

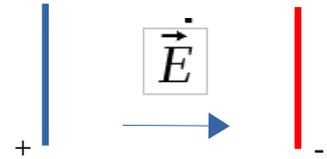
Electromagnétisme : Potentiel électrostatique , énergie potentielle électrostatique

1. Etude du principe de l'accélérateur de particules

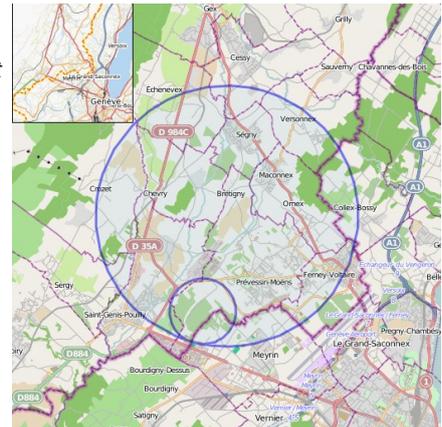
Le LHC entre la France et Genève permet d'accélérer des particules positives en leur communiquant des énergies cinétiques très élevées.

Le principe repose sur l'action d'un champ électrostatique sur les particules .

Modélisation simplifiée du processus d'accélération d'un proton +e
Sur le parcours des particules , sont placées des cellules accélératrices



Le LHC a été construit dans le tunnel circulaire (26,659 km de circonférence) de son prédécesseur, le collisionneur LEP (Large Electron Positron). À la différence de ce dernier, ce sont des protons qui sont accélérés pour produire des collisions, en lieu et place des électrons ou des positrons pour le LEP. C'est le plus puissant accélérateur de particules construit à ce jour, a fortiori depuis son amélioration achevée en 2015 après deux ans de mise à l'arrêt. Il est même présenté comme le plus grand dispositif expérimental jamais construit pour valider des théories physiques.



Bilan énergétique : $\Delta E_c = W_{\text{électrique}}$, le travail du poids est négligé

Travail de la force électrostatique :
$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

Ici le champ est constant (cf leçon précédente)

$$\vec{F} = q\vec{E} = -qE\vec{e}_x \quad E > 0$$

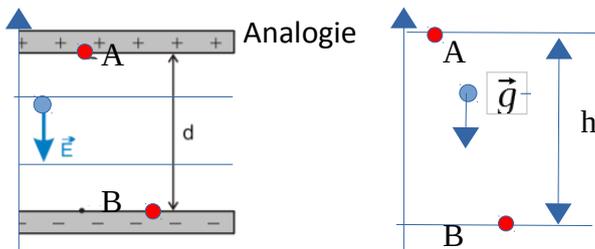
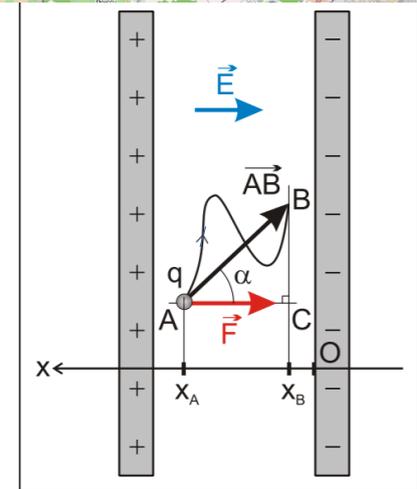
L'expression générale du déplacement élémentaire en coordonnées cartésiennes s'écrit :

$$d\vec{l} = dx\vec{e}_x + dy\vec{e}_y + dz\vec{e}_z$$

donc
$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = -q \int_{x_A}^{x_B} E dx \text{ soit}$$

$W_{AB} = qE(x_A - x_B)$ quel que soit le chemin suivi pour aller de A d'abscisse x_A à B d'abscisse x_B

ou de tout point du plan $x=x_A$ à tout point d'abscisse $x=x_B$



Lorsque la particule se déplace d'un point A à un point B soumis à un champ de pesanteur le travail du point est égal à $W_{AB} = m \mathbf{g} \cdot (\mathbf{z}_A - \mathbf{z}_B) = E_{pA} - E_{pB}$ diminution de l'énergie potentielle de pesanteur $E_p = mgz + cte$, z selon la verticale ascendante.

Lorsque la particule se déplace d'un point A à un point B soumis à un champ électrostatique uniforme , le travail de la force électrostatique est égal à $W_{AB} = qE(x_A - x_B) = E_{pA} - E_{pB}$

$$E_p = qEx + constante$$

Avec $V = Ex$ potentiel électrostatique au point d'abscisse x , $E_p = qV + constante$

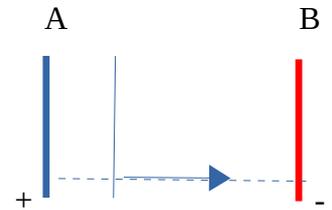
2. Cas général

Une charge ponctuelle q placée en M dans un champ électrostatique possède une énergie potentielle :

$$E_p(M) = qV(M) + \text{constante avec } V \text{ potentiel électrostatique en } M$$

$$W_{AB} = \int_A^B q \vec{E} \cdot d\vec{l} = E_{pA} - E_{pB} = q(V_A - V_B)$$

$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



Evaluer la différence de potentiel aux bornes d'une cavité accélératrice :

$$\Delta E_c = W_{AB} = e(V_A - V_B) \quad (\text{proton } q=e)$$

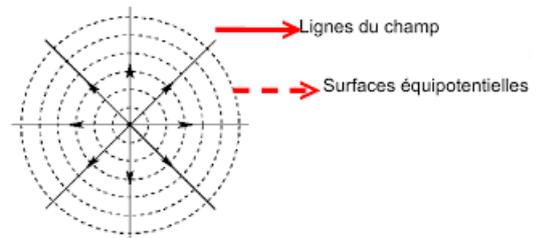
$$1,00 \text{ TeV} = 1,00 \cdot 10^{12} \text{ eV} = 10^{12} * 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J},$$

$$\text{charge électrique élémentaire } e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Surfaces équipotentielles :

Définition

Une surface équipotentielle est le lieu des points où le potentiel V garde une même valeur



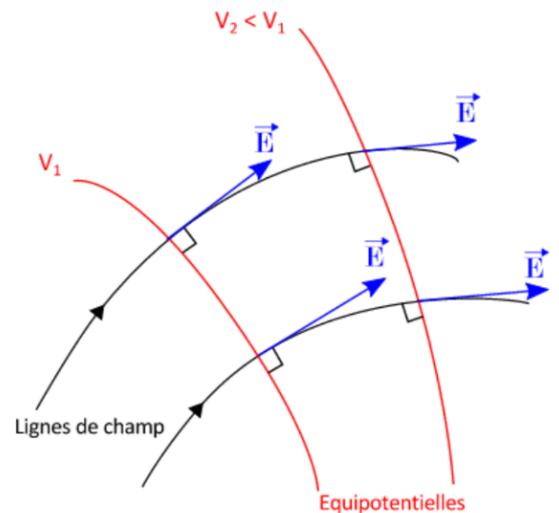
Quelle est la forme d'une surface équipotentielle d'un condensateur ?

$V = Ex$ $V = cte$ $x = cte$ plan parallèle aux plaques du condensateur

Propriétés : lignes de champ et surfaces équipotentielles :

Le champ électrique en M est orthogonale à la surface équipotentielle $V(M)$

Le champ électrostatique est dirigé selon les potentiels décroissants



Topographie électrostatique

