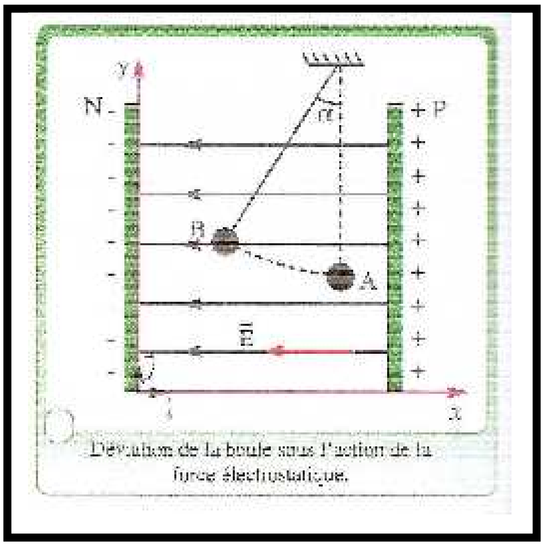
Matière : Physique Chimie Niveau : 1 Bac S.M	*Energie potentielle d'une charge électrique dans un champ électrique uniforme*	

I) Travail d'une force électrostatique un champ électrique uniforme:



Le travail $\vec{F}$ de la force qui a fait déplacer la boule sous l'action du champ électrique uniforme $\vec{E}$

$$W_{A\to B}\left(\vec{F}\right) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = q\times\vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

Avec :

$$\vec{E}=-E.\vec{i} \text{ et } \overrightarrow{AB}=\left(x_B-x_A\right).\vec{i}+\left(y_B-y_A\right).\vec{j}$$

Donc :

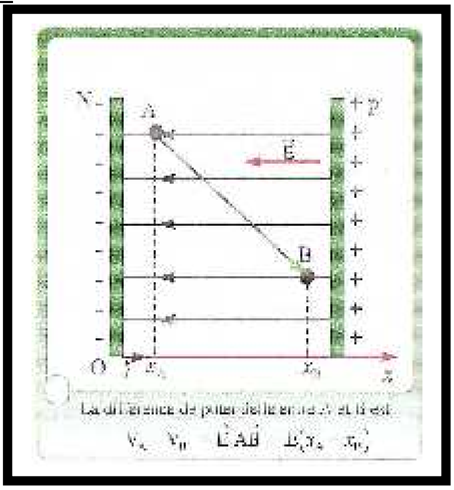
$$\boxed{W_{A\to B}\left(\vec{F}\right)=q\times E\times\left(x_A-x_B\right)}$$

Conclusion :

Le travail de la force électrique appliquée à une charge dans un champ électrique uniforme est indépendant du chemin suivi ; il ne dépend que de l'état initial x_A et de l'état final x_B. on dit que ***la force électrique est conservative.***

II) Potentiel électrique.

1) Définition d'une différence de potentiel électrique



La différence de potentielle (ou tension) entre 2 points A et B d'une région où règne un champ électrique uniforme est égale au produit scalaire des vecteurs $\vec{E}$ et $\overrightarrow{AB}$.

$$\boxed{U_{AB} = V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB} = E\times AB\times\cos\left(\alpha\right)}$$

$\vec{E}$: vecteur champ électrique ($V.m^{-1}$); $\overrightarrow{AB}$: vecteur déplacement (m)
U_{AB} : la tension (V) ; V_A : Potentiel en A (V) ; V_B : Potentiel en B (V)

Remarque :

Le champ $\vec{E}$ est perpendiculaire aux surfaces équipotentielles et dirigé dans le sens de la décroissance de V « c-a-d vers les potentiels décroissants ».

