

# Conducteurs à l'équilibre

Sidi M. Khefif

Département de Physique  
EPST Tlemcen

17 mars 2013

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.
- ▶ Les conducteurs sont donc des matériaux qui contiennent des charges électriques mobiles, capables de se déplacer dans tout le volume disponible.

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.
- ▶ Les conducteurs sont donc des matériaux qui contiennent des charges électriques mobiles, capables de se déplacer dans tout le volume disponible.
- ▶ Ils contiennent évidemment d'autres particules chargées (noyaux, électrons atomiques) dont les déplacements sont très limités.

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.
- ▶ Les conducteurs sont donc des matériaux qui contiennent des charges électriques mobiles, capables de se déplacer dans tout le volume disponible.
- ▶ Ils contiennent évidemment d'autres particules chargées (noyaux, électrons atomiques) dont les déplacements sont très limités.
- ▶ On peut citer les métaux, les semi-conducteurs, les supra-conducteurs, les électrolytes ou les gaz ionisés.

## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.
- ▶ Les conducteurs sont donc des matériaux qui contiennent des charges électriques mobiles, capables de se déplacer dans tout le volume disponible.
- ▶ Ils contiennent évidemment d'autres particules chargées (noyaux, électrons atomiques) dont les déplacements sont très limités.
- ▶ On peut citer les métaux, les semi-conducteurs, les supra-conducteurs, les électrolytes ou les gaz ionisés.
- ▶ À noter que dans les conducteurs liquides, comme l'eau saline, se sont les ions qui se meuvent.



## IX. Conducteurs et influences électriques

### Introduction

- ▶ Dans un *isolant*, comme le verre ou le plastique, chaque électron est attaché à un atome.
- ▶ Par contre, dans un *conducteur* métallique, un ou plusieurs électrons sont libres de se déplacer dans tout le matériau.
- ▶ Les conducteurs sont donc des matériaux qui contiennent des charges électriques mobiles, capables de se déplacer dans tout le volume disponible.
- ▶ Ils contiennent évidemment d'autres particules chargées (noyaux, électrons atomiques) dont les déplacements sont très limités.
- ▶ On peut citer les métaux, les semi-conducteurs, les supra-conducteurs, les électrolytes ou les gaz ionisés.
- ▶ À noter que dans les conducteurs liquides, comme l'eau saline, se sont les ions qui se meuvent.
- ▶ Les conducteurs sont dotés d'une *résistance électrique* faible.

## IX.1. Équilibre électrostatique

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

2. *À l'intérieur du conducteur, la densité de charge est nulle  $\rho = 0$ .*



## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

2. *À l'intérieur du conducteur, la densité de charge est nulle  $\rho = 0$ .*

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

2. *À l'intérieur du conducteur, la densité de charge est nulle  $\rho = 0$ .*

D'après le théorème de Gauss,  $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ . Si  $\vec{E} = 0$ , alors  $\rho = 0$ . Il y a autant de charges positives que négatives.

3. *Toute charge résiduelle (charge excédentaire) sera confinée sur la surface.*

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

2. *À l'intérieur du conducteur, la densité de charge est nulle  $\rho = 0$ .*

D'après le théorème de Gauss,  $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ . Si  $\vec{E} = 0$ , alors  $\rho = 0$ . Il y a autant de charges positives que négatives.

3. *Toute charge résiduelle (charge excédentaire) sera confinée sur la surface.*

## IX.1. Équilibre électrostatique

On définit la condition d'équilibre d'un conducteur comme impliquant *l'immobilité* des *charges* contenues à *l'intérieur* de ce conducteur.

Quelles sont les conséquences de cette condition ?

1. *En tout point intérieur au conducteur, le champ électrique est nul  $\vec{E}_{\text{int}} = 0$ .*

S'il y avait un champ non-nul, les charges libres se déplaceraient sous son influence et donc il n'y a pas d'équilibre électrostatique !

(À voir la loi d'Ohm  $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ )

2. *À l'intérieur du conducteur, la densité de charge est nulle  $\rho = 0$ .*

D'après le théorème de Gauss,  $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ . Si  $\vec{E} = 0$ , alors  $\rho = 0$ . Il y a autant de charges positives que négatives.

