Chapitre 2.5 – Les relations générales entre le potentiel et le champ électrique

Force conservative

Une **force** est dite **conservative** lorsque le **travail** effectué par cette force est **indépendant** du **chemin** emprunté par le déplacement. Ceci à pour conséquence d'établir un lien en le travail effectué par la force et une variation d'énergie potentielle :

$$W_c = -\Delta U \qquad \text{ou} \qquad W_c = U_i - U_f$$

où W_c : Travail de la force conservative $\vec{F}_c$ (J)

ΔU : Variation de l'énergie potentielle associée à la force conservative $\vec{F}_c$ (J)

U_i : Énergie potentielle associée à la configuration initiale du système (J)

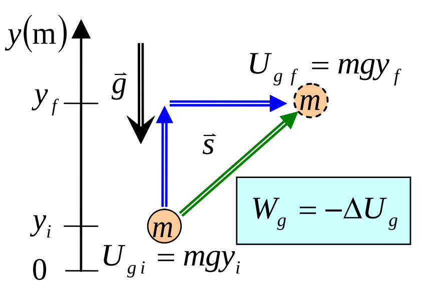
U_f : Énergie potentielle associée à la configuration finale du système (J)

Force conservative

Force gravitationnelle: $\vec{F}_g = m\vec{g}$

Énergie potentielle gravitationnelle :

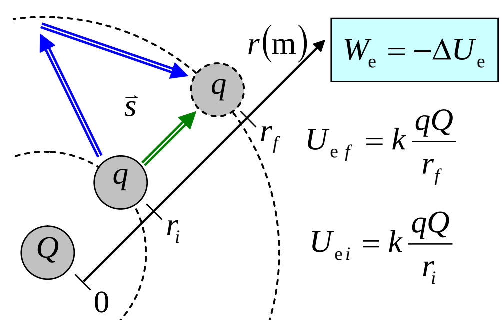
- $U_g = mgy$ (Champ constant)
- $U_g = -G\dfrac{mM}{r}$ (Masse ponctuelle)



Force électrique : $\vec{F}_e = k\dfrac{qQ}{r^2}\hat{r}$

Énergie potentielle électrique :

- $U_e = k\dfrac{qQ}{r}$ (Charge ponctuelle)

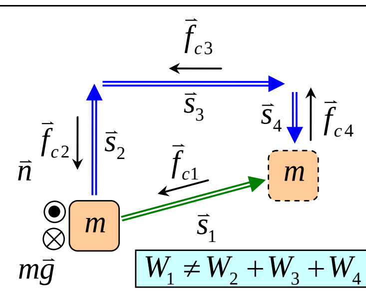


Force non conservative

Force de frottement : $\vec{F}_c = -\mu n \hat{v}$

(force sens contraire de la vitesse)

** Pas de terme d'énergie potentielle **

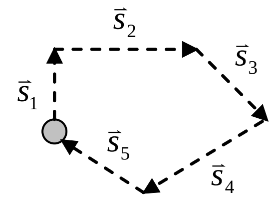


Une force conservative qui effectue un travail sur un parcours fermé (qui revient à son point de départ) est toujours nul :

$$W_c = \oint \vec{F}_c \cdot \mathrm{d}\vec{s} = 0$$

(travail nul pour une force conservative sur un parcours fermé)

$$\sum_{i=1}^{5} \vec{s}_i = 0$$



(exemple d'un parcours fermé)

Différence de potentiel électrique et champ électrique

Une différence de potentiel électrique ΔV est la conséquence d'effectuer un déplacement $\vec{s}$ dans un champ électrique $\vec{E}$. C'est uniquement un déplacement parallèle au champ électrique qui fait varier le potentiel électrique[1]. Un déplacement dans le sens du champ électrique fait chuter le potentiel électrique et un déplacement dans le sens contraire du champ électrique fait augmenter le potentiel électrique :

$$\Delta V = -\vec{E} \cdot \vec{s} = -Es\cos(\theta)$$

(Champ $\vec{E}$ constant)

$$\Delta V = -\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$$

(Champ $\vec{E}$ non constant)

