

Cours SVT_S2

Chapitre-8:

Les conducteurs - Influence électrostatique et condensateurs

Pr. Farida Fassi

Faculté des Sciences de Rabat

Définition d'un conducteur

- **Conducteur:** Une matière dans laquelle les électrons se déplacent facilement entre les atomes
 - Dans un conducteur, les charges sont mobiles et sont donc susceptibles de se déplacer sous l'action d'un champ électrique même très faible
 - les métaux sont des conducteurs électriques
- **Conducteur en équilibre:**
 - Un conducteur est à l'équilibre électrostatique lorsque aucune charge électrique ne se déplace à l'intérieur de celui-ci.
- **Conséquences:**
 - Les charges à l'intérieur d'un conducteur à l'équilibre (chargé ou non) sont soumises à un champ électrostatique nul.

Propriétés d'un conducteur en équilibre

Equilibre $\Leftrightarrow \vec{E} = \vec{0}$ dans tout le conducteur

si $\vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \rho = 0$ dans le conducteur d'après le Th. de Gauss

Les charges en excès se mettent en surface : densité de surface σ

$$\begin{aligned} \text{On sait que : } \vec{E} &= -\overline{\text{grad}}(V) \\ \Rightarrow \vec{E} = \vec{0} &\Leftrightarrow V = C^{\text{te}} \end{aligned}$$

Si le champ à l'intérieur du conducteur est nul, alors le conducteur à l'équilibre électrostatique est **équipotentiel**.

- Le volume du conducteur est équipotentiel
- La surface est une équipotentielle \Rightarrow le champ électrique en surface est \perp au conducteur

➤ Les électrons libres responsable de la conduction se trouvent à la surface du conducteur.

Capacité d'un conducteur en équilibre

- Considérons un **conducteur isolé en équilibre** électrostatique, portant **une charge Q** , répartie sur sa surface externe avec **une densité surfacique**
 - **Sa charge est proportionnelle à son potentiel**

$\frac{Q}{V} = C$: représente la capacité du conducteur isolé. C ne dépend que de la forme géométrique et est toujours >0 ($\Rightarrow Q$ et V de même signe).

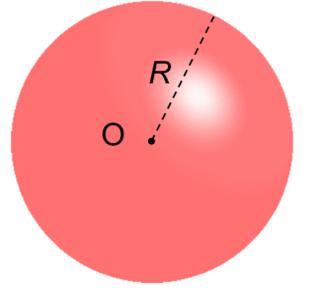
C s'exprime en Farad.

$$Q = CV$$

Le farad est une unité très grande, on utilise plutôt des sous multiples :

Le microfarad : $1\mu F = 10^{-6} F$, le nanofarad : $1nF = 10^{-9} F$, le picofarad : $1pF = 10^{-12} F$.

Capacité d'une sphère conductrice



Expression de la capacité d'une sphère conductrice en équilibre de centre O et de rayon R et portant une charge totale Q réparti sur la surface avec une densité constante σ .

- **Le potentiel est constant à l'intérieur et sur la surface de la sphère. Calculons V au centre de la sphère :**

$$V = V_{\text{surf}} = V_{\text{sphère}} = V(O) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_S \frac{\sigma ds}{R} \longrightarrow V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} \iint_S \sigma ds$$

D'autre part :

$$Q = \iint_S \sigma ds$$

$$Q = CV$$

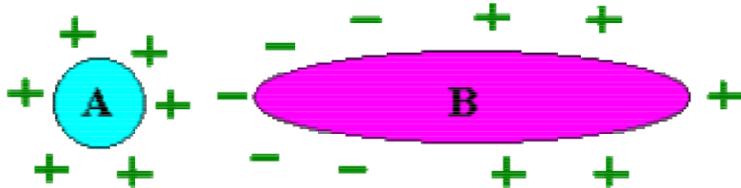
d'où : $C = 4\pi\epsilon_0 R$

Phénomène d'influence

B un conducteur isolé ne porte aucune charge $Q = 0, V = 0, \vec{E} = \vec{0}$.

On approche de B un corps A chargé positivement.

- action de A sur B => B influencé par A : des charges - apparaissent sur la partie de B proche de A et des charges + sur la partie la plus éloignée.