3. *Toute charge résiduelle (charge excédentaire) sera confinée sur la surface.*

Il n'y a pas d'autre place où elle pourrait se trouver.

## IX.1. Équilibre électrostatique

## IX.1. Équilibre électrostatique

4. *Un conducteur est un équipotentiel.*

## IX.1. Équilibre électrostatique

4. *Un conducteur est un équipotentiel.*

## IX.1. Équilibre électrostatique

4. *Un conducteur est un équipotentiel.*

Choisissons deux points  $a$  et  $b$  quelconques à l'intérieur d'un conducteur (où à sa surface) :

$$V(b) - V(a) = - \int_a^b \vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$$

d'où  $V(b) = V(a)$ . Ainsi, dans tout le volume d'un conducteur à l'équilibre, *le potentiel est uniforme.*



## IX.1. Équilibre électrostatique

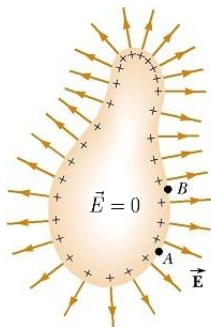
4. *Un conducteur est un équipotentiel.*

Choisissons deux points  $a$  et  $b$  quelconques à l'intérieur d'un conducteur (où à sa surface) :

$$V(b) - V(a) = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

d'où  $V(b) = V(a)$ . Ainsi, dans tout le volume d'un conducteur à l'équilibre, *le potentiel est uniforme*.

5. *À l'extérieur du conducteur, le champ électrique est perpendiculaire à la surface.*



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

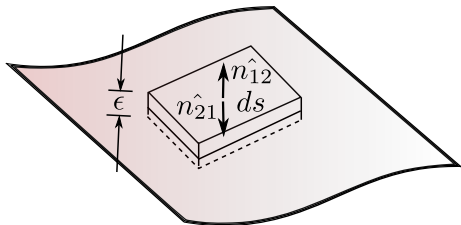
### a. Le théorème de Coulomb

Considérons une surface de Gauss de la forme d'une "boîte à chaussures" d'épaisseur  $\epsilon$ , très petite devant les dimensions latérales.

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

Considérons une surface de Gauss de la forme d'une "boîte à chaussures" d'épaisseur  $\epsilon$ , très petite devant les dimensions latérales.



Le flux total du champ électrique, en négligeant le flux latéral, est

$$\begin{aligned}\Phi_E &= \vec{E}_2 \cdot \hat{n}_{12} ds + \vec{E}_1 \cdot \hat{n}_{21} ds \\ &= \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma ds}{\epsilon_0}\end{aligned}$$

d'où

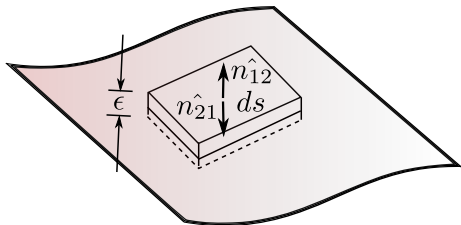
$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

Considérons une surface de Gauss de la forme d'une "boîte à chaussures" d'épaisseur  $\epsilon$ , très petite devant les dimensions latérales.



Le flux total du champ électrique, en négligeant le flux latéral, est

$$\begin{aligned}\Phi_E &= \vec{E}_2 \cdot \hat{n}_{12} ds + \vec{E}_1 \cdot \hat{n}_{21} ds \\ &= \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma ds}{\epsilon_0}\end{aligned}$$

d'où

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

Cette relation indique, qu'à la traversée d'une distribution superficielle de charges, la composante normale du champ électrique est *discontinue*.

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

Dans le cas de la surface d'un conducteur, on affecte l'indice 1 au conducteur et l'indice 2 au vide. On a

$$\vec{E}_1 \equiv \vec{E}_{\text{int}} = 0$$

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

Dans le cas de la surface d'un conducteur, on affecte l'indice 1 au conducteur et l'indice 2 au vide. On a

$$\vec{E}_1 \equiv \vec{E}_{\text{int}} = 0$$

La surface du conducteur est équipotentielle,  $\vec{E}_2 \equiv \vec{E}_{\text{ext}}$  lui est *orthogonal*.

