# TRAVAIL DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE ENERGIE POTENTIELLEEE ELECTROSTATIQUE

## I-TRAVAIL DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE

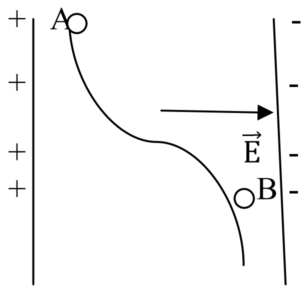
### I-1 CAS D'UN CHAMP UNIFORME

#### I-1-1 Expression du travail

Soit q une charge quelconque se déplaçant d'un point A vers un point B suivant une trajectoire quelconque dans une région ou règne un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$

Sur cette charge s'exerce la force électrostatique $\vec{F}=q\vec{E}$

Le champ est uniforme, donc la force $\vec{F}$ est constante tout au long du déplacement.




Le travail de la force $\vec{F}$ est :

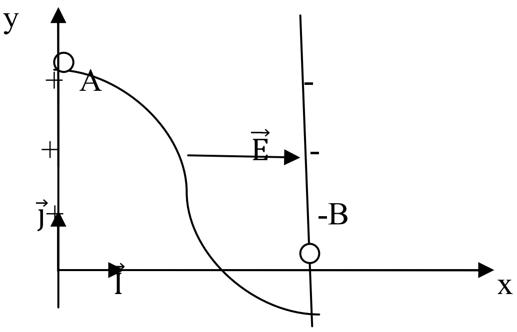
$$\boxed{W\vec{F}(A \to B) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB}}$$

W s'exprime en joule

Ce travail est indépendant du chemin suivi donc $\vec{F}$ est une force conservative

#### I-1-2 Potentiel électrique

Le potentiel électrique est une grandeur qui caractérise l'état électrique de chaque point du champ. C'est un scalaire défini à une constante prés.




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

$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = E\,(x_B - x_A)$ = $Ex_B$ - $Ex_A$

Le potentiel est une grandeur associé au champ et qui ne dépend que de la position dite potentiel électrique :

$\boxed{V(x) = -Ex+a}$ a est une constante arbitraire

#### I-1-3 Différence de potentiel

Les points A et B n'occupent pas la même position par rapport aux plaques. On dit qu'entre eux existe une différence de potentiel. Cette différence de potentiel dépend du champ $\vec{E}$ et des positions respectives des points A et B dans le champ.

$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = E\left(x_B - x_A\right) = Ex_B - Ex_A$ (1)

Soit $V_A$ le potentiel en A et $V_B$ le potentiel en B

$V_A = -Ex_A + a$ et $V_B = -Ex_B + a$

$V_A - V_B = (-Ex_A + a) - (-Ex_B + a)$

$V_A - V_B = Ex_B - Ex_A$ (2)

(1) et (2) $\rightarrow$ $\vec{E}.\overrightarrow{AB} = V_A - V_B = U_{AB}$

$U_{AB}$ est appelé différence de potentiel entre les plaques A et B ou encor la

tension électrique. Posons AB= d

$$\boxed{E = \frac{U_{AB}}{d}}$$

$U_{AB}$(V), d(m), E(V/m) sont respectivement la tension, la distance et la valeur du champ entre les deux plaques.

L'expression du travail est donc : $\boxed{W\vec{F}(A \rightarrow B) = q\vec{E}.\overrightarrow{AB} = q(V_A - V_B)}$

**I-1-4 Surface équipotentielle**

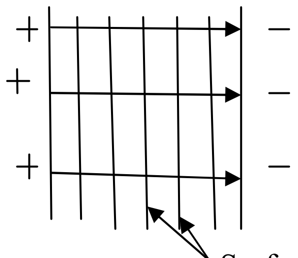
Si dans un champ uniforme, le travail de la force électrostatique entre deux points A et B est nul : ces points sont au même potentiel.

$W\vec{F}(A \rightarrow B) = 0 \Rightarrow q\vec{E}.\overrightarrow{AB} = q(V_A - V_B) = 0 \Rightarrow V_A - V_B = 0 \Rightarrow V_A = V_B$

$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = 0 \Rightarrow \overrightarrow{AB}$ est perpendiculaire au champ $\vec{E}$.

Ces points sont situés dans un plan perpendiculaire à la direction de $\vec{E}$. Ce plan est appelé surface équipotentielle.

<u>Remarque</u> : Une surface équipotentielle est, en chacun de ces points perpendiculaires aux lignes de champ qui passent par ce point.



