Université Internationale de Casablanca
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES
Nous innovons pour votre réussite !

Electricité et Electromagnétisme

Filière : CPI

Session : S1

Professeur : Dr. Laila DAMRI

Année universitaire : 2015 - 2016

Partie 1

Electricité

Chapitre 2

Charge électrique, champ électrique, potentiel, capacité, exemples industriels.

Plan de chapitre

- Introduction

- Electrostatique
  - Charges électriques
  - Forces électrostatiques
  - Champs électrostatique
  - Energie potentielle électrostatique
  - Potentiel électrostatique
  - Relation champ-potentiel
  - Distribution des charges
  - Condensateur plan
  - Théorème de GAUSS

Introduction

Définition de l'électricité

- Mot d'origine grec qui signifie ambre.
- Le savant grec Thalès de Milet remarque que l'ambre jaune, une fois frotté sur du tissu ou de la fourrure, acquiert la propriété d'attirer à distance les corps légers tels que plumes, poussières, brindilles de paille (<u>**l'électricité statique**</u>).
- L'électricité ne sera vraiment découverte et étudiée qu'à partir du 16e siècle ...

Introduction
Définition de l'électricité

Exemple

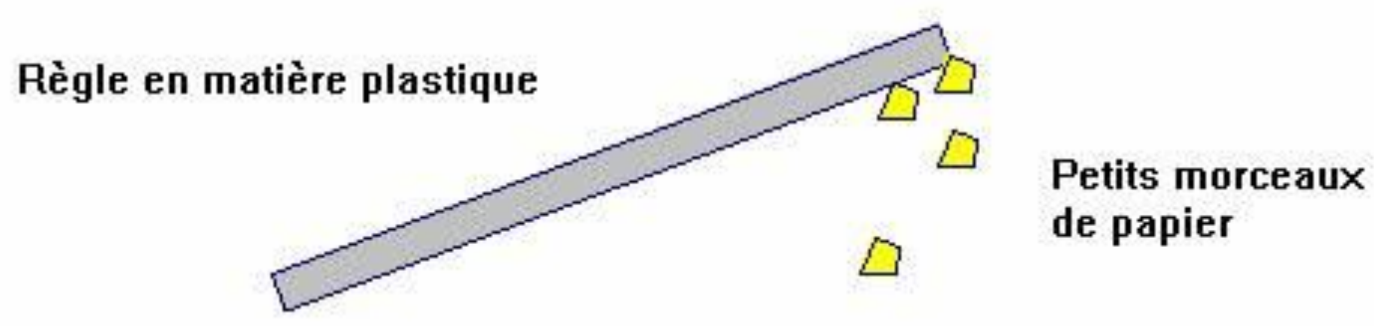
Le verre, l'ébonite (caoutchouc durci) ont aussi la propriété de s'électriser par frottement, chose qui est difficile dans le cas des métaux.

Remarque

Si on touche un morceau de métal avec une baguette chargée, on lui communique dans son entier la propriété d'attirer des petits objets.

- Cela permet de classer les matériaux entre conducteurs et isolants. Enfin, on constate que les objets isolants électrisés par contact se repoussent.

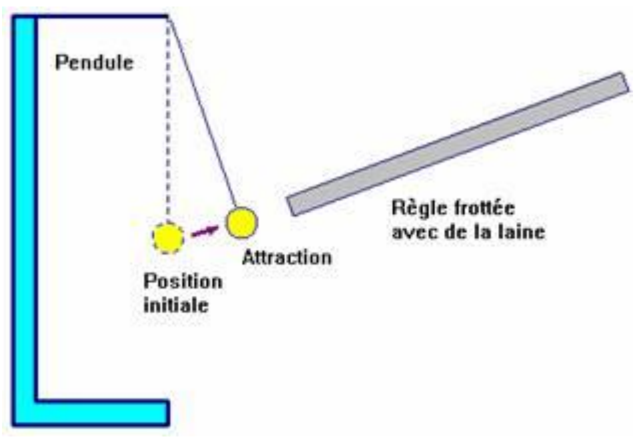
Frotter une règle plastique sur de la laine. L'approcher de petits morceaux de papier posés sur la table.



La règle frottée attire des petits morceaux de papier.

Introduction
Premières expériences

Frotter une tige de verre avec du coton, on l'approche d'un pendule puis on le met en contact avec celui-ci.

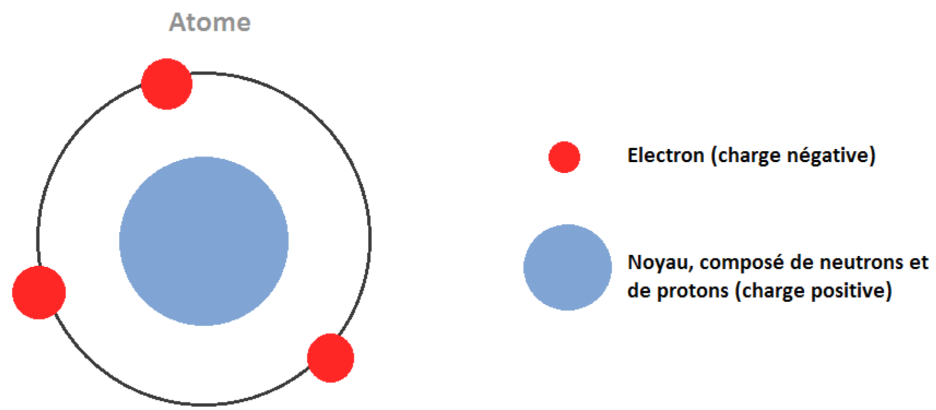


La règle frottée attire la pendule

Mais pourquoi??

