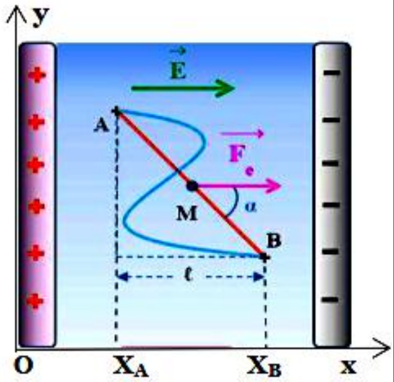
Savoir et savoir faire

- *Connaitre et appliquer la relation* $W_{A\to B}(\overrightarrow{F_e}) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$
- *Connaitre et appliquer la relation* $V = \mp Ex + V_0$
- *Connaitre et appliquer la relation* $E_{pe} = qV + Cte$
- *Connaitre Les surface équipotentielle*
- *Connaitre et appliquer la relation* $\Delta E_{pe} = -\ W_{A\to B}(\overrightarrow{F_e})$
- ***Connaitre Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.***

I. Travail de la force électrostatique dans un champ uniforme.

Dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ qui règne entre deux plaques chargées respectivement de charges Q et –Q , la force électrostatique $\vec{F_e} = q\vec{E}$ qui s'exerce sur une particule M de charge q>0 assimilée à un point matériel est constante.

Lorsque la particule M se déplace d'un point A à un point B, le travail de la force électrostatique est donnée par la relation :



$$W_{A\to B}(\overrightarrow{F_e}) = \overrightarrow{F_e}.\overrightarrow{AB} \quad = q\vec{E}.\overrightarrow{AB} = q.E.AB.\cos\alpha$$

$$\Rightarrow \quad W_{A\to B}(\overrightarrow{F_e}) = q.E.l = q.E.(x_B - x_A)$$

Remarque : si on choisi l'axe (ox) est orienté dans le sens opposé de celui du $\vec{E}$ l'expression du travail sera **:**

$$W_{A\to B}(\overrightarrow{F_e}) = -q.E.(x_B - x_A) = q.E.(x_A - x_B)$$

Le travail de la force électrostatique, lors du déplacement d'une charge q d'un point A à un point B dans un champ électrostatique uniforme est indépendant du chemin. Il ne dépend que des positions initiales A et finale B : La force électrostatique $\overrightarrow{F_e}$ est une force conservative

II. Potentiel électrique

1. Définition de la différence de potentielle électrique (d.d.p)

La différence de potentielle ou tension électrique entre deux points A et B notée U_{AB} d'une région où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, est égale au produit scalaire des vecteurs $\vec{E}$ et $\overrightarrow{AB}$:

$$U_{AB} = V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

Remarque : Cette relation ne s'applique que si le champ électrique est uniforme

Avec V_A le potentiel électrique au point A et V_B le potentiel électrique au point B.

2. Expressions du *potentiel électrique en un point de l'espace (R)*

Dans le repère (O,x,y)) on a : $V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB} = E\vec{\imath}.[(x_B - x_A)\vec{\imath} + (y_B - y_A)\vec{\jmath}]$

$$\Longrightarrow V_A - V_B = E.(x_B - x_A) = E.x_B - E.x_A$$

$$\Longrightarrow V_A - V_B = -E.x_A + (-E.x_B)$$

Donc de cette relation on constate que $V_A = -E.x_A$ et $V_B = -E.x_B$

Définition :

***On appelle potentiel électrique toute grandeur physique qui caractérise l'état électrique de chaque point M de l'espace où règne le champ électrique.* Son expression dans un point M d'abscisse x de cet espace est : $V = -Ex + V_0$, Son unité en SI est V le volt.**

V_0 c'est une constante qui dépend de l'état de référence arbitraire choisi , généralement en prend le sol comme état de référence où (V_0=0) .

Remarque :

- si on choisi l'axe (ox) est orienté dans le sens opposé de celui du $\vec{E}$ l'expression du potentiel sera : $V = Ex + V_0$
- D'une façon générale : Le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$ est dans le sens des potentiels décroissants.

3. Relation entre le travail de la force électrostatique et la d.d.p :

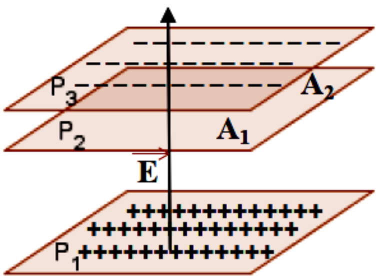
D'après les relations $W_{A\to B}(\vec{F_e}) = \vec{F_e}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB}$ et $U_{AB} = V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$

On en déduit que : $W_{A\to B}(\vec{F_e}) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$

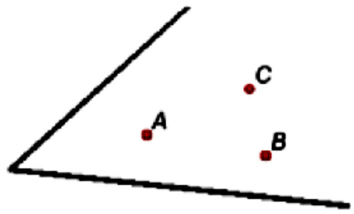
4. Plan équipotentiel

- les plans équipotentiels sont des plans parallèles entre eux et perpendiculaire au vecteur champ électrique $\vec{E}$ (doc 1)
  - Les deux points A_1 et A_2 ont même potentiel électrique : $V_1=V_2$
  - tout les points appartenant au plan P_2 se trouvent sur le même potentiel électrique
  - Les plants P_1 , P_2 et P_3 sont des plans équipotentiels.

