

Energie potentielle électrostatique

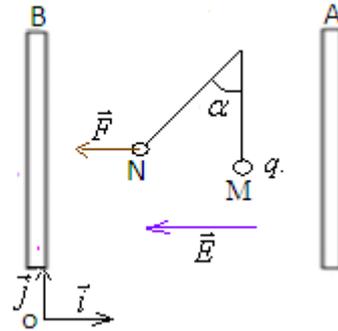
I-Travail d'une force électrostatique dans un champ uniforme :

1)Activité expérimentale :

On place un pendule électrostatique entre deux plaques conductrices planes et parallèles séparées d'une distance d , la boule du pendule porte une charge $q > 0$.

A l'absence du champ électrique la boule se trouve au point M (le pendule est vertical).

$U_{AB} > 0 \Rightarrow V_A > V_B$
 \vec{E} : a le sens des potentiels décroissants,
 donc \vec{E} dirigé de A vers B.



En appliquant une d.d.p. $U_{AB} > 0$ entre A et B, il apparait entre les plaques un champ électrique uniforme dont le vecteur \vec{E} est uniforme qui a le même sens que les potentiels décroissants donc la boule est soumise a une force électrostatique $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ qui a le même sens que \vec{E} car $q > 0$ et elle se déplace de M à N provoquant l'inclinaison du pendule de l'angle α .

2)Travail de la force électrostatique :

Déterminons le travail de la force électrostatique durant le déplacement MN.

$$W_{M \rightarrow N}^{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{MN} = q \cdot \vec{E} \cdot \overrightarrow{MN}$$

Considérons le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) dont le vecteur unitaire \vec{i} a le sens contraire de \vec{E} , son origine O confondu avec la plaque ayant le plus petit potentiel.

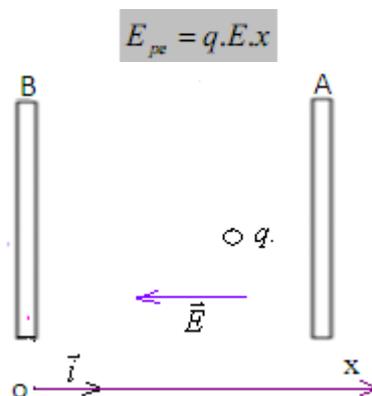
$$\overrightarrow{MN} \begin{cases} x_N - x_M \\ y_N - y_M \end{cases} \quad \text{et :} \quad \vec{E} \begin{cases} -E \\ 0 \end{cases}$$

donc : $W_{M \rightarrow N}^{\vec{F}} = qE(x_M - x_N)$ $W_{M \rightarrow N}^{\vec{F}} = q \begin{bmatrix} -E \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_N - x_M \\ y_N - y_M \end{bmatrix} = -q \cdot E \cdot (x_N - x_M) = qE(x_M - x_N)$

II-Energie potentielle de életrostatique :

1) Définition de l'énergie potentielle électrostatique :

L'énergie potentielle électrostatique d'une charge q posée en un point M d'un champ électrostatique uniforme \vec{E} est donnée par la relation suivante :



On considère comme état de référence de l'énergie potentielle électrostatique le point O correspondant la position de la plaque ayant le plus petit potentiel.

2) Le potentiel électrostatique :

Le produit : $E \cdot x$, s'appelle **le potentiel électrostatique** noté V d'un point du champ électrostatique par rapport au point de référence O de potentiel nul.

Donc l'énergie potentielle électrostatique : $E_{pe} = qV$ avec : $V = q \cdot E$

3) Relation entre le potentiel électrostatique et le champ électrostatique :

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q \cdot \vec{E} \cdot \vec{AB} = q \cdot E \cdot (x_B - x_A) = q \cdot (V_B - V_A) = q \cdot U_{AB}$$

On a : $q \cdot \vec{E} \cdot \vec{AB} = q \cdot (V_B - V_A) \Rightarrow V_B - V_A = \vec{E} \cdot \vec{AB}$ (donc : $U_{AB} = d \cdot E$)

Donc de la force électrostatique durant le déplacement AB.

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = q(V_A - V_B) = q \cdot U_{AB}$$

- si : q et U_{AB} ont mêmes signes : $W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} > 0$

- si : q et U_{AB} ont des signes contraires : $W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} < 0$

Remarque : La variation de l'énergie potentielle électrostatique entre deux points A et B : $\Delta E_{pe} = Epe_B - Epe_A$

$$Epe_B = q \cdot E \cdot x_B = q \cdot V_B$$

donc : $\Delta E_{pe} = q(V_B - V_A) = -q \cdot U_{AB}$

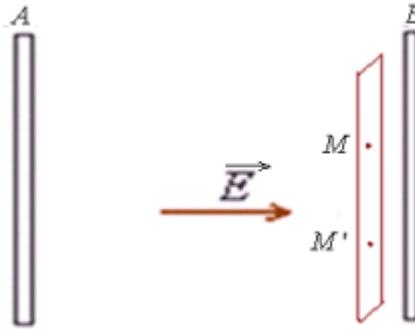
$$Epe_A = q \cdot E \cdot x_A = q \cdot V_A$$

D'après les relations précédentes on a : $\Delta E_{pe} = -q \cdot U_{AB}$ et : $W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = q \cdot U_{AB} \Rightarrow$

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = -\Delta E_{pe}$$

3) Les plans équipotentiels :

Considérons deux points M et M' qui se trouvent dans le même plan parallèle aux plaques qui est un plan perpendiculaire aux lignes de champ électrostatique.



$$V_M - V_{M'} = \vec{E} \cdot \vec{MM'} = E \cdot MM' \cdot \cos(\vec{E}, \vec{MM'}) = E \cdot MM' \cdot \cos \frac{\pi}{2} = 0 \Rightarrow$$

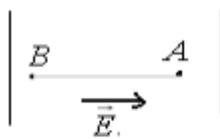
$$V_M = V_{M'}$$

donc les deux points M et N ont le même potentiel.

Le champ électrique entre deux plaques conductrices et parallèle distantes de d est un champ uniforme et tous les points qui se trouvent dans un plan perpendiculaire aux lignes de champ ont même potentiel.

III-Conservation de l'énergie totale d'une particule chargée :

Considérons une particule de charge q et de masse m qui se déplace dans un champ magnétique uniforme de A à B. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique de A à B sur la particule .



$$\Delta E_C = W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} + W_{A \rightarrow B}^{\vec{P}}$$

$$\Delta E_C = W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}}$$

et on a :

$$\Delta E_{pe} = -W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}}$$

donc :

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = -\Delta E_{pe}$$

\Rightarrow

$$E_{cB} - E_{cA} = -(E_{peB} - E_{peA})$$

\Rightarrow

$$E_{cB} + E_{peB} = E_{cA} + E_{peA}$$

On pose : $\xi = E_c + E_{pe}$ l'énergie totale de la particule.

$$\xi_B = \xi_A$$

donc l'énergie totale de la particule se conserve.