➤ modification de la répartition des charges sur la surface de B,

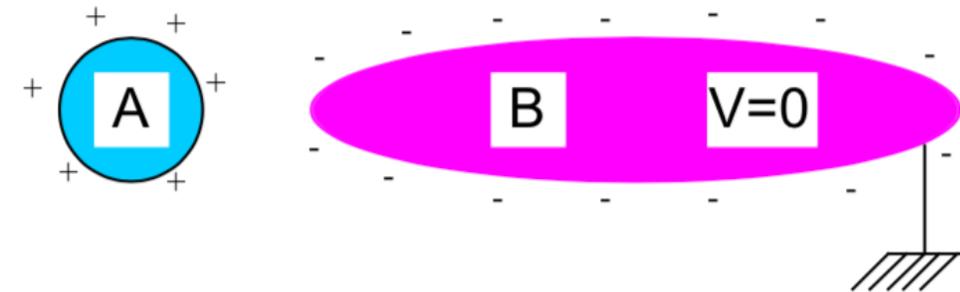
Conclusion: le phénomène d'influence ne modifie pas la charge totale d'un conducteur isolé, mais modifie uniquement la répartition de cette charge sur sa surface et donc son potentiel

- *B étant isolé:*
- *sa charge reste constante égale à sa valeur initiale.*

Remarque : si le conducteur B était initialement chargé, il conserve la même charge mais la répartition en surface est modifiée.

Influence subie par un conducteur maintenu à un potentiel constant

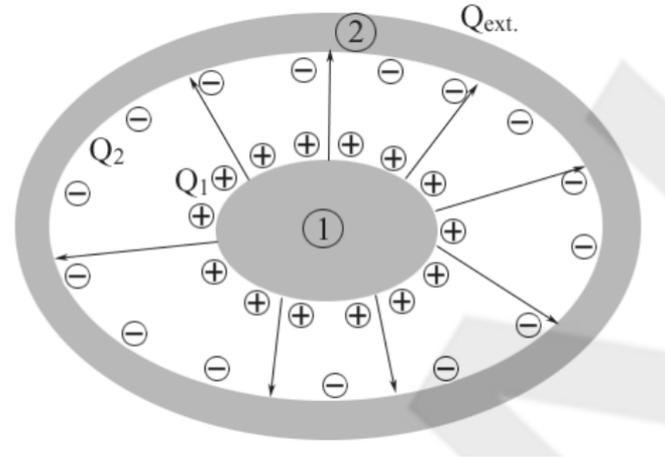
- Si l'on relie le conducteur B au sol par un fil, que se passe-t-il ?
 - Le conducteur B et la Terre sont au même potentiel
 - Le potentiel du conducteur A est plus élevé que celui du conducteur B
- Le conducteur B ne porte plus de charges positives. On dit, après avoir relié ce conducteur à la Terre, *que les charges positives qui s'y trouvaient*, « se sont écoulées au sol »
 - plus exactement, les électrons en provenance de la Terre neutralisent les charges positives du conducteur B



- On dit que les conducteurs sont en « **influence partielle** » et que le conducteur B a été « **électrisé par influence** » (il n'y a pas eu création de charges mais simplement déplacement de ses propres charges).

L'influence totale

- L'influence entre deux conducteurs est dite « totale » si toutes les lignes de champ qui partent du **conducteur 1** arrivent à la surface du **conducteur 2** : cela peut être obtenu lorsque le conducteur 1 est à l'intérieur du conducteur 2 qui est creux.



- Il apparaît, par influence totale, une charge sur la surface interne du conducteur 2 est égale et opposée à celle du conducteur 1: $Q_2 = -Q_1$
- La surface externe du conducteur 2 peut porter une charge quelconque $Q_{ext.}$

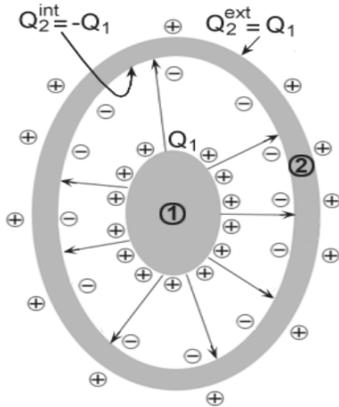
L'influence totale

- La charge du conducteur 2 $Q_{\text{ext.}}$ va dépendre de sa charge initiale et de son état électrique. On peut distinguer 3 cas :