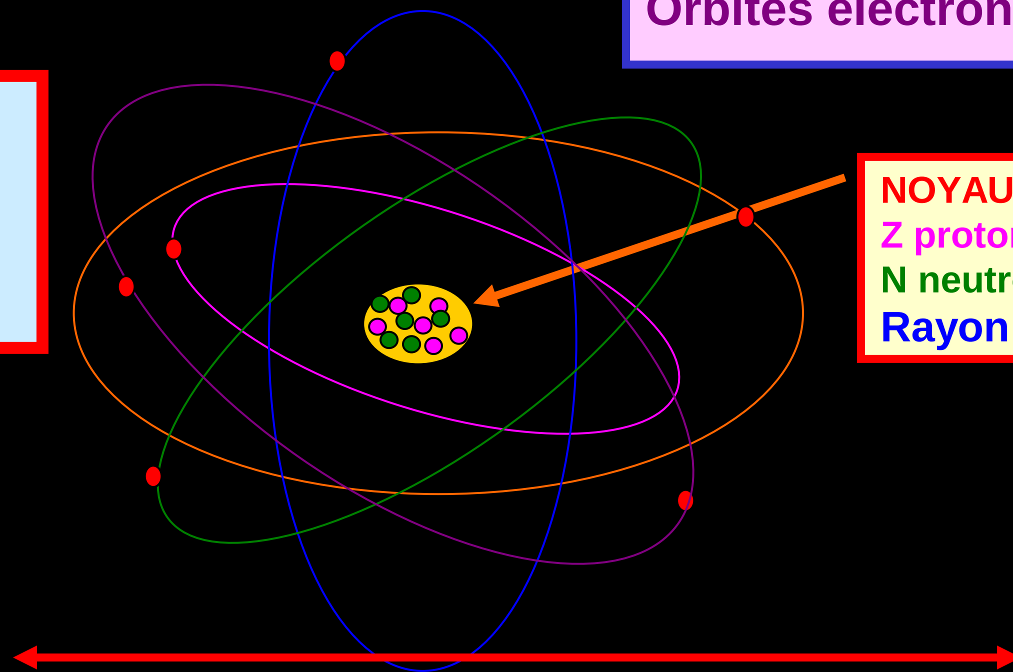
Introduction
Explication du phénomène

- La matière est composée d'atomes. Un atome est une combinaison d'électrons qui gravitent autour d'un noyau.
- Les électrons sont chargés négativement tandis que le noyau comprend des neutrons, qui sont neutres, et des protons, qui sont chargés positivement.
- Il y a autant d'électrons que de protons ce qui fait que la matière est électriquement neutre.



Orbites électroniques

Cortège électronique
Z électrons gravitant autour du noyau (pour un atome neutre)



NOYAU
Z protons
N neutrons
Rayon : 10^{-14} m

Diamètre de l'atome : 2 10^{-10} m

<u>Représentation symbolique d'un atome (modèle planétaire)</u>

Si l'échelle était respectée la taille de l'atome, de l'ordre de grandeur de l'Ångström (10^{-10} m) devrait être 10000 fois plus grande que celle du noyau (10^{-14} m).

La mole: unité de quantité de matière

Un échantillon normal de matière contient un très grand nombre d'atomes. Par exemple, 1 gramme d'aluminium contient environ $2,2 \times 10^{22}$ atomes (22 000 000 000 000 000 000 000 atomes)! Pour éviter l'utilisation d'aussi grands nombres, on a créé une unité de mesure, la mole.

Une mole de divers composés

Élément	nombre d'atomes	Masse de l'échantillon
(g)Aluminium	$6,022 \times 10^{23}$	26,98
Fer	$6,022 \times 10^{23}$	55,85
Cuivre	$6,022 \times 10^{23}$	63,55
Or	$6,022 \times 10^{23}$	196,97

Une mole (symbole: mol) d'atomes contient $6,022 \times 10^{23}$ atomes. Ce nombre est appelé nombre d'Avogadro, son symbole est N_A. Ce nombre est le nombre d'atomes présent dans exactement 12g de ^{12}C.

$$\boxed{N_A = 6,022 \times 10^{23}}$$

Représentation symbolique des atomes

Par définition on notera : Z **le numéro atomique d'un noyau, c'est le nombre de protons qu'il contient.**

A **le nombre de masse d'un noyau, c'est le nombre de nucléons (protons+neutrons) qu'il contient.** Ces deux nombres permettent de connaître complètement la composition du noyau.

En effet : Z est le nombre de protons Le noyau contient A nucléons dont un nombre Z sont des protons, le restant **N=A-Z** est le nombre de neutrons

Le noyau d'un élément quelconque X s'écrit à l'aide de **Z** et **A** sous la forme suivante :

$$^{A}_{Z}X$$

Par exemple

$$^{23}_{11}Na$$

Contient 11 protons et 12 neutrons

La masse des atomes

La masse d'un atome est égale à la somme des masses des particules qui le composent.

m_{atome} = $Z.m_p$ + $(A-Z).m_n$ + $Z.m_e$

masse des protons — masse des neutrons — masse des électrons

La masse d'un électron est plus faible que celle d'un nucléon (environ 2000 fois plus faible). On peut alors négliger la masse des électrons

La masse d'un atome est concentrée dans son noyau. La masse du cortège électronique est négligeable.

$m_{atome} \sim m_{noyau} = Z.m_p + (A-Z).m_n$

Exemple: Calculez la masse d'un atome de fer (Z=26;A=56)

Introduction
Explication du phénomène

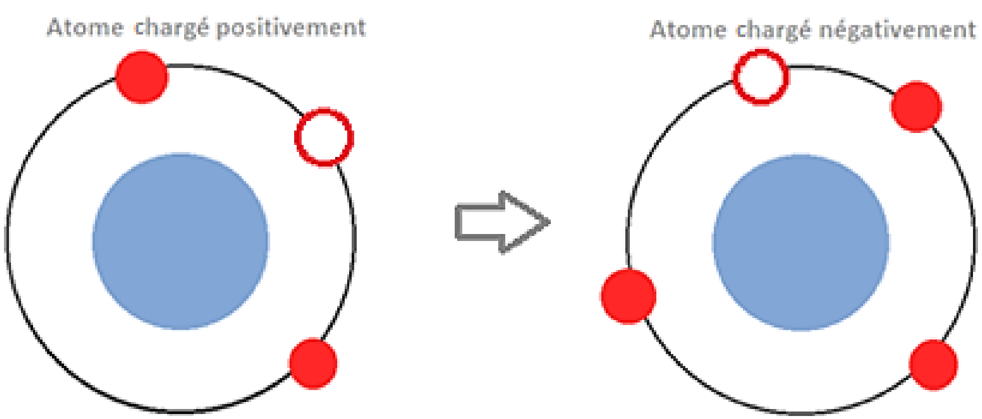
- Les électrons sont susceptibles d'être transférés d'un atome à un autre, ce qui modifie la charge électrique de la matière :
  - Elle devient positive si elle a perdu des électrons
  - Elle devient négative si elle en a reçus.
- On dit que les électrons sont « arrachés ».