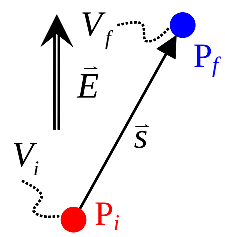
où ΔV : Différence de potentiel électrique associé au champ $\vec{E}$ (V)

$\vec{E}$: Champ électrique (N/C)

$\vec{s}$: Déplacement dans le champ $\vec{E}$ en **P*i*** et **P*f*** (m)

$\mathrm{d}\vec{s}$: Petit élément de déplacement dans le champ $\vec{E}$ (m)

θ : Angle entre le champ électrique $\vec{E}$ et le déplacement $\vec{s}$



$$\boxed{\Delta V = V_f - V_i}$$

Preuve :

À partir de la définition du travail, de la force électrique et de la relation énergie et potentiel, évaluons la variation du potentiel électrique associée à un déplacement dans un champ électrique :

$W = \int \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{s} \quad \Rightarrow \quad W = \int q\vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$ (Définition force électrique : $\vec{F} = q\vec{E}$)

$\Rightarrow \quad -\Delta U = \int q\vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$ (Travail conservatif : $W_c = -\Delta U$)

$\Rightarrow \quad \Delta U = -q\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$ (Sortir la constante *q* de l'intégrale)

$\Rightarrow \quad q\Delta V = -q\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}$ (Relation énergie-potentiel : $\Delta U = q\Delta V$)

$\Rightarrow \quad \boxed{\Delta V = -\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{s}}$ ■ (Simplifier la charge *q*)

[1] Rappel du produit scalaire entre deux vecteurs $\vec{A}$ et $\vec{B}$: $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta = A_x B_x + A_y B_y$

Situation A : *Déplacement près de deux PPIUC, partie 1.* Un bloc se déplace de la coordonnée (x = 1 m, y = 3 m) à la coordonnée (x = 4 m, y = 5 m) près de deux PPIUC avec une trajectoire est inconnue. La première PPIUC, parallèle à l'axe y, est située en x = 6 m et possède une densité de charge surfacique $\sigma_1 = 2\ \mu\text{C/m}^2$. La seconde PPIUC, est parallèle à l'axe x, est située en y = 1 m et possède une densité de charge surfacique $\sigma_2 = 5\ \mu\text{C/m}^2$. On désire évaluer la variation du potentiel électrique associée au déplacement du bloc.

Voici la représentation de la situation :

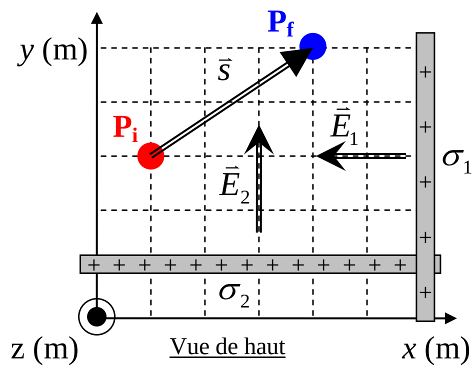
Position initiale : $\vec{r}_i = (\vec{i} + 3\vec{j})\text{m}$

Position finale : $\vec{r}_f = (4\vec{i} + 5\vec{j})\text{m}$

Déplacement : $\vec{s} = \vec{r}_f - \vec{r}_i = (3\vec{i} + 2\vec{j})\text{m}$

Orientation des champs électriques :

$\vec{E}_1 = -E_1\vec{i}$ et $\vec{E}_2 = E_2\vec{j}$



(La véritable trajectoire du bloc est inconnue.)

