

## Le condensateur

**Séance 7 en Distanciel** – PHY104 : Electrostatique et Electrocinétique

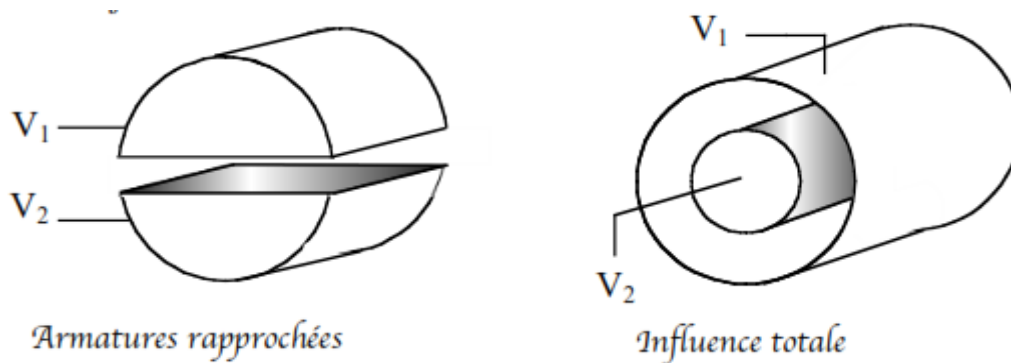
Ing. Agbassou Guenoukpati, Département du Génie Electrique, ENSI, Université de Lome, Togo

### III.3- Le condensateur

#### III.3.1- Condensation de l'électricité

**Définition :** On appelle condensateur tout système de deux conducteurs en influence électrostatique. Il y a deux sortes de condensateurs :

- à armatures rapprochées
- à influence totale



En général, les deux armatures sont séparées par un matériau isolant (un diélectrique), ce qui a pour effet d'accroître la capacité du condensateur. Dans ce qui suit on suppose qu'il n'y a que du vide. Soient donc deux conducteurs (A1) et (A2) portant une charge totale  $Q_1$  et  $Q_2$  de Potentiels  $V_1$  et  $V_2$ . D'après la section précédente, on a

$$\begin{cases} Q_1 = C_{11} \cdot V_1 + C_{12} \cdot V_2 \\ Q_2 = C_{21} \cdot V_1 + C_{22} \cdot V_2 \end{cases}$$

Les coefficients  $C_{ij}$  étant indépendants des valeurs de  $Q$  et de  $V$ , il suffit, pour les trouver, de considérer des cas particuliers simples (formellement on a ici 2 équations à 4 inconnues). Regardons ce qui se passe dans le cas d'un condensateur à influence totale, c'est à dire un condensateur pour lequel on a

$$Q_1 = Q_2^{ext} + Q_2^{int} = Q_2^{ext} - Q_1$$

Si on relie (A2) à la masse (  $V_2 = 0$ ,  $Q_2^{ext} = 0$  car on néglige toute influence extérieure), alors

on obtient

$$\begin{cases} Q_1 = -Q_2 \\ C_{11} = C_{21} \end{cases}$$

La première relation n'est vraie que si (A2) est à la masse, mais la seconde est générale. Par ailleurs, on sait que  $C_{12} = C_{21}$  (on peut aussi le redémontrer en reliant les deux conducteurs par un fil ( $V_1 = V_2$ ) et choisir  $Q_1 = 0$ ). Par convention, la capacité  $C$  du condensateur, sa charge  $Q$  et sa tension entre armatures sont alors définies de la façon suivante,

$$\begin{aligned} C &= C_{11} \\ U &= V_1 - V_2 \end{aligned}$$

$$Q = Q_1$$

ce qui fournit la relation des condensateurs

$$Q = C \cdot U$$

### Remarques

1. Pourquoi appelle-t-on ces dispositifs des condensateurs ? Parce qu'ils permettent de mettre en évidence le phénomène de « condensation de l'électricité », à savoir l'accumulation de charges électriques dans une petite zone de l'espace. Ainsi, en construisant des condensateurs de capacité  $C$  élevée, on obtient des charges électriques élevées avec des tensions  $U$  faibles.
2. La charge située sur l'armature (A2) est  $Q_2 = Q_2^{ext} - Q_1$  (pour un condensateur à influence totale) et, en toute rigueur, ne vaut  $-Q$  que lorsque (A2) est mise à la masse. En général, elle reste cependant négligeable devant  $Q$  dans les cas considérés dans ce cours et on n'en tiendra donc pas compte.