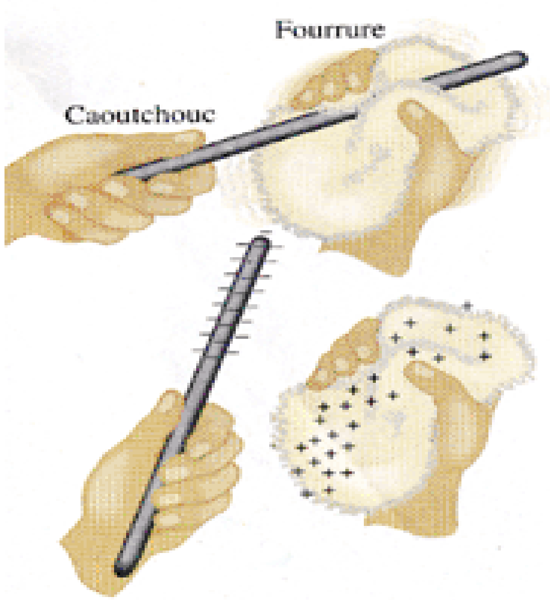
Introduction
Explication du phénomène

__Exemple__

Atome ayant initialement 3 électrons en a perdu un au profit d'un autre atome.

Le premier a donc plus de protons que d'électrons : il est chargé positivement, tandis que l'autre est chargé négativement.

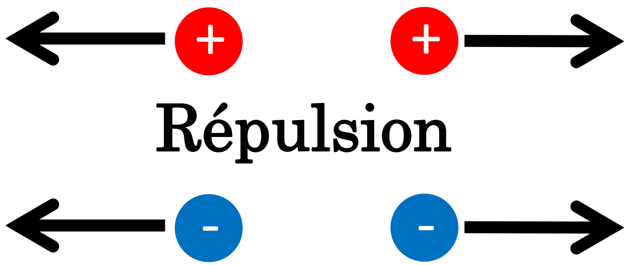




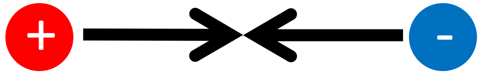
Introduction

Explication du phénomène

- Deux charges électriques de même signe se repoussent.



- Deux charges électriques de signe opposé s’attirent.



Attraction

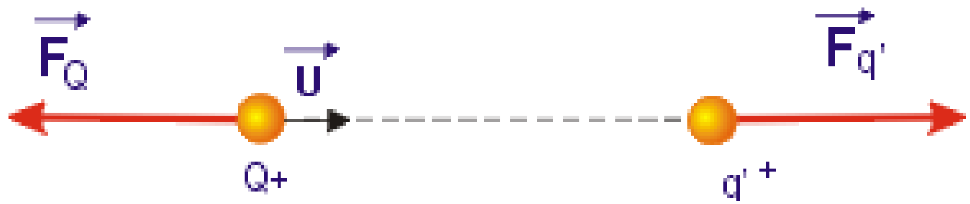
Introduction
Loi de Coulomb

- En1785, le physicien français Charles Augustin Coulomb établit expérimentalement la loi donnant la force existant entre deux charges électriques.

- Coulomb a énoncé le premier la loi physique exprimant la force qui s'exerce entre deux charges électriques en utilisant une balance de torsion.

- Deux charges électriques au repos $\boldsymbol{Q}$ et $\boldsymbol{q'}$ s'attirent ou se repoussent mutuellement avec une force $\mathbf{F}$:

  - proportionnelle à chacune des charges $\boldsymbol{Q}$ et $\boldsymbol{q'}$.
  - dirigée suivant la droite joignant les deux charges
  - inversement proportionnelle au carré de la distance $\boldsymbol{r}$ qui les sépare.



Lorsque les charges sont de même signe, le produit **Qq’** est positif et les forces d'interaction sont répulsives.

Lorsque les charges sont de signe opposé, le produit **Qq’** est négatif et les forces d'interaction sont attractives

Introduction
Loi de Coulomb

En accord avec la troisième loi de Newton, on a : $\vec{F}_Q = -\vec{F}_{q'}$

Le module des forces est exprimé : $F = |\vec{F}_Q| = |\vec{F}_{q'}|$

- F_Q est la force exercée par q' sur Q.
- $F_{q'}$ est la force exercée par Q sur q'.

- La force électrique se produit en deux objets à propriété particulière : charges électriques.

- Franklin a proposé de distinguer ces deux types de charge électrique par leur signe positif et négatif :

  - Charge positive : portée par une tige en verre.
  - Charge négative : portée par une règle en plastique.

Description de la matière

- Aspect discontinu développé avec l'électron constituant universel de la matière.
- Electron introduit en 1874 pour expliquer la conductivité électrique des liquides.
- Description par Perrin et Thomson à partir des recherches sur la décharge électrique de gaz et l'étude des rayons cathodiques.
- Détermination de la charge spécifique des particules q/m.
- Milikan : mesure de la charge absolue d'un électron : e

Quantification de la charge

- Charge électrique est constituée d'un multiple de charge élémentaire « e ».

$$\boldsymbol{e = 1,6\ 10^{-19}\ C\ (Coulomb)}$$

Masse de l'électron

$\boldsymbol{m = 9,108\ 10^{-31}\ kg}$ (2000x plus petit que masse du proton)

Dans la matière, 2 types de charges :

- Electrons (charge -) : en orbite autour du noyau.
- Protons (charge +) : font partie du noyau.

Electrisation par frottement

Fait apparaitre des charges électriques : cette action « arrache » les électrons de leurs emplacements et crée des charges de signes différents.

Exemple

- Drap frotté contre verre, produit une charge positive sur le verre.

- Bâton d'ébonite contre peau de chat, produit une charge négative sur le bâton.

Conservation de la charge

- Pas de création de charges électriques.
- Certain nombre d'électrons passent du chiffon à la règle ou de la tige au chiffon.
- Transfert de charge d'un objet à l'autre : si un objet acquiert une charge +Q, l'autre acquiert –Q. La somme des charges des deux objets reste nulle.

La quantité nette de charge électrique produite au cours de n'importe quelle transformation est nulle

Conservation de la charge

Mouvement des électrons crée une nouvelle grandeur fondamentale : intensité du courant :

$$\boldsymbol{I = \frac{dq}{dt}}$$

Grandeur [I], unité SI : Ampère (A).

Equation aux dimensions : [Q] = [I] [T]

Loi de Coulomb

La loi de Coulomb peut s'exprimer sous forme vectorielle la force exercée par $\boldsymbol{Q}$ sur $\boldsymbol{q'}$ de la manière suivante :

$$\overrightarrow{F_{q'}} = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{Q.q'}{r^2}\,\vec{u}$$

$\vec{u}$: un vecteur unitaire dirigé de $\boldsymbol{Q}$ vers $\boldsymbol{q'}$.

r : la distance entre les deux charges.