2) Potentiel électrique:

2-1/ Définition :

$$V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB} = E\times\left(x_A-x_B\right) \text{ donc } V_A - V_B = E\times x_A - E\times x_B$$

$$V_A = E\times x_A \text{ et } V_B = E\times x_B \text{ d'où : } V = E\times x$$

Nouvelle unité pour le champ électrique $\vec{E}$: volt/mètre.

$$V = E \times x$$

(V) (V.m^{-1}) (m)

Le potentiel crée par une charge ponctuelle q, placé dans le vide, en un point M de l'espace situé à la distance r de la charge q est donné par :

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q}{r} \qquad \textit{avec } V(M) = 0 \textit{ quand } r \to \infty$$

Conséquence :

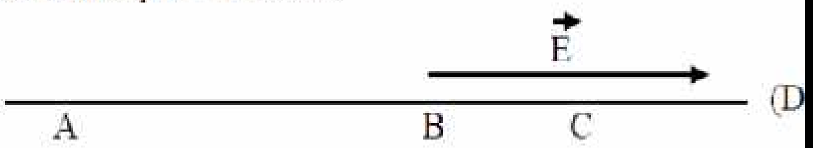
$$W_{A\to B}(\vec{F}) = q \times \vec{E}.\overrightarrow{AB} = q \times \left[E \times (x_A - x_B)\right] = q \times \left[E \times x_A - E \times x_B\right]$$

$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = q \times \left[V_A - V_B\right] = q \times U_{AB}}$$

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

Exercice d'application N°1 :

Trois points A, B et C situés dans cet ordre sur une droite (D), sont placés dans un champ électrostatique uniforme E, parallèle à la droite D et orienté comme le montre la figure.
On donne AB = 30cm ; BC = 10cm ; intensité du champ E = 1500.V/m.
Calculer les tensions U_{AB} ; U_{BC} ; U_{CA}.

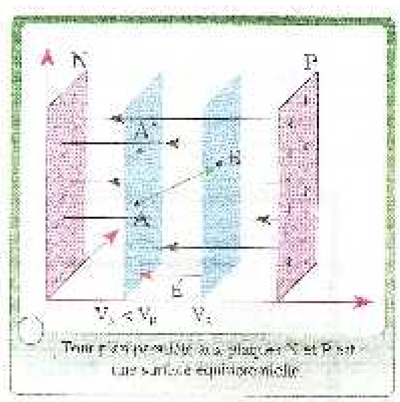


2-2/ <u>Potentiel électrique créé par une distribution de charges ponctuelles</u>

le potentiel électrostatique en un point M de l'espace créé par ensemble de charges ponctuelles. En utilisant le principe de superposition, le potentiel électrique en M est la somme du potentiel électrostatique créé par chaque charge :

$$\boxed{V(M) = \sum V_i(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \sum \frac{q_i}{r_i}}$$

2-3/ <u>Plan (ou surface) équipotentiel</u>: ***voir l'animation***



Une surface (ou plan) équipotentielle électrique est une surface où la valeur du potentiel électrique est la même en tout point.

Les équipotentielles électriques possèdent les caractéristiques suivantes :

- ✓ Le potentiel électrique est égal en tout point de la surface.
- ✓ Le champ électrique est perpendiculaire à la surface équipotentielle.
- ✓ Le sens du champ électrique définit le sens où il y à une chute de potentiel.

Exercice d'application N°2 :

Une charge $q = 10^{-6}$ C se déplace en ligne droite, de A vers B, dans un champ électrostatique uniforme E, d'intensité E = **500** V/m, tel que (AB, E) = 30°. Calculer :

1) le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la charge q au cours du déplacement AB.

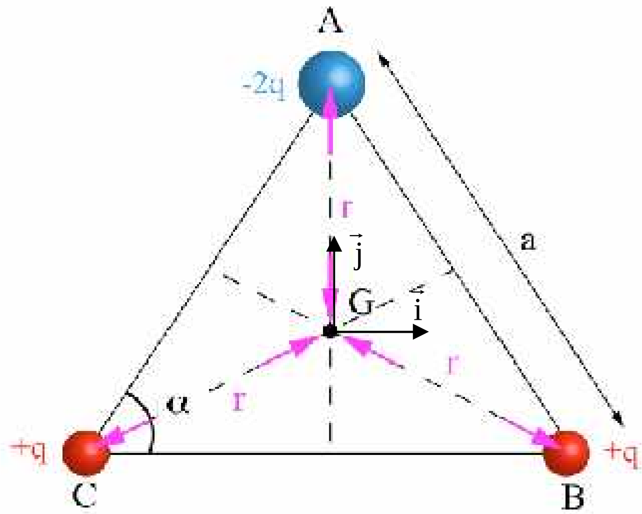
2) La valeur de la tension U_{AB}.