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

Dans le cas de la surface d'un conducteur, on affecte l'indice 1 au conducteur et l'indice 2 au vide. On a

$$\vec{E}_1 \equiv \vec{E}_{\text{int}} = 0$$

La surface du conducteur est équipotentielle,  $\vec{E}_2 \equiv \vec{E}_{\text{ext}}$  lui est *orthogonal*.

On désigne par  $\hat{n}_{\text{ext}} = \hat{n}_{12}$ , alors

$$\vec{E}_{\text{ext}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{n}_{\text{ext}}$$

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### a. Le théorème de Coulomb

$$\hat{n}_{12}(\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

avec  $\hat{n}_{12}$  est la normale à la surface orientée de  $S_1$  vers  $S_2$ .

Dans le cas de la surface d'un conducteur, on affecte l'indice 1 au conducteur et l'indice 2 au vide. On a

$$\vec{E}_1 \equiv \vec{E}_{\text{int}} = 0$$

La surface du conducteur est équipotentielle,  $\vec{E}_2 \equiv \vec{E}_{\text{ext}}$  lui est *orthogonal*.

On désigne par  $\hat{n}_{\text{ext}} = \hat{n}_{12}$ , alors

$$\vec{E}_{\text{ext}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{n}_{\text{ext}}$$

Cette expression donnant le champ électrostatique, au voisinage d'une surface chargée, est connue sous l'appellation de *théorème de Coulomb*.

Conséquence : Effet des pointes

## Conséquence : Effet des pointes

Dans le cas d'un conducteur sphérique chargé, le champ à la surface est

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{u}_r \quad \text{avec} \quad \sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

d'où

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{u}_r.$$

## Conséquence : Effet des pointes

Dans le cas d'un conducteur sphérique chargé, le champ à la surface est

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{u}_r \quad \text{avec} \quad \sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

d'où

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{u}_r.$$

Si  $R \rightarrow 0$  (rayon de courbure), alors  $\sigma$  et donc  $E \rightarrow \infty$  ! Le champ est d'autant plus élevé que le rayon de courbure est petit !



## Conséquence : Effet des pointes

Dans le cas d'un conducteur sphérique chargé, le champ à la surface est

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{u}_r \quad \text{avec} \quad \sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

d'où

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{u}_r.$$

Si  $R \rightarrow 0$  (rayon de courbure), alors  $\sigma$  et donc  $E \rightarrow \infty$  ! Le champ est d'autant plus élevé que le rayon de courbure est petit !

Près d'une pointe, le champ électrique peut être suffisant pour ioniser localement l'air et produire un canal conducteur qui peut entrer en contact avec un canal conducteur descendant : un éclair se produit alors. La décharge est contrôlée par les paratonnerres.



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

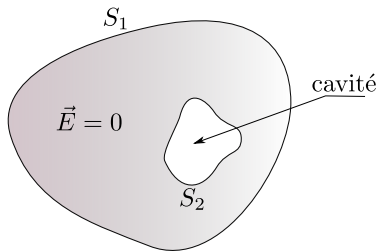
## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

À l'équilibre électrostatique, quel que soit l'état électrique à l'extérieur d'un conducteur, la surface  $S_2$  et le volume qu'elle englobe sont équipotentiels. Ainsi, le champ électrique est nul à l'intérieur de la cavité.



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

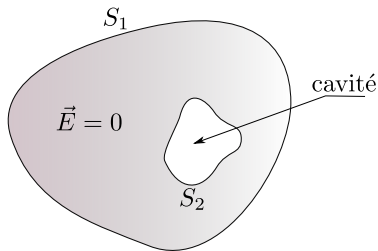
### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

À l'équilibre électrostatique, quel que soit l'état électrique à l'extérieur d'un conducteur, la surface  $S_2$  et le volume qu'elle englobe sont équipotentiels.