ε_0 :la permittivité du vide.

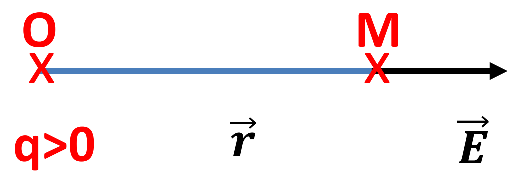
$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\,\pi}\,10^{-9}\,F/m$$

La permittivité est une grandeur liée à la réaction d'un milieu face à une interaction électrostatique (l'intensité de la force dépend de la nature du milieu, vide, air…).

Définition

Une particule de charge q située en O crée en tout point M de l'espace distinct de O un champ vectoriel appelé champ électrostatique.

$$\vec{E}\,(\vec{r}) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q}{r^2}\,\vec{u}$$



L'unité SI de champ électrostatique est : Volt/mètre (V/m)

$\vec{u}$: vecteur unitaire dirigé de direction OM (O est le point où se trouve la charge q, sens O vers M

r : distance OM

$$\vec{r} = \mathrm{r}\,\vec{u}$$

Remarque

Cette façon de procéder implique une nouvelle vision de l'espace :

- les particules chargées se déplacent maintenant dans un espace où existe (se trouve défini) un champ vectoriel.
- Elles subissent une force en fonction de la valeur du champ au lieu où elle se trouve.

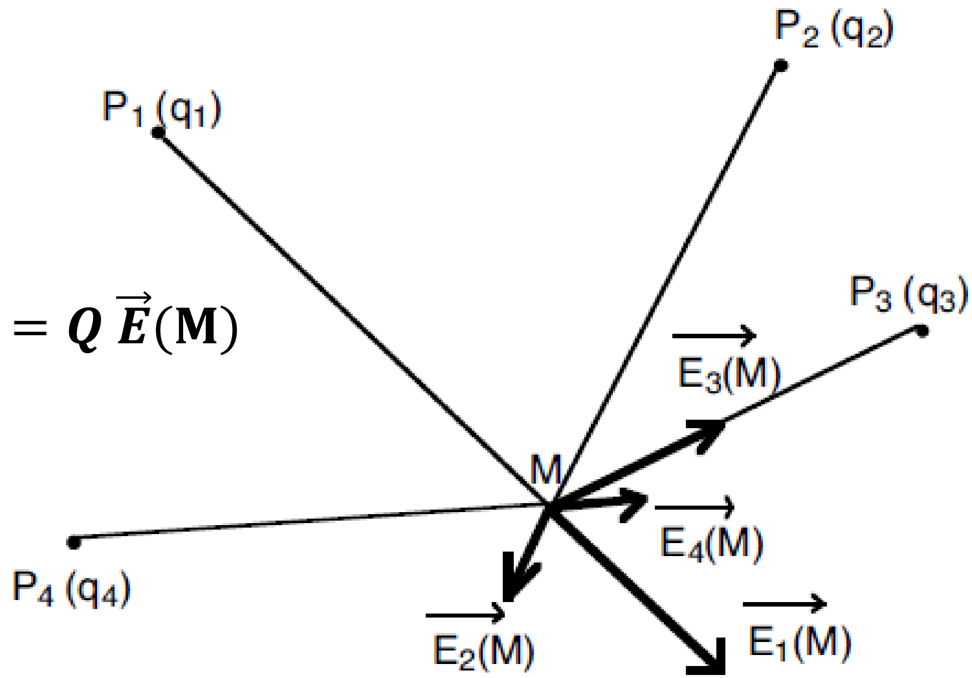
Additivité

On considère n particules de charges électriques *qi*, situées en des points *Pi* : quel est le champ électrostatique créé par cet ensemble de charges en un point M ?

- Charge Q en M
- Vecteur unitaire $\vec{u}$.

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = \sum_i \left(\frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_i\,Q}{r_i^2}\,\vec{u_i}\right) = Q\,\vec{E}(\mathrm{M})$$

$$\vec{E}(M) = \sum_i \left(\frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_i}{r_i^2}\,\vec{u_i}\right)$$



Additivité

La force totale subie par une charge Q située en M est la superposition des forces élémentaires.

$$\vec{E}(M) = \sum_i \left(\frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_i}{r_i^2}\,\vec{u_i}\right)$$

$\vec{E}(M)$ représente le champ électrostatique créé par un ensemble discret de charges.

Cette propriété de superposition des effets électrostatiques est un fait d'expérience et énoncé comme le **principe de superposition** (comme tout principe, il n'est pas démontré).

Additivité

- D'une façon général, on utilise des distributions continues de charges.

- Soit P un point quelconque d'un conducteur et ***dq(P)*** la charge élémentaire contenue en ce point. Le champ électrostatique total créé en un point M par cette distribution de charges est

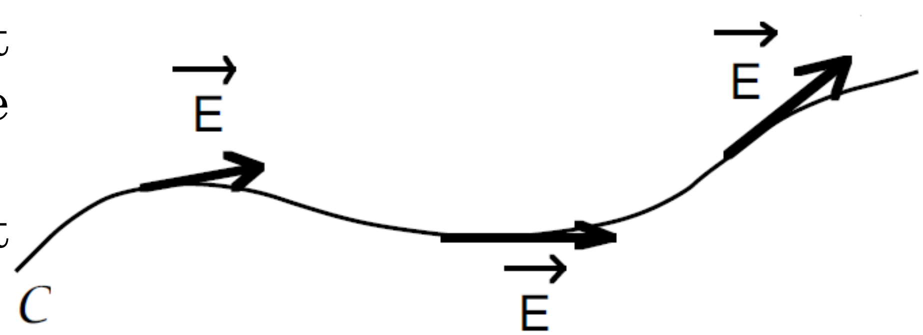
$$\vec{E}(M) = \int \overrightarrow{dE}(M) \qquad \text{avec} \qquad \overrightarrow{dE}(M) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{dq}{r^2}\,\vec{u}$$

Lignes de champ

Le concept de lignes de champ (également appelées lignes de force) est très utile pour se faire une représentation spatiale d'un champ de vecteurs.

Définition . Une ligne de champ d'un champ de vecteur quelconque est une courbe C définie dans l'espace telle qu'en chacun de ses points le vecteur y soit tangent.

