1ère partie **Chapitre V**	Equilibre électrostatique des conducteurs chargés

I. Définitions

I.1 Définition d'un conducteur

C'est un milieu dont les porteurs de charges libres peuvent se mettre en mouvement sous l'action d'une force .

I.2 Définition d'un conducteur en équilibre

Un conducteur est dit en équilibre, si toutes ses charges libres sont immobiles.

II. Propriétés d'un conducteur en équilibre

- Le champ électrostatique : Le Champ intérieur est nul $\vec{E}_{int} = \vec{0}$, en effet toute charge q est au repos, donc : $\vec{F} = \vec{0} \rightarrow \vec{E} = \dfrac{\vec{F}}{q} = \vec{0}$,

- Le potentiel est constant V = cte : $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V = \vec{0} \quad \rightarrow V = \text{cte}$

- La distribution des charges électriques ne peut être que surfacique :

Considérons un conducteur chargé en équilibre. Appliquons le théorème de Gauss en un point M du conducteur : $\text{div}\vec{E} = \dfrac{\rho}{\varepsilon_0}, \quad \text{puisque } \vec{E} = \vec{0} \rightarrow \rho = 0$

Donc la charge du conducteur ne peut être que surfacique, avec une densité σ.

III. Champ au voisinage d'un conducteur en équilibre

III.1 Théorème de Coulomb

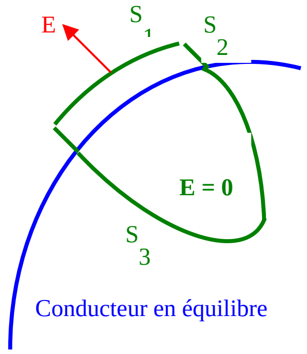
Soit un conducteur en équilibre chargé avec une densité σ.

M un point très près de la surface du conducteur.

Constituons une surface fermée S formée par : S_1, S_2 et S_3.

Appliquons le théorème de Gauss :

$$\iint_S \vec{E}.d\vec{S} = \phi_{S1}(\vec{E}) + \phi_{S2}(\vec{E}) + \phi_{S3}(\vec{E}) = \frac{\sum q}{\varepsilon_0}$$



Puisque, E=0 à l'intérieur du conducteur → $\phi_{S3}(\vec{E}) = 0$,

S_2 tangente à E → $\phi_{S2}(\vec{E}) = 0$

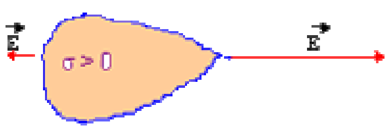
$$\boxed{\iint_S \vec{E}.dS = \phi_{S1}(\vec{E}) = E.S_1 = \frac{\sum q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma.S_1}{\varepsilon_0} \rightarrow \vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}}$$

Théorème de Coulomb

n étant le vecteur unitaire normal à la surface.

III.2 Pouvoir des pointes

L'expérience montre que la densité de charge σ varie en sens inverse du rayon de courbure R de la surface du conducteur.



Si le conducteur présente une pointe, R est faible donc σ élevé, d'où E= σ/ε0 sera intense et provoquera, au voisinage de la pointe, l'ionisation de l'air qui déchargera la pointe.

Il est donc impossible de conserver la charge d'un conducteur muni de pointes.

Application : paratonnère.

III.3 Pression électrostatique

Soit dS un élément de surface d'un conducteur en équilibre.

Cherchons la force dF appliquée à la charge dq portée par dS :

$dF = E_1.dq = E_1\,\sigma.dS$, E_1 champ crée par Q- σdS

E_2 : champ crée par σ dS : puisque dS est circulaire le champ crée par un disque circulaire en un point très voisin de la surface est : $E_2 = \sigma/2.\varepsilon_0$ (série 1, Ex 5)

Champ total : $E = E_1 + E_2$ → $E_1 = E - E_2 = \sigma/\varepsilon_0 - \sigma/2\varepsilon_0 = \sigma/2\varepsilon_0$

Donc : $dF = \sigma/2\varepsilon_0 \,.\, \sigma.dS = \sigma^2/2\varepsilon_0\,.dS$ → $$d\vec{F} = \frac{\sigma^2.dS}{2\varepsilon_0}.\vec{n}$$

On définit la pression électrostatique en un point du conducteur par :

$$\boxed{p = \frac{dF}{dS} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}}$$

IV. Capacité d'un conducteur en équilibre

Lorsqu'un conducteur en équilibre est seul dans l'espace, sa charge est proportionnelle à son potentiel. Le coefficient de proportionnalité noté C est appelé capacité du condensateur. $$C = \frac{Q}{V}$$

La capacité C caractérise le conducteur, elle dépend de la forme et des dimensions géométrique du conducteur.

Unités :

Dans le SI , C s'exprime en Farad : le Farad est une unité très grande on utilise plutôt des sous multiple :

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

Exemple :

Expression de la capacité d'une sphère conductrice de centre O et de rayon R :

Considérons une sphère conductrice en équilibre portant une charge totale Q.

Q est 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 :

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iint \frac{\sigma.dS}{R} = \frac{1}{4\pi R\varepsilon_0}\iint \sigma.dS = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} \rightarrow C = \frac{Q}{V} = 4\pi\varepsilon_0 R$$