Ainsi, le champ électrique est nul à l'intérieur de la cavité.

Au voisinage de  $S_2$ , d'après le théorème de Coulomb,  $\vec{E} = 0$ , d'où  $\sigma_2 = 0$ .

*La surface intérieure n'est donc pas chargée.*



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

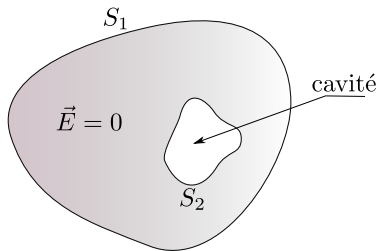
À l'équilibre électrostatique, quel que soit l'état électrique à l'extérieur d'un conducteur, la surface  $S_2$  et le volume qu'elle englobe sont équipotentiels. Ainsi, le champ électrique est nul à l'intérieur de la cavité.

Au voisinage de  $S_2$ , d'après le théorème de Coulomb,  $\vec{E} = 0$ , d'où  $\sigma_2 = 0$ .

*La surface intérieure n'est donc pas chargée.*

#### Conclusion :

Le champ est nul dans la cavité, comme il l'est dans la partie massive du conducteur, quelles que soient les conditions extérieures au conducteur. Ce dernier, constitue un *écran électrostatique* : tout champ extérieur ne peut être décelé dans la cavité.



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

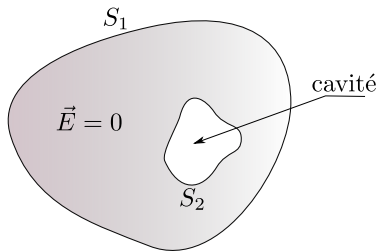
À l'équilibre électrostatique, quel que soit l'état électrique à l'extérieur d'un conducteur, la surface  $S_2$  et le volume qu'elle englobe sont équipotentiels. Ainsi, le champ électrique est nul à l'intérieur de la cavité.

Au voisinage de  $S_2$ , d'après le théorème de Coulomb,  $\vec{E} = 0$ , d'où  $\sigma_2 = 0$ .

*La surface intérieure n'est donc pas chargée.*

#### Conclusion :

Le champ est nul dans la cavité, comme il l'est dans la partie massive du conducteur, quelles que soient les conditions extérieures au conducteur. Ce dernier, constitue un *écran électrostatique* : tout champ extérieur ne peut être décelé dans la cavité. On peut démontrer que, inversement, tout champ appliqué dans la cavité, ne sera pas détecté à l'extérieur du conducteur.



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur



## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

## IX.2. Champ au voisinage d'un conducteur

### b. Champ à l'intérieur d'une cavité dans un conducteur

#### Application : Cage de Faraday

C'est une cage métallique permettant d'effectuer des mesures, en étant à l'abri des champs extérieurs, ou inversement, sans perturber les expériences extérieures.



Voir vidéo.

## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

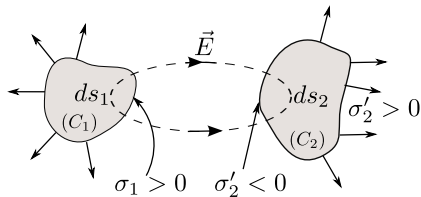
#### a. Influence partielle

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre.

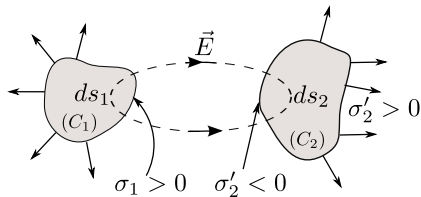


### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre. Dès que l'on approche ( $C_1$ ) de ( $C_2$ ), il apparait sur la surface de ( $C_2$ ) une densité de charge  $\sigma'_2 < 0$  sur la partie faisant face à ( $C_1$ ) et une densité  $\sigma'_2 > 0$  sur la partie opposée. Les densités sont de signes opposés pour assurer la neutralité de ( $C_2$ ).