Pour un condensateur à armatures rapprochées, on obtient le même résultat, moyennant une séparation faible (devant leur taille) des conducteurs. Dans ce type de condensateur, les charges  $Q_1$  et  $Q_2$  correspondent à celles qui se trouvent réparties sur l'ensemble de la surface de chaque conducteur. Mais si la distance est faible, l'influence électrostatique va condenser les charges sur les surfaces en regard, de telle sorte que l'on peut faire l'hypothèse suivante

$$Q_1 = Q_1^{ext} + Q_1^S \approx Q_1^S$$

$$Q_2 = Q_2^{ext} + Q_2^S \approx Q_2^{ext} - Q_1^S \approx Q_2^{ext} - Q_1$$

ce qui nous ramène à une expression identique à celle d'un condensateur à influence totale.

### III.3.2- Capacités de quelques condensateurs simples

Dans ce qui suit, nous allons voir plusieurs exemples de calculs de capacités. Pour obtenir la capacité  $C$  d'un condensateur, il faut calculer la relation entre sa charge  $Q$  et sa tension  $U$ , c'est à dire

$$U = V_1 - V_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{Q}{C}$$

Autrement dit, il faut être capable de calculer la circulation du champ électrostatique entre les deux armatures ainsi que la charge  $Q$ .

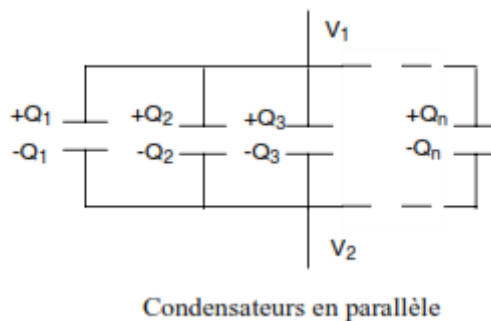
### III.3.3- Associations de condensateurs

#### (a) Condensateurs en parallèle

Soient  $n$  condensateurs de capacités  $C_i$  mis en parallèle avec la même tension  $U = V_1 - V_2$ . La charge électrique de chacun d'entre eux est donnée par  $Q_i = C_i \cdot U$  est simplement. La charge électrique totale

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = \left( \sum_{i=1}^n C_i \right) \cdot U$$

ce qui correspond à une capacité équivalente  $\sum_{i=1}^n C_i$  qui est la somme des capacités individuelles.



#### (b) Condensateurs en série

Soient  $n$  condensateurs de capacités  $C_i$  mis en série les uns derrière les autres. On porte aux potentiels  $V_0$  et  $V_n$  les deux extrémités de la chaîne et on apporte la charge  $Q$  sur le premier condensateur. En supposant que tous les condensateurs sont initialement neutres, il s'établit la charge  $\pm Q$  (par influence) sur les armatures des condensateurs adjacents. La tension totale aux bornes de la chaîne de condensateurs s'écrit alors simplement

$$U = V_0 - V_n = (V_0 - V_1) + (V_1 - V_2) + \dots + (V_{n-1} - V_n).$$

$$U = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

et correspond à celle d'une capacité unique C de capacité équivalente  $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$



Condensateurs en série

**Références**

- [1] Electromagnétisme PCSIP. Krempf - Editions Bréal 2003
- [2] Physique Cours compagnon PCSI T. Cousin / H.Perodeau - Editions Dunod 2009
- [3] Electromagnétisme 1ère année MPSI-PCSI-PTSI - JM.Brébec - Editions Hachette
- [4] Cours de physique, électromagnétisme, 1.Electrostatique et magnétostatique - D.Cordier – Editions Dunod
- [5] La physique en fac cours et exercices corrigés - Emile Amzallag - Joseph Cipriani - Jocelyne Ben Aïm - Norbert Piccioli
- [6] [http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées\\_polaires\\_et\\_cylindriques](http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées_polaires_et_cylindriques)
- [7] <http://epiphys.emn.fr>
- [8] <http://turrier.fr/maths-physique/coordonees/systemes-de-coordonnees.html>
- [9] <https://nptel.ac.in/courses/115/106/115106122/>
- [10] <https://nptel.ac.in/courses/115/106/115106122/>

**Pour le Calcul de champ par méthode intégrale : exemple du fil infini suivez**

Lien web <https://www.physagreg.fr/electromagnetisme-11-champ-electrostatique.php>

lien vidéo : <https://youtu.be/zitm54XT6i0>