Évaluons le module des champs électriques à partir de l'expression du module du champ électrique produit par une PPIUC :

$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E_1 = \frac{|\sigma_1|}{2\varepsilon_0} = \frac{|(2\times10^{-6})|}{2(8{,}85\times10^{-12})} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_1 = 1{,}130\times10^5\ \text{N/C}}$$

$$E_2 = \frac{|\sigma_2|}{2\varepsilon_0} = \frac{|(5\times10^{-6})|}{2(8{,}85\times10^{-12})} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_2 = 2{,}825\times10^5\ \text{N/C}}$$

Évaluons le champ électrique total :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad \Rightarrow \quad \vec{E} = (-E_1\vec{i}) + (E_2\vec{j})$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\vec{E} = (-1{,}130\vec{i} + 2{,}825\vec{j})\times10^5\ \text{N/C}}$$

Évaluons la variation du potentiel électrique causée par un déplacement $\vec{s}$ dans un champ électrique constant $\vec{E}$:

$$\Delta V = -\vec{E}\cdot\vec{s} \quad \Rightarrow \quad \Delta V = -((-1{,}130\vec{i} + 2{,}825\vec{j})\times10^5)\cdot(3\vec{i} + 2\vec{j}) \qquad \text{(Remplacer num.)}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta V = -1\times10^5(-1{,}130\vec{i} + 2{,}825\vec{j})\cdot(3\vec{i} + 2\vec{j}) \qquad \text{(Factoriser constante)}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta V = -1\times10^5(-1{,}130*3 + 2{,}825*2) \qquad (\vec{E}\cdot\vec{s} = E_x s_x + E_y s_y)$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\Delta V = -2{,}26\times10^5\ \text{V}}$$

Situation B : *Déplacement près de deux PPIUC, partie 2.* À partir de la situation précédente, sachant que le bloc déplacé (masse : 0,5 kg , charge : -1 µC) avait une vitesse de 1,2 m/s à la coordonnée (x = 1 m, y = 3 m) avec une orientation appropriée pour atteindre la coordonnée (x = 4 m, y = 5 m), quel est le module de la vitesse du bloc après son déplacement ?

Voici la représentation de la situation ainsi que les résultats obtenus précédemment :

Position initiale : $\vec{r}_i = \left(\vec{i} + 3\,\vec{j}\right)\mathrm{m}$

Position finale : $\vec{r}_f = \left(4\vec{i} + 5\,\vec{j}\right)\mathrm{m}$

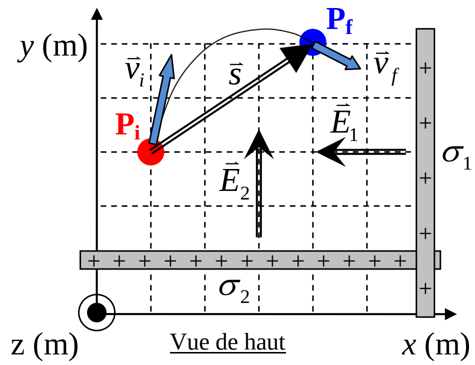
Déplacement : $\vec{s} = \vec{r}_f - \vec{r}_i = \left(3\vec{i} + 2\,\vec{j}\right)\mathrm{m}$

Champs électriques :

$$\vec{E} = \left(-1{,}130\,\vec{i} + 2{,}825\,\vec{j}\right)\times 10^5 \ \mathrm{N/C}$$

Différence de potentiel :

$$\Delta V = -2{,}26\times 10^5 \ \mathrm{V}$$



(Trajectoire hypothétique du bloc tel que $\left|v_{x\,f}\right| > \left|v_{x\,i}\right|$ et $\left|v_{y\,f}\right| < \left|v_{y\,i}\right|$, car $v_f < v_i$.)