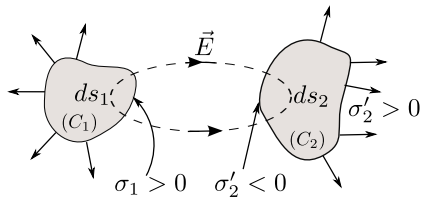
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre. Dès que l'on approche ( $C_1$ ) de ( $C_2$ ), il apparaît sur la surface de ( $C_2$ ) une densité de charge  $\sigma'_2 < 0$  sur la partie faisant face à ( $C_1$ ) et une densité  $\sigma'_2 > 0$  sur la partie opposée. Les densités sont de signes opposés pour assurer la neutralité de ( $C_2$ ).

On considère le tube de champ de section  $ds_1$  sur ( $C_1$ ) ; il va délimiter sur ( $C_2$ ) une section  $ds_2$ . Le flux sortant de ce tube est nul :





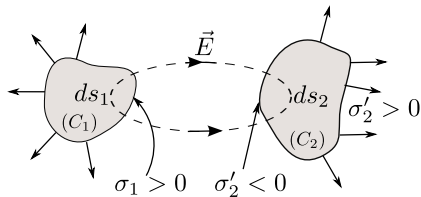
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre. Dès que l'on approche ( $C_1$ ) de ( $C_2$ ), il apparaît sur la surface de ( $C_2$ ) une densité de charge  $\sigma'_2 < 0$  sur la partie faisant face à ( $C_1$ ) et une densité  $\sigma'_2 > 0$  sur la partie opposée. Les densités sont de signes opposés pour assurer la neutralité de ( $C_2$ ).

On considère le tube de champ de section  $ds_1$  sur ( $C_1$ ) ; il va délimiter sur ( $C_2$ ) une section  $ds_2$ . Le flux sortant de ce tube est nul : le champ électrique est parallèle à la paroi latérale et est nul à l'intérieur du conducteur.



$$\oint_{\text{tube}} \vec{E} \cdot \vec{ds} = 0 = \frac{\sum Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

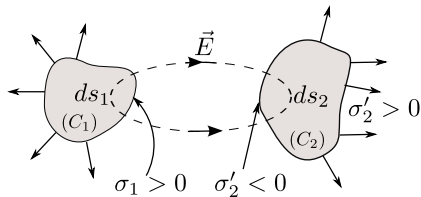
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre. Dès que l'on approche ( $C_1$ ) de ( $C_2$ ), il apparait sur la surface de ( $C_2$ ) une densité de charge  $\sigma'_2 < 0$  sur la partie faisant face à ( $C_1$ ) et une densité  $\sigma'_2 > 0$  sur la partie opposée. Les densités sont de signes opposés pour assurer la neutralité de ( $C_2$ ).

On considère le tube de champ de section  $ds_1$  sur ( $C_1$ ) ; il va délimiter sur ( $C_2$ ) une section  $ds_2$ . Le flux sortant de ce tube est nul : le champ électrique est parallèle à la paroi latérale et est nul à l'intérieur du conducteur.



$$\oint_{\text{tube}} \vec{E} \cdot \vec{ds} = 0 = \frac{\sum Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

$$\sum Q_{\text{int}} = \sigma_1 ds_1 + \sigma_2 ds_2 = 0$$

d'où

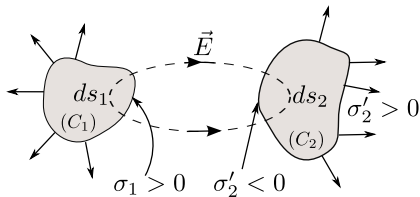
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

L'influence est le déplacement des charges électriques à l'intérieur d'un corps quand ce dernier est placé dans un champ électrique.

#### a. Influence partielle

Soient deux conducteurs ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ). On suppose que, initialement ( $C_1$ ) est chargé avec une densité  $\sigma_1 > 0$ , et ( $C_2$ ) est neutre. Dès que l'on approche ( $C_1$ ) de ( $C_2$ ), il apparait sur la surface de ( $C_2$ ) une densité de charge  $\sigma'_2 < 0$  sur la partie faisant face à ( $C_1$ ) et une densité  $\sigma'_2 > 0$  sur la partie opposée. Les densités sont de signes opposés pour assurer la neutralité de ( $C_2$ ).