Considérons un déplacement élémentaire dl le long d'une ligne de champ électrostatique C.
Le fait que le champ E soit en tout point de C parallèle à dl s'écrit :



$$\vec{E} \wedge \vec{dl} = \vec{0}$$

<u>Exemple de charge ponctuelle</u>

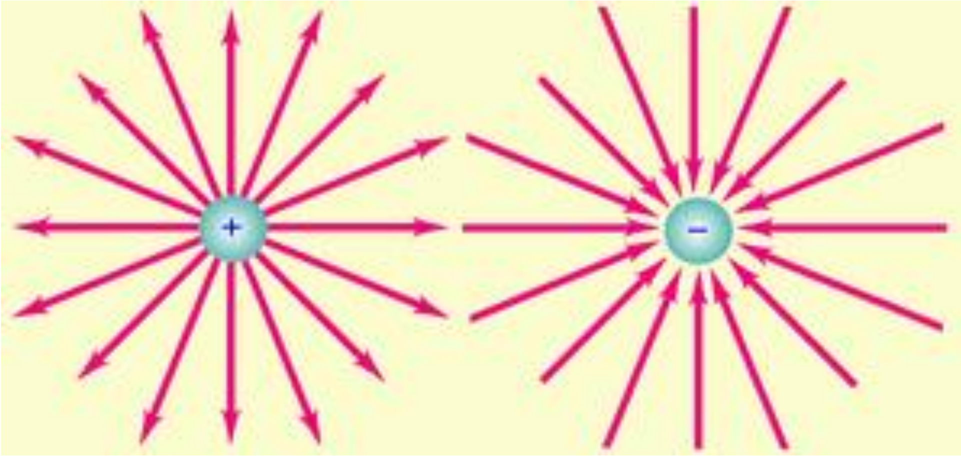
- Une charge ponctuelle est un modèle idéalisé d'une particule qui possède une charge électrique.
- Une charge ponctuelle est une charge électrique localisée en un point sans dimensions (ou négligeables devant la distance d'interaction).

<u>Exemple d'une charge ponctuelle</u>

$$\vec{E} = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q}{r^2}\,\vec{u}$$

- $\vec{E}$ représente le champ électrique créé par la charge q.
- $\vec{E}$ est tangent au rayon, les rayons constituent les lignes de champs.

Cas de charge $q>0$ **Cas de charge $q<0$**



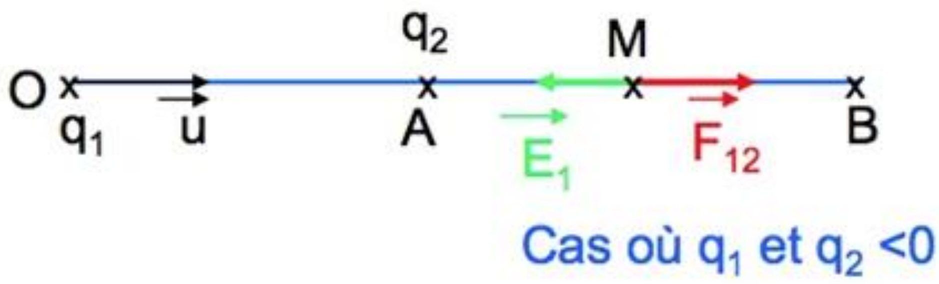
- L'énergie potentielle électrostatique (ou simplement énergie électrostatique) d'une charge électrique placée en un point baignant dans un potentiel électrique est définie comme le travail à fournir pour transporter cette charge depuis l'infini jusqu'à la position P .

- On peut représenter cette énergie dans le cas simple de l'interaction entre 2 charges ponctuelles.

Champ électrostatique créé par q1 en tout point

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_1}{r^2}\,\vec{u}$$

$$\overrightarrow{F_{12}} = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\vec{u}$$



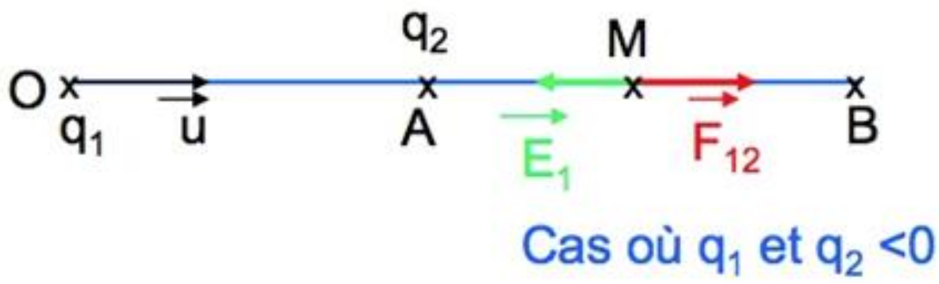
r correspond à la distance OA.

$\vec{u}$ correspond au vecteur unitaire suivant OA.

Champ électrostatique créé par q1 en tout point

- On considère une charge q_1 en un point O fixe, générant dans l'espace un champ électrostatique .

- Une charge q_2, soumise à une force électrostatique $\vec{F}$ due à $\vec{E}$, se déplace alors d'un point A (on pose r_A=OA) à un point B (on pose r_B=OB).



- La force de Coulomb est une force conservative, tout comme l'interaction gravitationnelle : ne dépend pas du chemin suivi.

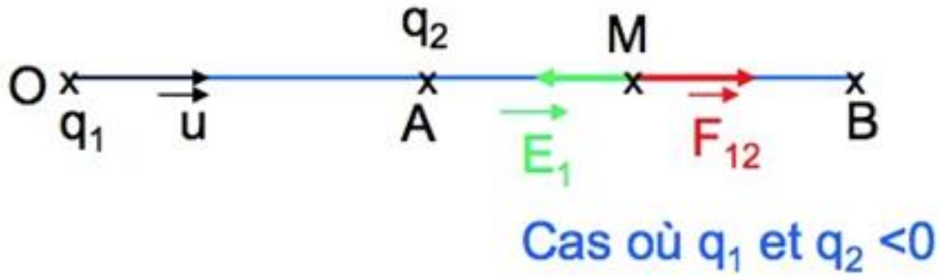
Champ électrostatique créé par q1 en tout point

- Le travail de la force $\vec{F}$ entre A et B vaut :

$\boldsymbol{\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{dr}}$

$\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{dr}$ sont parallèles

Le produit scalaire = $\boldsymbol{F\,.\,dr}$



$$W_{\vec{F},A\rightarrow B} = \int_A^B \delta W = \int_A^B F\,.\,dr$$

$$W_{\vec{F},A\rightarrow B} = \int_A^B \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,\frac{q_1 q_2}{r^2}\,.\,dr$$

$$W_{\vec{F},A\rightarrow B} = \frac{q_1 q_2}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,.\int_A^B \frac{dr}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\,.\left[-\frac{1}{r}\right]_A^B = \frac{q_1 q_2}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

Champ électrostatique créé par q1 en tout point

$$W_{\vec{F},A\to B} = \frac{q_1 q_2}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

Par définition $\delta W = -d\,.E_p$ donc $W_{AB} = E_p(A) - E_p(B)$

Energie potentielle de la charge q_2 dans le champ électrostatique créé par q_1 :

$$\boxed{E_p(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r} + cte}$$

Champ électrostatique créé par q1 en tout point

$$E_p(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r} + cte$$

- E_p est l'énergie potentielle d'interaction.
- E_p est symétrique en q_1 et q_2(si on inverse q_1 et q_2 l'expression reste la même).
- E_p est exprimé en Joule (J).