Évaluons la vitesse finale du bloc par conservation de l'énergie :

	$E_f = E_i + W_{\mathrm{nc}}$	(Conservation de l'énergie)
$\Rightarrow$	$E_f = E_i$	($W_{\mathrm{nc}} = 0$)
$\Rightarrow$	$\left(K_f + U_f\right) = \left(K_i + U_i\right)$	($E = K + U$)
$\Rightarrow$	$K_f + \left(U_{\mathrm{e}\,f}\right) = K_i + \left(U_{\mathrm{e}\,i}\right)$	($U = U_\mathrm{e}$ et $U_\mathrm{g} = 0$)
$\Rightarrow$	$K_f + U_{\mathrm{e}\,f} - U_{\mathrm{e}\,i} = K_i$	(Regrouper $U_{\mathrm{e}\,i}$ et $U_{\mathrm{e}\,f}$)
$\Rightarrow$	$K_f + \Delta U_\mathrm{e} = K_i$	($\Delta U_\mathrm{e} = U_{\mathrm{e}\,f} - U_{\mathrm{e}\,i}$)
$\Rightarrow$	$K_f + q\Delta V = K_i$	($\Delta U_\mathrm{e} = q\Delta V$)
$\Rightarrow$	$K_f = K_i - q\Delta V$	(Isoler K_f)
$\Rightarrow$	$\left(\frac{1}{2}mv_f^{\,2}\right) = \left(\frac{1}{2}mv_i^{\,2}\right) - q\Delta V$	($K = \frac{1}{2}mv^2$)
$\Rightarrow$	$\frac{1}{2}(0{,}5)v_f^{\,2} = \frac{1}{2}(0{,}5)(1{,}2)^2 - \left(-1\times 10^{-6}\right)\left(-2{,}26\times 10^5\right)$	(Remplacer valeurs num.)
$\Rightarrow$	$0{,}25v_f^{\,2} = (0{,}36) - (0{,}226)$	(Calcul)
$\Rightarrow$	$\boxed{v_f = 0{,}7321 \ \mathrm{m/s}}$	(Évaluer v_f)

Situation C : *Le potentiel d'une TRIUC.* Une TRIUC est une tige rectiligne infinie uniformément chargée dont le champ électrique est orienté perpendiculairement à la tige et dont le module est défini par l'expression

$$E = \frac{2k|\lambda|}{r}$$

où λ est la densité linéique de charge et r est la distance entre un point P et la tige mesurée perpendiculairement à la tige. On désire évaluer l'expression algébrique du potentiel électrique associé à la TRIUC.

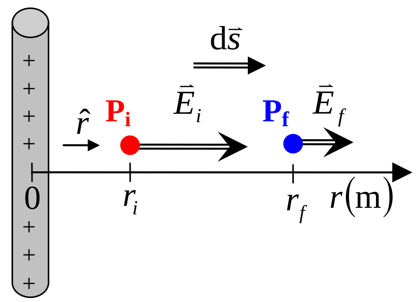
Voici une représentation graphique de la situation :

Déplacement infinitésimal dans le champ électrique non uniforme :

$$\mathrm{d}\vec{s} = \mathrm{d}r\,\hat{r}$$

Champ électrique radial à la tige :

$$\vec{E} = \frac{2k\lambda}{r}\hat{r}$$



Évaluons l'expression du potentiel électrique d'une TRIUC à partir de la variation du potentiel électrique associée à un déplacement radial de r_i à r_f :

$\Delta V = -\int \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}$ (Définition de la variation du potentiel électrique)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -\int_{r=r_i}^{r_f} \left(\frac{2k\lambda}{r}\hat{r}\right)\cdot(\mathrm{d}r\,\hat{r})$ (Remplacer $\vec{E}$ et $\mathrm{d}\vec{s}$)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \int \frac{\mathrm{d}r}{r}\hat{r}\cdot\hat{r}$ (Factoriser les constantes)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \int \frac{\mathrm{d}r}{r}$ (Produit scalaire : $\hat{r}\cdot\hat{r} = 1$)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \int_{r=r_i}^{r_f} \frac{\mathrm{d}r}{r}$ (Borne d'intégration : $r = r_i \to r_f$)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \left[\ln(r)\right]_{r_i}^{r_f}$ (Résoudre l'intégrale : $\int \frac{1}{x}\mathrm{d}x = \ln(x) + C$)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda\left(\ln(r_f) - \ln(r_i)\right)$ (Évaluer les bornes de l'intégrale)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \ln(r_f) + 2k\lambda \ln(r_i)$ (Distribuer la constante)