On considère le tube de champ de section  $ds_1$  sur ( $C_1$ ) ; il va délimiter sur ( $C_2$ ) une section  $ds_2$ . Le flux sortant de ce tube est nul : le champ électrique est parallèle à la paroi latérale et est nul à l'intérieur du conducteur.



$$\oint_{\text{tube}} \vec{E} \cdot \vec{ds} = 0 = \frac{\sum Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

$$\sum Q_{\text{int}} = \sigma_1 ds_1 + \sigma_2 ds_2 = 0$$

d'où

$$Q_1 = -Q_2$$

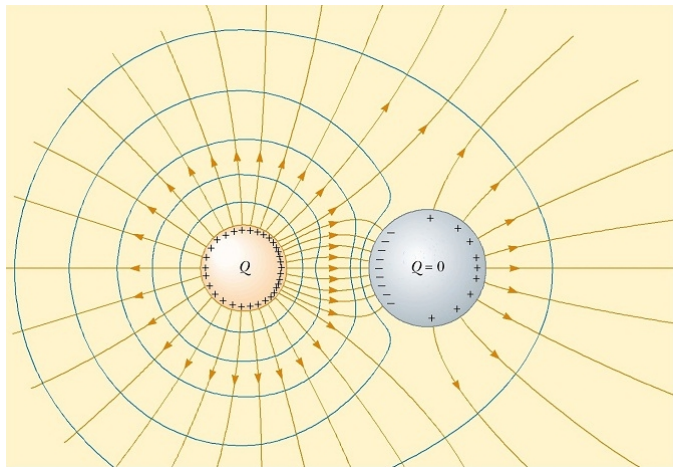
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

Les charges  $Q_1 = \sigma_1 ds_1$  et  $Q_2 = \sigma_2 ds_2$  qui se font face sur deux éléments de surface correspondants sont *égales et opposées*. Ceci constitue le *théorème de Faraday*.

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

Les charges  $Q_1 = \sigma_1 ds_1$  et  $Q_2 = \sigma_2 ds_2$  qui se font face sur deux éléments de surface correspondants sont *égales et opposées*. Ceci constitue le *théorème de Faraday*. L'influence est dite *partielle* car seule une partie des lignes de champ issues de  $(C_1)$  aboutit à  $(C_2)$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

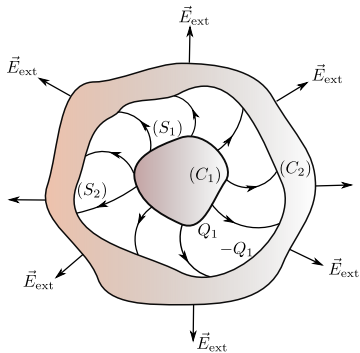
### b. Influence totale

### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

#### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$





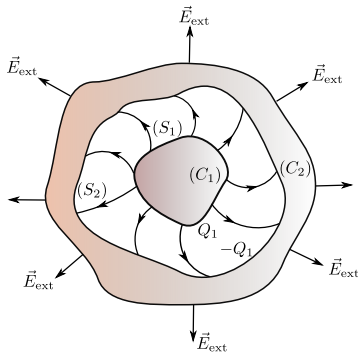
### IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

#### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

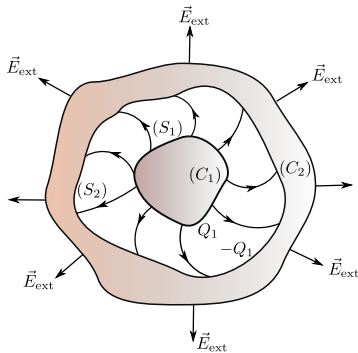
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

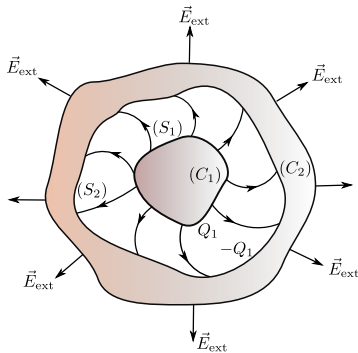
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