Conducteur 2 isolé et initialement neutre

$$Q_2 = Q_2^{\text{tot.}} = Q_2^{\text{int.}} + Q_2^{\text{ext.}} = 0$$

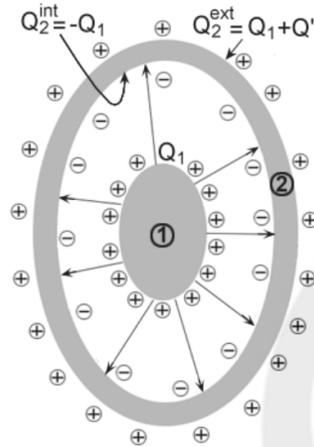
$$Q_2^{\text{ext.}} = -Q_2^{\text{int.}} = Q_1$$



Conducteur 2 isolé et portant une charge libre initiale Q' sur sa surface extérieure

$$Q_2 = Q_2^{\text{int.}} + Q_2^{\text{ext.}} = Q'$$

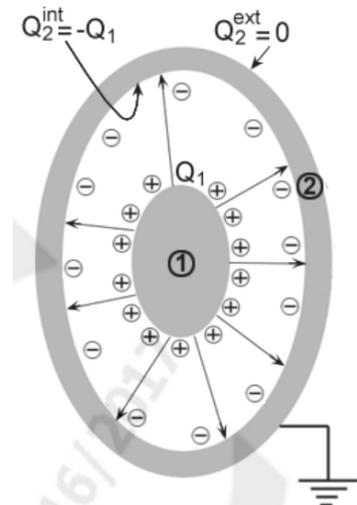
$$Q_2^{\text{ext.}} = -Q_2^{\text{int.}} + Q' = Q_1 + Q'$$



Conducteur 2 neutre et relié au sol

(donc $Q_2^{\text{ext.}} = 0$)

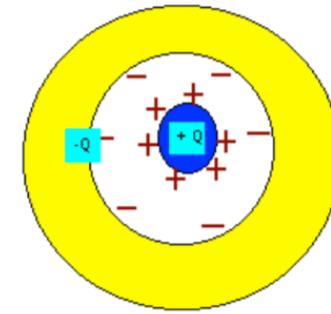
$$Q_2 = Q_2^{\text{int.}} + Q_2^{\text{ext.}} = Q_2^{\text{int.}} + 0 = Q_2^{\text{int.}} = -Q_1$$



Les condensateurs

➤ On appelle condensateur un système de deux conducteurs en influence totale

➤ Les deux conducteurs sont appelés armatures du condensateur.

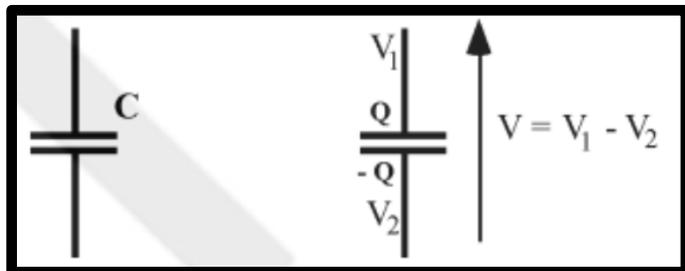


On appelle charge du condensateur, la charge Q de son armature interne.

➤ Les armatures 1 et 2 sont respectivement aux potentiels V_1 et V_2

➤ On définit la capacité du condensateur par le rapport de sa charge Q et de la différence de potentiel entre ses deux armatures ($V_1 - V_2$), soit :

Représentation :



$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

- Un condensateur sert à emmagasiner de l'énergie électrique.
- L'intérêt est de stocker beaucoup de charges sur ses armatures, ce qui dépend de sa différence de potentiel, de la nature du diélectrique et de sa géométrie.