Théorème de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique est égale au travail des forces appliquées

$\boldsymbol{W_{AB} = E_c(B) - E_c(A)}$

$\Rightarrow \boldsymbol{dE_c = -dE_p}$ ou encore $\boldsymbol{dE_c + dE_p = 0}$

L'énergie mécanique totale $\boldsymbol{E_M = E_c + E_p}$ se conserve.

Signification de l'énergie potentielle

Une énergie stockée par le système et qui peut être transformée en énergie cinétique.

- On peut écrire l'énergie potentielle sous la forme suivante :

$$E_p(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_1}{r}q_2 = q_2\,V_1(r)$$

ou

$$E_p(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_2}{r}q_1 = q_1\,V_2(r)$$

- On déduit le potentiel créé par la charge q_i à une distance r.

$$V_i(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_i}{r} + cte$$

- $V_i(r)$ est défini à une cte près.
- D'une façon générale, le potentiel crée par une charge q à la distance r est :

$$\boxed{\mathrm{V}(r) = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q}{r} + cte}$$

Définition

- C'est une grandeur qui définie l'état électrique d'un point de l'espace. Elle correspond à l'énergie potentielle électrostatique que posséderait une charge électrique unitaire située en ce point.

$$\boxed{\boldsymbol{V(r) = \frac{E_p(r)}{q}}}$$

L'énergie potentielle d'une particule chargée en ce point divisée par la charge de la particule.

✓ Exprimée en Volts
✓ Notée V

- La différence de potentiel électrique entre deux points de l'espace (ou circuit) permet de calculer la variation d'énergie potentielle d'une charge électrique, ou de trouver plusieurs tensions inconnues dans un circuit électrique ou électronique.

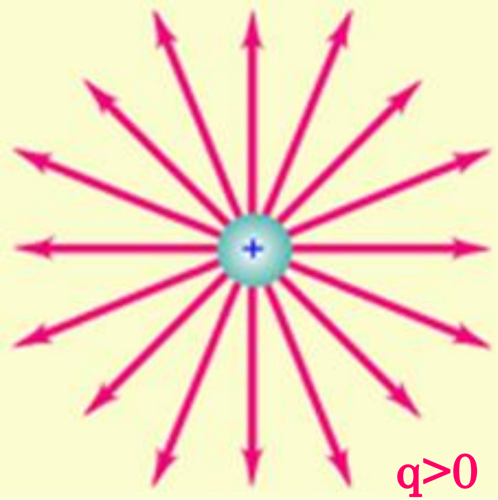
Exemple

- Sur une surface équipotentielle :
- Points (x, y, z) pour lesquels V est le même
- Pour une charge ponctuelle

$$\mathbf{V}(\boldsymbol{r}) = \left(\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}\,\boldsymbol{\pi}\,\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{0}}}\right)\frac{\boldsymbol{q}}{\boldsymbol{r}}$$

V = cte pour **r = cte**

- Surfaces équipotentielles sphères centrées sur q.
- Cet exemple montre que les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles et orientées vers les V décroissants.
- Ces propriétés sont générales.

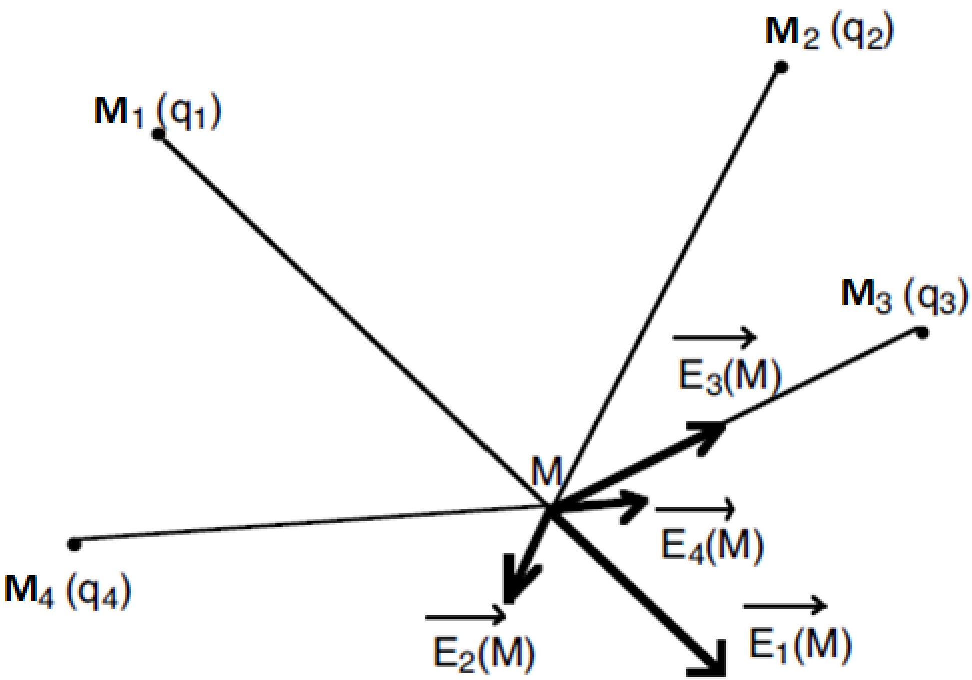


Additivité

On considère plusieurs particules de charges électriques *qi*, situées en des points *Mi*.

$$\boldsymbol{V(M) = \sum_i \left(\frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0} \frac{q_i}{r_i} \right) + cte}$$

$\boldsymbol{V(M)}$: potentiel V en M résultant de la distribution de charges q_i.