Donnée : Distance AB = **10** cm.

Exercice d'application N°3 :

Soit un ensemble de 3 charges électriques ponctuelles -2q, +q, +q disposées aux sommets A, B et C d'un triangle équilatéral de coté a, dans l'air.

1. Calculer le potentiel V et déterminer le champ $\vec{E}$ créés par cette distribution de charges au centre de gravité G du triangle (q>0). On appellera $\vec{j}$ le vecteur unitaire dirigé de G vers A d'origine G et $\vec{i}$ le vecteur unitaire tel que $(G, \vec{i}, \vec{j})$ forme une base orthonormée.



Les propositions :

Potentiel : A : 0 B : $\frac{1}{\pi\varepsilon}\frac{2q}{3a^2}$ C : $-\frac{1}{\pi\varepsilon}\frac{2q}{3a^2}$ D : $\frac{1}{\pi\varepsilon}\frac{q}{\sqrt{3}a}$ E : $-\frac{1}{\pi\varepsilon}\frac{q}{\sqrt{3}a}$

Champ : A : 0 B : $\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{9q^2}{a^2}\vec{i}$ C : $-\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{9q}{a^2}\vec{j}$ D : $\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{9q}{a^2}\vec{j}$ E : $\frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{9q}{a^2}\vec{i}$

III) *Energie potentielle électrostatique :*

1) <u>Notion de l'énergie potentielle électrostatique</u> :

Energie potentielle électrique d'une charge q quelconque située en un point d'abscisse x dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ vaut :

$$\boxed{E_{pe}(M) = q \times E \times x(M) + C}$$ **ou** $$\boxed{E_{pe}(M) = q \times V(M) + C'}$$

Avec C et C' sont des constantes qui dépendent du niveau de référence choisi.

2) La variation de l'énergie potentielle:

La variation de l'énergie potentielle électrique, entre le point A de potentiel V(A) et le point B de potentiel V(B), égale :

$$\boxed{\underset{A\to B}{\Delta} E_{pe} = E_{pe}(B) - E_{pe}(A) = q \times V(B) - q \times V(A)}$$

3) Relation entre l'énergie potentielle et le travail d'une force électrostatique :

On a : $\underset{A\to B}{\Delta} E_{pe} = q \times [V(B) - V(A)]$ **et** $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = q \times [V_A - V_B]$

Donc :

$$\boxed{\underset{A\to B}{\Delta} E_{pe} = - \underset{A\to B}{W}(\vec{F})}$$

Généralité:

La variation d'énergie potentiel électrique d'un système se déplaçant d'un point A à un point B est égale à l'opposé de *la somme des travaux effectuées par les forces conservatives* entre le point A et le point B.

$$\boxed{\underset{A\to B}{\Delta} E_{pe} = - \sum \underset{A\to B}{W}(\vec{F}_c)}$$

IV) *Conservation de l'énergie totale d'une charge placée dans un champ électrostatique uniforme :*

- L'énergie mécanique totale d'une charge q placée dans un champ électrique est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle électrique :

$$\boxed{E_m(M) = E_c(M) + E_{pe}(M)}$$

- Si une charge évolue spontanément dans un champ électrique (sans autre force que celle du champ électrique), on peut déterminer sa vitesse acquise au bout d'un certain déplacement :
  - ✓ Soit à l'aide du théorème de énergie mécanique: $\boxed{\Delta E_m = 0}$
  - ✓ Soit à l'aide du théorème de énergie cinétique : $\boxed{\underset{A\to B}{\Delta} E_c = -q \times \underset{A\to B}{\Delta} V = -q \times (V_B - V_A)}$

V) *L'électro–Volt :*

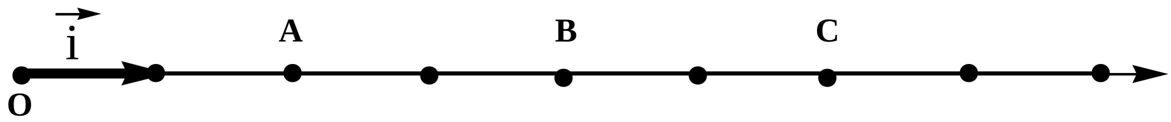
Si $q = e = 1{,}6.10^{-19}$ C et si le potentiel V = 1 V alors $E_{pe} = 1\ eV$ *« électron volt » ;*