$\Rightarrow \quad \Delta V = \left(-2k\lambda\ln(r_f)\right) - \left(-2k\lambda\ln(r_i)\right)$ (Réécriture)

$\Rightarrow \quad \Delta V = -2k\lambda \ln\left(\frac{r_f}{r_i}\right)$ ($\ln(A) - \ln(B) = \ln\left(\frac{A}{B}\right)$)

$\Rightarrow \quad V = -2k\lambda \ln(r)$ (avec $\Delta V = V_f - V_i$)

Le champ électrique à partir du potentiel

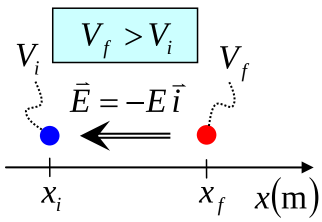
Puisque la variation du potentiel électrique est obtenue à partir d'un déplacement dans un champ électrique, nous pouvons obtenir le champ électrique à partir d'une variation de potentiel électrique en effectuant l'opération mathématique inverse. Selon l'axe *x*, le champ électrique E_x correspond à la variation du potentiel électrique $\mathrm{d}V$ entre deux positions de l'axe *x* divisé par la distance $\mathrm{d}x$ entre ces deux positions :

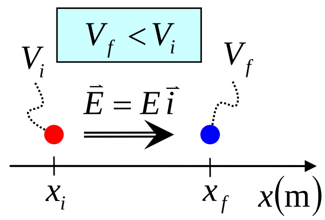
$$E_x = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}x}$$

où E_x : Champ électrique selon l'axe *x* (N/C ou V/m)

$\mathrm{d}V$: Variation du potentiel électrique entre deux positions de l'axe *x* (V)

$\mathrm{d}x$: Variation de position entre les deux positions de l'axe *x* (m)





<u>Preuve :</u>

À partir de l'expression de la variation du potentiel électrique, isolons le champ électrique. Supposons que le déplacement $\vec{s}$ dans le champ électrique est uniquement selon l'axe *x*. Ainsi, un petit déplacement $\mathrm{d}\vec{s}$ sera égal à $\mathrm{d}x\,\vec{i}$:

$\Delta V = -\int \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}$ $\quad\Rightarrow\quad$ $\mathrm{d}V = -\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{s}$ (Retirer l'intégrale : $\Delta V \to \mathrm{d}V$)

$\Rightarrow\quad$ $\mathrm{d}V = -\left(E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k}\right)\cdot\left(\mathrm{d}x\,\vec{i}\right)$ (Remplacer $\vec{E}$ et $\mathrm{d}\vec{s} = \mathrm{d}x\,\vec{i}$)

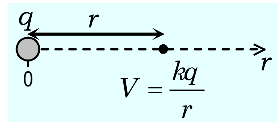
$\Rightarrow\quad$ $\mathrm{d}V = -E_x\mathrm{d}x$ (Produit scalaire : $\vec{i}\cdot\vec{i} = 1$, $\vec{i}\cdot\vec{j} = 0$)

$\Rightarrow\quad$ $E_x = -\dfrac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}x}$ ■ (Isoler E_x)

Situation 2 : *Le champ d'une particule à partir du potentiel*. On désire obtenir l'équation qui exprime le champ électrique généré par une particule chargée à partir de l'équation qui exprime le potentiel électrique.