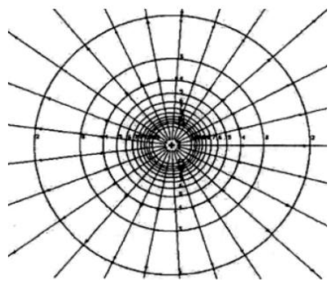
- Le plan équipotentiel est un plan dont tous les points sont au même potentiel électrique .(doc 2)
  $\Rightarrow$ $V_A=V_B=V_C$
- Les surfaces équipotentielles d'une charge ponctuelle Q sont des sphères centrées sur Q .(doc3)



(Doc1)



(Doc2)


(Doc3)

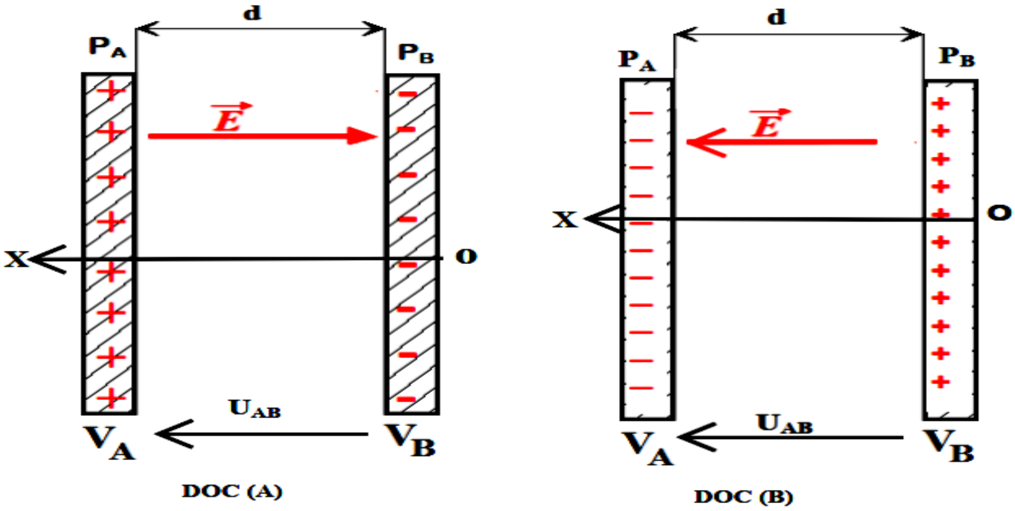
5. Relation entre l'intensité du champ électrique et la tention

Soit un espace caractérisé par un champ électrique uniforme crée par deux plaques parallèles P_A et P_B distantes d'une distance d (Doc A et Doc B) ci-après.
Il existe une d.d.p (tension) entre les deux plaques telle que :

$$U_{AB} = V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

Dans le repère (o,x,y) on a :
1ér cas (Doc A) $U_{AB} = V_A - V_B = E(x_A - x_B) = E.d > 0$
2 éme cas (Doc B) $U_{AB} = V_A - V_B = E(x_B - x_A) = -(x_A - x_B) = -E.d < 0$

Donc en général on écrit : $E = \frac{|U_{AB}|}{d}$ exprimé dans (SI) en V/m ou Vm^{-1}



Exercice d'application n°1:

Un champ électrique uniforme d'intensité E = 3. 10^4 V/m est crée à l'intérieur de deux plaques parallèles distantes de d = 10cm.

1- Calculer la tension électrique U_{PN} appliquée aux deux plaques .
2- Déterminer le travail de la force électrique appliquée à un électron au cours de son déplacement de la plaque N vers la plaque P .

III. Énergie potentielle électrostatique

1- Définition.

L'énergie potentielle électrostatique d'une charge q placée en un point M dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ est donnée par la relation : $E_{pe} = qE.x+Cte$

et puisque $E.x = V$ alors $E_{pe} = qV+Cte$

C est une constante qui dépend du choix de l'origine des potentiels électriques.

Remarque :

- dans le cas où le sens $\vec{E}$ et $\vec{i}$ ont même sens et même direction , m'expression de Énergie potentielle électrostatique s'écrit : $E_{pe} = - qE.x+Cte$
- On peut utiliser cette relation pour calculer l'énergie potentielle électrostatique : $E_{pe} = qE(x-x_{ref})$ à condition que l'axe (x ′ x) soit orienter vers les potentiels croissants.