Calcul de capacités

- **Méthode générale**

- On calcul le champ E entre les armatures (en utilisant le théorème de Gauss),

- On calcul la circulation du champ d'une armature à l'autre, $V_1 - V_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}$

- Connaissant la charge $Q = \iint_S \sigma \cdot dS$, on calcul $C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$

Exemple de calcul : Capacités des condensateurs cylindrique (TD)

➤ Le condensateur cylindrique est constitué de deux cylindres conducteurs concentriques de même axe et de rayons respectifs R_1 et R_2 .

➤ D'après le théorème de Gauss appliqué sur une cylindrique de rayon r compris entre R_1 et R_2

-On calcul d'abord le champ électrostatique entre les armatures :
$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r h}$$

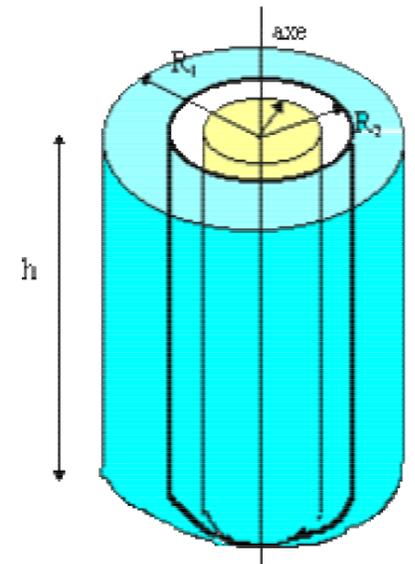
➤ On calcul la différence de potentiel entre les armatures

On en déduit :

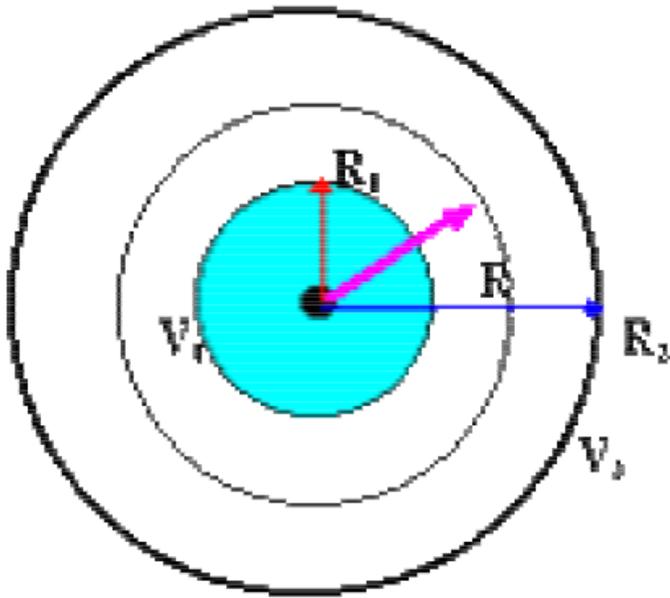
$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\text{Ln} \frac{R_2}{R_1}}$$

$$V_1 - V_2 = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 h} \text{Ln} \frac{R_2}{R_1}$$

En coordonnées cylindriques :



- Condensateur sphérique



Dans ce cas on trouve : $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$

Condensateur avec dielectrique

En réalité entre les armatures d'un condensateur il y'a un isolant (solide, liquide ou l'air). L'expérience montre que l'utilisation de l'isolant permet d'augmenter la capacité du condensateur $C = \epsilon_r C_0$,

ou C est la capacité du condensateur avec un isolant entre les armatures, et C_0 sa capacité lorsqu'il n' y a rien entre les armatures « du vide »,

ϵ_r sans unité, est la permittivité relative de l'isolant ou constante diélectrique, elle ne dépend que de la nature de l'isolant.

$\epsilon_r = \epsilon_0 \epsilon_r$ est la permittivité absolue de l'isolant, ϵ_0 est la permittivité absolue du vide.

Exemples : Valeurs de ϵ_r pour quelques isolants :

Verres : ϵ_r de 4 à 7,

mica : $\epsilon_r = 8$,

air : $\epsilon_r = 1,00058$

- ❖ Quelques exemples de milieux diélectriques :
- ❖ le vide, le [verre](#), le bois sec,
- ❖ de nombreux [plastiques](#), etc..