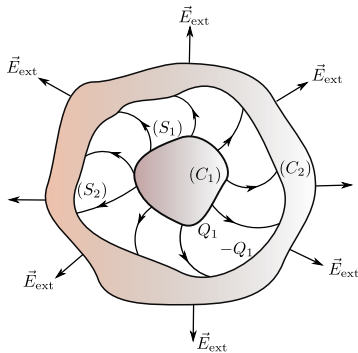
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .
- ▶ Sur la surface interne de  $(C_2)$  : on a  $-Q_1$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

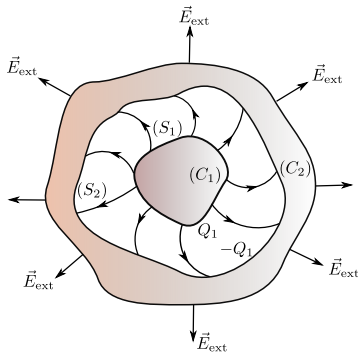
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .
- ▶ Sur la surface interne de  $(C_2)$  : on a  $-Q_1$ .
- ▶ À l'intérieur de  $(C_2)$  :  $\vec{E} = 0$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

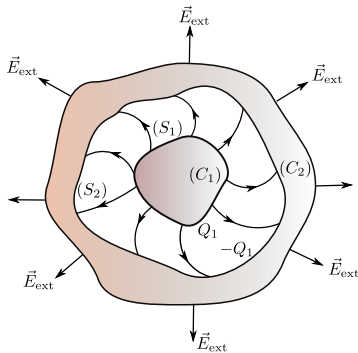
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .
- ▶ Sur la surface interne de  $(C_2)$  : on a  $-Q_1$ .
- ▶ À l'intérieur de  $(C_2)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface externe de  $(C_2)$  : on a  $+Q_1$  (garantie de neutralité).



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

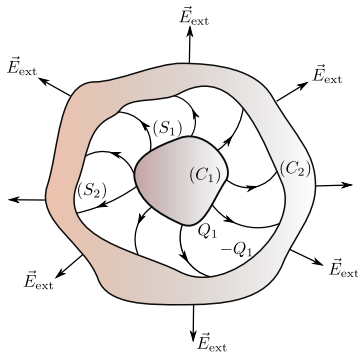
### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .
- ▶ Sur la surface interne de  $(C_2)$  : on a  $-Q_1$ .
- ▶ À l'intérieur de  $(C_2)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface externe de  $(C_2)$  : on a  $+Q_1$  (garantie de neutralité).
- ▶ À l'extérieur des deux conducteurs  $\vec{E}_{\text{ext}}$  est créé par  $Q_1$  sur la surface externe de  $(C_2)$ .



## IX.3. Influence de deux conducteurs chargés

### b. Influence totale

Si l'un des deux conducteurs entoure totalement l'autre, il ya correspondance totale entre les charges de la surface  $S_1$  de  $(C_1)$  et celles sur  $S_2$  de  $(C_2)$ . On parle de d'influence *totale*.

$$Q_1 = \int_{(S_1)} \sigma_1 ds_1 = - \int_{(S_2)} \sigma_2 ds_2.$$

On peut résumer la situation ainsi :

- ▶ À l'intérieur de  $(C_1)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface de  $(C_1)$  ;  $Q_1 > 0$  créant  $\vec{E}_2$ .
- ▶ Sur la surface interne de  $(C_2)$  : on a  $-Q_1$ .
- ▶ À l'intérieur de  $(C_2)$  :  $\vec{E} = 0$ .
- ▶ Sur la surface externe de  $(C_2)$  : on a  $+Q_1$  (garantie de neutralité).
- ▶ À l'extérieur des deux conducteurs  $\vec{E}_{\text{ext}}$  est créé par  $Q_1$  sur la surface externe de  $(C_2)$ .
- ▶ *L'influence totale constitue le principe physique de base d'un condensateur.*