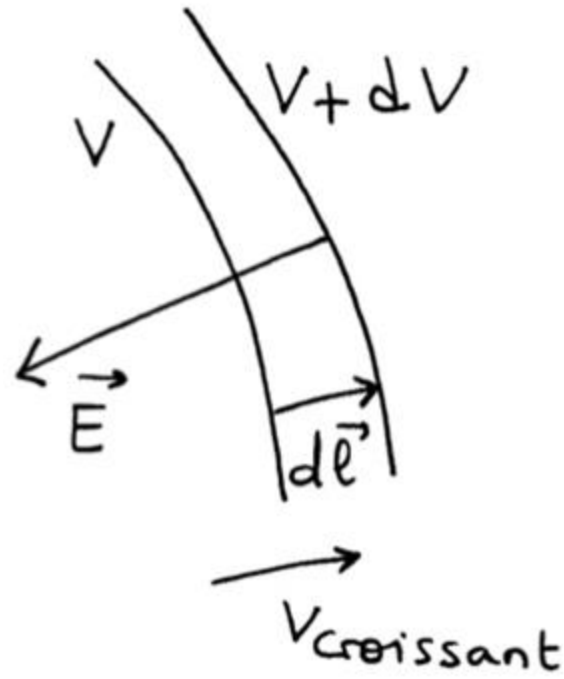
Présentation

Lignes de champ perpendiculaires aux surfaces équipotentielles et orientées dans le sens des V décroissants.

Travail de force électrostatique :

$$\delta W = q\,.\,\vec{E}\,.\,\overrightarrow{dl} = -dE_p = -q\,dV$$

Soit $\quad dV = -\,\vec{E}\,.\,\overrightarrow{dl}$



Cas général d'une charge. Il ne s'agit pas du potentiel créé par une charge ponctuelle, les surfaces équipotentielles V et V+dV ne sont pas des sphères.

Présentation

- La variation $\boldsymbol{dV}$ lors d'un déplacement de composants $\boldsymbol{dx}$, $\boldsymbol{dy}$, $\boldsymbol{dz}$ peut aussi s'écrire :

$$\boldsymbol{dV = \frac{\partial V}{\partial x}\,dx + \frac{\partial V}{\partial y}\,dy + \frac{\partial V}{\partial z}\,dz}$$

- Ressemble à un produit scalaire de dl avec un vecteur appelé gradient de la fonction $\boldsymbol{V}$.

$$\boldsymbol{\overrightarrow{grad}\,V = \left(\frac{\partial V}{\partial x},\frac{\partial V}{\partial y},\frac{\partial V}{\partial z}\right)}$$

$$\boldsymbol{dV = \overrightarrow{grad}\,V\,.\,\overrightarrow{dl}}$$

Présentation

- Les propriétés de ce vecteur sont :
  - Perpendiculaire aux équipotentielles
  - Dirigé suivant la direction donnant la plus forte variation de V
  - Orienté dans le sens des V croissants

- Cette notion de vecteur gradient est importante et très générale, elle permet de décrire la variation d'une grandeur dans tout l'espace.

<u>Distribution discrète ou continue</u>

- Répartition sur une ligne : $\boldsymbol{\lambda = \frac{dq}{dl}}$ densité linéique
- Répartition sur une surface : $\boldsymbol{\sigma = \frac{ds}{dS}}$ densité surfacique
- Répartition dans un volume : $\boldsymbol{\rho = \frac{dq}{dV}}$ densité volumique

Toutes ces relations conduisent à un champ et potentiel électrostatiques en M.

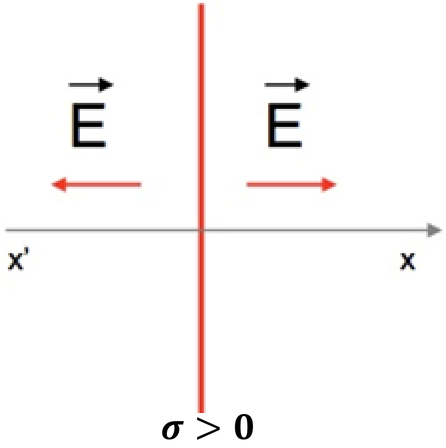
Calcul de V donne accès au champ électrostatique par la relation :

$$\boxed{\vec{E} = -\,\overrightarrow{grad}\,V}$$

Chaque q en M sera soumise à une force électrostatique :

$$\vec{F} = q\,\vec{E}(\vec{r})$$

Son énergie potentielle sera : $E_p = q\,V(\vec{r})$



Exemple

Plan infini chargé en surface $\sigma = cte$

Il est assez facile de montrer que le champ est porté par xx' perpendiculaire au plan

Pour $\sigma > 0$ et $\sigma < 0$, il est possible (mais plus difficile) de démontrer que :

$$E = \frac{|\sigma|}{2\,\varepsilon_0}$$

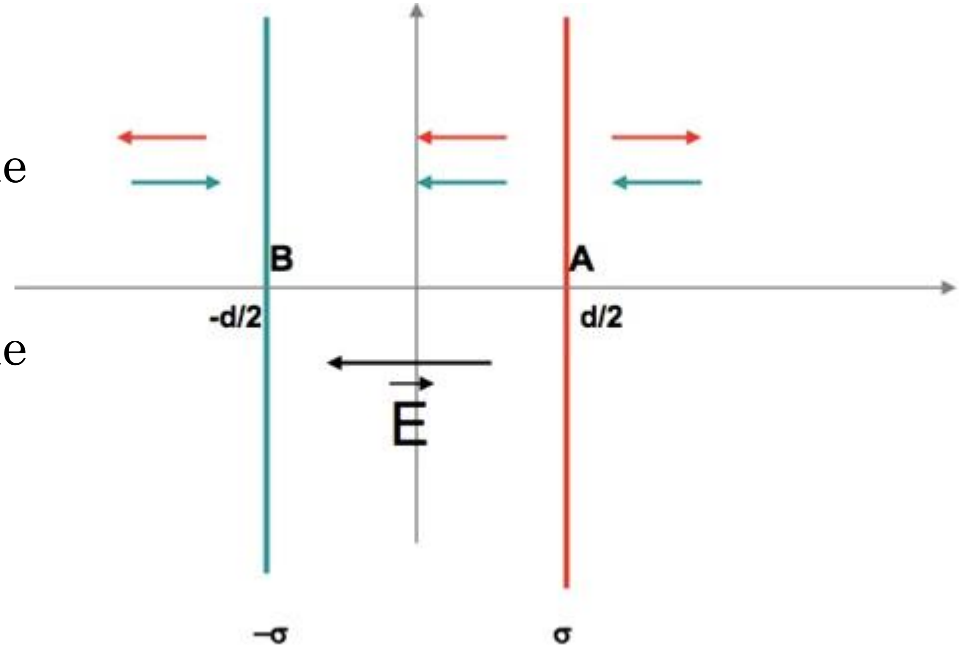
$$V(M) = \frac{-\sigma}{2\,\varepsilon_0}\,|x|$$

σ densité surfacique de charge
origine de l'axe x sur le plan
M un point quelconque d'abscisse x
ε_0 permittivité du vide

Electrostatique
Condensateur plan

Pour connaitre le champ électrostatique et la différence de potentiel entre les 2 plans, il suffit de décomposer le condensateur et de considérer qu'il est la somme de plans infinis.