$1\ eV = 1e \times 1V = 1{,}6.10^{-19}C \times 1V = 1{,}6.10^{-19}\ J$

$$\boxed{1\ eV = 1{,}6.10^{-19}\ J}$$

Exercice d'application N°4 :

On considère trois points A,B et C situés sur l'axe (OX) dans un champ électrostatique $\vec{E} = 2.10^4.\vec{i}$ avec $\|\vec{i}\| = 10$ cm. On donne : e = $1,6.10^{-19}$ C.



1) Calculer les tensions U_{BA} ; U_{BC} et U_{CA} .

2) Déterminer la distance entre 2 plans équipotentiels qui ont une différence de potentiel $U_1 = 5.10^3$ V et $U_2 = 15.10^3$ V.

3) Calculer en joule puis en électro-volt la variation de l'énergie potentielle électrostatique d'une charge q = 3^e lors de son déplacement du plan équipotentiel A au plan B.

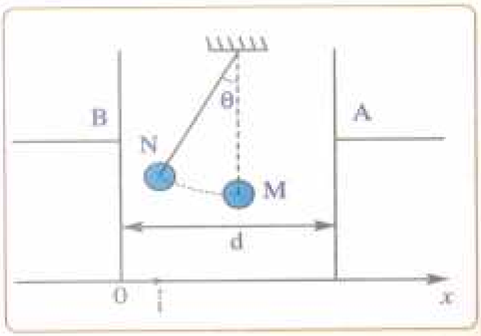
Exercice d'application N°5 :

Un pendule électrostatique, de longueur l = 20 cm et de charge $q = 20nC$, est en équilibre entre deux plateaux verticaux et parallèles A et B.

La distance entre ces deux plateaux est d = 10cm. Le champ électrostatique uniforme existant est d'intensité $E = 5.10^3 V.m^{-1}$.

En l'absence du champ électrostatique, le pendule se trouve en équilibre au point M situé au milieu de la distance d.

En appliquant la tension U_{AB} entre les plateaux, le pendule s'écarte de la verticale d'un angle $\theta = 45°$.



1- Donner les caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E}$. Calculer la tension U_{AB}.

2- Déterminer l'expression du travail de la force électrostatique agissante sur le pendule quand il se déplace de M vers N en fonction de q, E, l et θ. Calculer sa valeur.

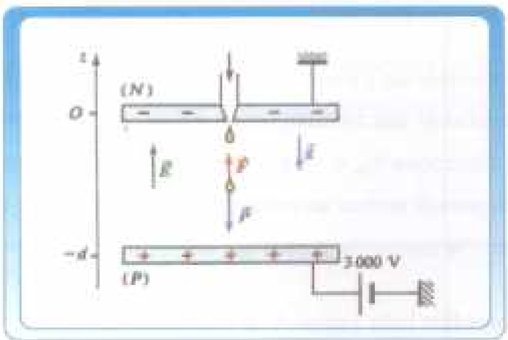
3- En déduire la variation de l'énergie électrostatique ΔE_{pe} entre les deux positions M et N.

4- On choisit comme origine des énergies potentielles électrostatiques $E_{pe} = 0$ au plan du plateau B.

Calculer E_{pe} (M) l'énergie potentielle électrostatique au point M. En déduire V_M le potentiel électrique au point M.

Exercice d'application N°6 :

On applique une tension U_{PN} =3000V entre deux plaques métalliques parallèles horizontales séparées par une distance d = 5cm.



On lâche une goutte d'huile de masse $m = 2,8.10^{-14}$kg et de charge q = 10.e sans vitesse initiale à partir de la plaque N, elle arrive à la plaque P avec la vitesse $v = 0,27mm.s^{-1}$.

- On choisit comme origine des énergies potentielles et de pesanteur : le plan passant par la plaque N.

1- Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la goutte d'huile à la plaque P.

2- Calculer l'énergie potentielle électrostatique de la goutte à la plaque P.

En déduire l'énergie poentielle totale E_P .

3- Comparer l'énergie totale E_P à celle E_N à la plaque N.

Conclure.