frac{du}{dt} = E$$

Solution : $u(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$



$\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.

Remarque : après une durée de 3τ , le condensateur est chargé à 95 %

◆ Décharge d'un condensateur à travers une résistance

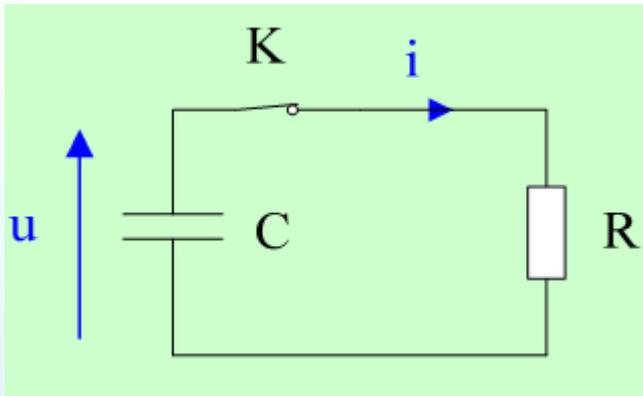
Supposons le condensateur initialement chargé ($u = E$).

On ferme K à $t = 0$.

Loi d'Ohm : $u = +Ri$

$$i = -C \frac{du}{dt}$$

D'ou $u + RC \frac{du}{dt} = 0$



Solution:

$$u(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