- En rouge : le champ électrostatique créé par la plaque chargée $+\sigma$
- En bleu : le champ électrostatique créé par la plaque chargée $-\sigma$
- Les normes des champs sont égales

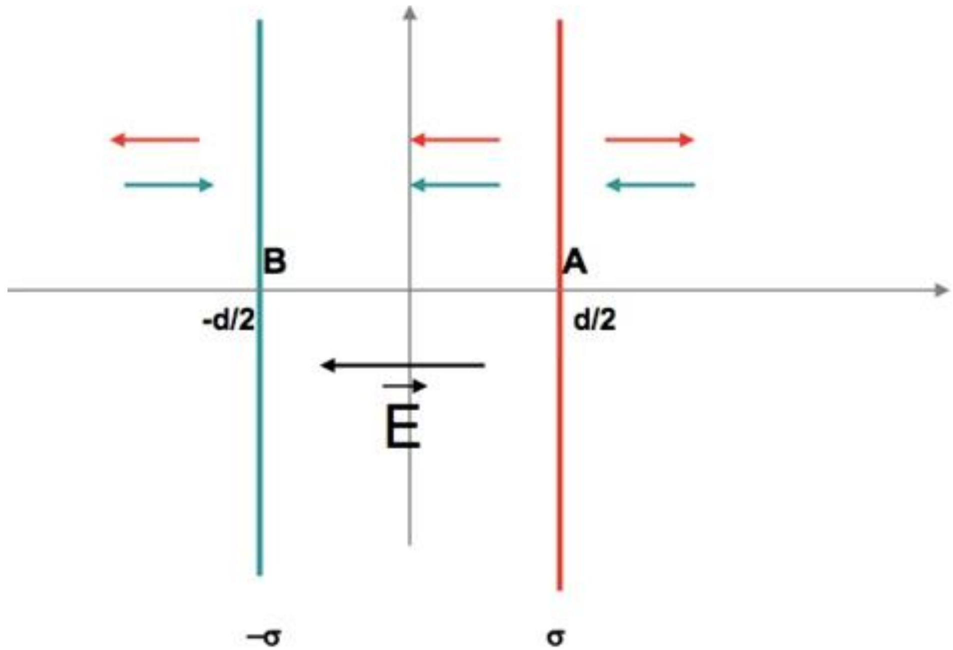


Le champ résultant E :

$\boldsymbol{E} = \frac{|\boldsymbol{\sigma}|}{\boldsymbol{\varepsilon_0}}$ entre les plans, $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{0}$ à l'extérieur

Electrostatique
Condensateur plan

La différence de potentiel : $V = V_A - V_B$ créé par plan $(-\sigma)$ en $A - V$ créé par plan $(+\sigma)$ en B.



$$\boldsymbol{V = -(-\sigma)\,\frac{d}{2\,\varepsilon_0} - (-\sigma\,\frac{d}{2\,\varepsilon_0})}$$

donc $\boldsymbol{V = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\,d}$

On remarque que $\boldsymbol{V = Ed}$

Attention

Ici il s'agit de la différence de potentiel entre les 2 plaques ainsi que du champ électrique créé par les 2 plaques.

Présentation

- Le condensateur plan : 2 plaques conductrices parallèles, de surface **S** et de distance d, l'une avec charge $+\boldsymbol{Q}$ et l'autre $-\boldsymbol{Q}$ avec une répartition uniforme.

- Si on néglige les effets de bord :

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{S}} \text{ et } \boldsymbol{V} = \frac{\boldsymbol{Q}}{\epsilon_0 \boldsymbol{S}} \boldsymbol{d}$$

- $\frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{V}}$ est la capacité du condensateur
- Son unité (SI) est le Farad (F).
- Sa capacité est calculée comme suit :

$$\boldsymbol{C} = \frac{\boldsymbol{\varepsilon_0 S}}{\boldsymbol{d}}$$

Energie stockée dans un condensateur

Charge q à $q + dq$ (potentiel constant)

Accroissement énergie potentielle : $\boldsymbol{dE_p = dq\, V = dq\, \frac{q}{C}}$

Énergie stockée

Énergie à fournir pour passer de $q = 0$ à Q :

$$\boxed{\boldsymbol{W = \int_0^Q \frac{q}{C}\, dq = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}\, QV = \frac{1}{2}\, CV^2}}$$

Remarque

Entre les armatures isolant ou diélectrique

$$\boldsymbol{C = \varepsilon_0\, \varepsilon_r\, \frac{S}{d}}$$

$\boldsymbol{\varepsilon_r}$: Permittivité relative du diélectrique

Exemple

$\boldsymbol{\varepsilon_r}$ air ~1,0006, eau ~78, mica ~7, membrane de lipide ~8.

Introduction

Le théorème de Gauss établit une relation entre le flux du champ électrique à travers une surface fermée et la charge à l'intérieur de cette surface.

Cette relation a les propriétés suivantes :

- elle reflète les propriétés générales des champs électriques et ne se limite pas aux champs électrostatiques (contrairement à la loi de Coulomb);

- elle permet de déterminer simplement et de manière élégante l’expression du champ électrostatique créé par les distributions de charges qui présentent une symétrie appropriée (sphérique, cylindrique, plan, etc.).

Introduction

Le théorème de Gauss établit une relation entre le flux du champ électrique à travers une surface fermée et la charge à l'intérieur de cette surface.

Cette relation a les propriétés suivantes :

- elle permet de faire la démonstration que la charge nette d'un conducteur en équilibre électrostatique est située à la surface de celui-ci.

Énoncé de théorème de GAUSS

Pour une surface $\sum$ fermée (orienté vers l'extérieur) enfermant une charge Q_{int} dans le vide, on a l'égalité suivante :

$$\oiint \vec{\boldsymbol{E}}(\boldsymbol{M}).\overrightarrow{\boldsymbol{dS}} = \frac{\boldsymbol{Q_{int}}}{\boldsymbol{\varepsilon_0}}$$

Application

Calculer le champ créé par un fil infini chargé uniformément avec une densité λ.