Surface équipotentielle

**I-2 Cas d'un champ quelconque**

Dans un champ quelconque et quelle que soit la trajectoire, le travail $W_{A \rightarrow B}$ effectué pendant le déplacement d'une charge ponctuelle de A vers B est :

$$\boxed{W\vec{F}(A \rightarrow B) = q(V_A - V_B)}$$

**II-ENERGIE POTENTIELLE ELECTROSTATIQUE**

**II-1 Définition et expression**

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique à une particule de charge q et de masse m placée dans un champ $\vec{E}$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W\vec{F}(A \rightarrow B) = q(V_A - V_B)$$

Soit $E_{CB} - E_{CA} = q(V_A - V_B)$

$E_{CB} + qV_B = E_{CA} + qV_A$

On définit l'énergie potentielle électrostatique d'une charge q placée en un point M Où règne un potentiel électrique $V_M$ par : $E_{PM} = qV_M + cte$

$E_{PM}$ (J), q (C), $V_M$ (V)

La valeur de la cte dépend de la référence arbitrairement choisie :

$E_{PR}=0 \rightarrow qV_R+cte=0 \rightarrow cte=-qV_R$

$E_P=qV-qV_R= q\,(V-V_R) \rightarrow \boxed{E_P= q\,(V-V_R)}$

**II-2 Relation entre le travail et la variation de l'énergie potentielle**

$$W\vec{F}(A \rightarrow B) = q(V_A - V_B) \Rightarrow W\vec{F}(A \rightarrow B) = qV_A - qV_B + cte - cte$$

$$W\vec{F}(A \rightarrow B) = (qV_A + cte) - (qV_B + cte) = E_{PA} - E_{PB} = -\Delta E_P$$

$$\boxed{W\vec{F}(A \rightarrow B) = -\Delta E_P}$$

Au cours d'un déplacement entre deux points A et B, la diminution de l'énergie potentiel est égale au travail de la force électrostatique.

**II-3 Energie totale d'une particule chargée**

L'énergie totale d'une particule est égale à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle électrique.

$$E = E_C + E_P \Rightarrow E = \frac{1}{2}mV^2 + qV + cte$$

Lorsque les forces de frottement sont négligeables l'énergie totale est constante.

$$\Delta E_C = W\vec{F}(A \rightarrow B) = q(V_A - V_B) + cte - cte$$

$$\rightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = (qV_A + cte) - (qV_B + cte)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 + qV_B + cte = \frac{1}{2}mV_A^2 + qV_A + cte$$

$\rightarrow E_B=E_A$ : l'énergie totale se conserve

**<u>Exercices d'application</u>**

**<u>Exercice1 :</u>**

Une charge $q=10^{-7}$ C se déplace en ligne droite, de A vers B dans un champ électrique uniforme d'intensité E=600V/m tel que $(\vec{AB}, \vec{E})=30°$. Calculer :

1) Le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la charge q au cours du déplacement de A vers B
2) Calculer la valeur de la tension $U_{AB}$
   La distance AB = L=1.5 cm

**<u>Exercice2:</u>**

Un plan xoy, rapporté dans un repère orthonormé $(O,\vec{i}, \vec{j})$ est plongé dans un champ uniforme d'intensité E = 800 V/m. La direction et le sens de $\vec{E}$ sont ceux du vecteur $(\vec{i}+\vec{j})$. Le potentiel électrostatique est nul au point O.

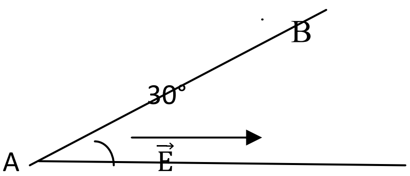
1) Calculer les potentiels $V_A$ et $V_B$ aux points A (10; 0) et B (10; 10, l'unité de longueur sur les axes étant le cm.
2) On place une charge q=3µC dans le champ E. Calculer le travail effectué par la force électrostatique agissant sur cette charge lorsque celle-ci se déplace de O vers A; de A vers B ; de O vers B

Donner deux solutions :

a) Par calcul direct du travail
b) En utilisant la notion de différence de potentielle

**<u>RESOLUTION:</u>**

**<u>Exercice1:</u>**



1) Calcul du travail de la charge $q=10^{-7}C$

$$W\vec{F}(A \to B) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB} = qE.AB\cos(E, AB)$$

$$W\vec{F}(A \to B) = 10^{-7}\, x600x1{,}5.10^{2}\, x\cos 30$$

$$\boxed{W\vec{F}(A \to B) = 7{,}7910^{-7}\, J}$$

2)Calcul de $U_{AB}$