2- *la* Relation entre la variation de l'énergie potentielle électrostatique et travail de la force électrique

Lorsque la particule M se déplace d'un point A à un point B, le travail de la force électrostatique est donnée par la relation :

$$W_{A\to B}(\vec{F_e}) = -q.E.(x_B - x_A) = q.E.(x_A - x_B)$$

$$au\ point\ A\ ,on\ a\ :\ E_{PeA} = qEx_A + C$$

$$au\ point\ B\ ,on\ a\ :\ E_{PeB} = qEx_B + C$$

$$\text{Donc } \Delta E_{pe} = E_{peB} - E_{peA} = qE(x_B - x_A) \Rightarrow \boldsymbol{\Delta E_{pe} = -\ W_{A\to B}(\vec{F_e})}$$

Cette relation reste valable même si le champ électrique n'est pas uniforme .

Exercice d'application n°2:

Un champ électrique uniforme d'intensité E = 1kV/m est crée dans une région de l'espace repérer par (O,x,y) tel que $\vec{E}$ = E. $\vec{i}$

1- Calculer le travail de la force électrique appliquée à un noyau d'hélium Hg^{2+} du point A(2,0,0) vers le point B(4,2,0). L'unité de la longueur est le centimètre.
2- Calculer l'énergie potentielle électrique au point B .
On prend A comme origine des potentiels.

IV. . Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée soumise à une force électrostatique.

On considère une particule de charge q et de masse m , se déplace dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, du point A vers un point B .
En appliquant le T.E.C entre A et B et si en négligeant le poids de la particule et les forces de frottement devant la force électrique $\overrightarrow{F_e}$:

$$\Delta E_C = E_{CB} - E_{CA} = W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right)$$

Et sachant que $\Delta E_{pe} = - W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right)$

Donc $\Delta E_C = -\Delta E_{pe} \Leftrightarrow \Delta E_C + \Delta E_{pe} = 0$

$$\Leftrightarrow \Delta(E_C + E_{pe}) = 0$$

$$\Leftrightarrow E_C + E_{pe} = constante$$

Au cour du mouvement de la particule chargée dans le champ électrique $\vec{E}$ la grandeur $E_C + E_{pe}$ notée E_t reste constante , cette grandeur s'appelle l'énergie totale de la particule chargée : $\boldsymbol{E_t = E_C + E_{pe} = \frac{1}{2}mv^2 + qV + Cte}$

L'énergie totale d'une particule de charge électrique q soumise à la seule action de la force électrique se conserve.

V. Électron-volt une autre unité d'énergie

Selon l'expression du travail de la force électrique appliquée à une charge électrique qui se déplace d'un point A vers un point B :

$$W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = q(\mathrm{V_A} - \mathrm{V_B}) = \mathrm{qU_{AB}}$$

Pour la charge $q = 1e = 1{,}6.10^{-19}$ C on prend $\mathrm{V_A} - \mathrm{V_B} = 1\mathrm{V}$

On trouve $W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = 1eV \Longrightarrow W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = 1{,}6.10^{-19}J$

Donc $\boldsymbol{1eV = 1{,}6.10^{-19}J}$ cette unité s'appelle électron-volt (eV)

Les multiples sont le KeV=10^3 eV, le MeV=10^6 eV,

°°

Exercice :

Dans le repère (O,x,y) règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$ =20 $\vec{\imath}$
E est exprimé en V/cm.
On considère les points A (2,2) ; B (-2, 3) ; C (-5, 4) ; F (0, 4) ; G (6,0).
Les coordonnées sont exprimées en cm. Le potentiel est nul au point B.
1°) Trouver le potentiel des points A, C, F et G
2°) Trouver le travail de la force électrostatique $\overrightarrow{F_e}$ lorsqu'un ion Mg^{2+} , introduit dans le champ électrostatique, passe de A à G.
3°) Calculer l'énergie potentielle de la particule Mg^{2+} aux points A, C et G.
On prendra l'énergie potentielle électrostatique nulle au point B.

Exercice :

Deux armatures métalliques P_A et P_B, parallèles entre elles et distantes de d, sont reliées aux bornes d'un générateur de tension continue.
Entre ces deux armatures règne un champ électrostatique uniforme.
1. Donner l'expression du travail de la force électrostatique qui s'exerce sur une particule de charge q se déplaçant d'un point A de l'armature PA à un point B de l'armature PB. en fonction de E, AB et q.
2. Montrer que le travail de cette force s'écrit : $W_{A\to B}\left(\overrightarrow{F_e}\right) = \mathrm{qU_{AB}}$.
3. Calculer sa valeur dans le cas d'un noyau d'hélium He^{2+} se déplaçant de A à B.

Données : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ; U_{AB}=400V