Le potentiel électrique généré par une particule ponctuelle est égal à l'expression suivante :

$$V(r) = k\frac{Q}{r}$$



Évaluons le champ électrique le long de l'axe radial r de ce potentiel électrique à partir de la relation champ-potentiel :

$$E_x = -\frac{\mathrm{d}V(x)}{\mathrm{d}x} \quad \Rightarrow \quad E_r = -\frac{\mathrm{d}V(r)}{\mathrm{d}r} \quad \text{(Expression selon l'axe radial } r\text{)}$$

$$\Rightarrow \quad E_r = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(k\frac{Q}{r}\right) \quad \text{(Remplacer } V(r) = k\frac{Q}{r}\text{)}$$

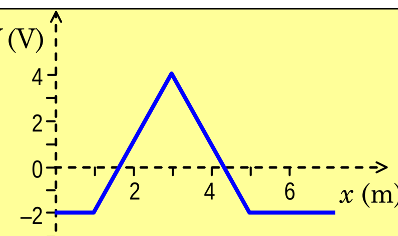
$$\Rightarrow \quad E_r = -kQ\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(\frac{1}{r}\right) \quad \text{(Factoriser les constantes)}$$

$$\Rightarrow \quad E_r = -kQ\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(r^{-1}\right) \quad \text{(Réécriture)}$$

$$\Rightarrow \quad E_r = -kQ\left(-r^{-2}\right) \quad \text{(Dérivée d'un polynôme : } \frac{d\,x^n}{dx} = nx^{n-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{E_r = k\frac{Q}{r^2}} \quad \text{(Réécriture)}$$

Situation 3 : *Du potentiel au champ électrique*. Le long d'un axe x, le potentiel électrique est donné par le graphique $V(x)$ représenté sur le schéma ci-contre. On désire tracer le graphique de la composante selon x du champ électrique en fonction de x, c'est-à-dire le graphique $E_x(x)$.



Développons une expression pour évaluer le champ électrique à partir de la pente du graphique $V(x)$ et de la relation potentiel-champ sachant que les pentes sont constantes :

$$E_x = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}x} \quad \Rightarrow \quad E_x = -\frac{\Delta V}{\Delta x} \quad \text{(Pente constante, } \mathrm{d} \to \Delta\text{)}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{E_x = -\frac{V_f - V_i}{x_f - x_i}} \quad \text{(Remplacer } \Delta V \text{ et } \Delta x\text{)}$$

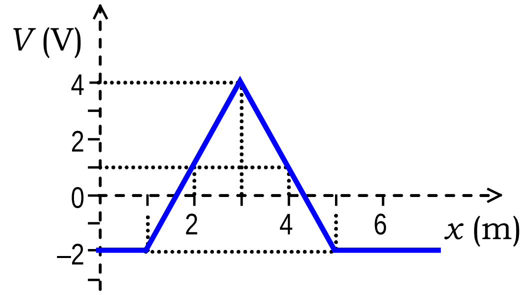
Évaluons le champ électrique pour différentes régions de l'axe x :

Pour $0 < x < 1$: $\quad E_x = -\dfrac{(-2)-(-2)}{(1)-(0)} = 0$

Pour $1 < x < 3$: $\quad E_x = -\dfrac{(4)-(-2)}{(3)-(1)} = -3\ \text{V/m}$

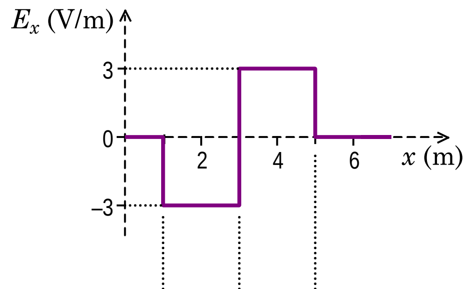
Pour $3 < x < 5$: $\quad E_x = -\dfrac{(-2)-(4)}{(5)-(3)} = 3\ \text{V/m}$

Pour $5 < x < 6$: $\quad E_x = -\dfrac{(-2)-(-2)}{(6)-(5)} = 0$



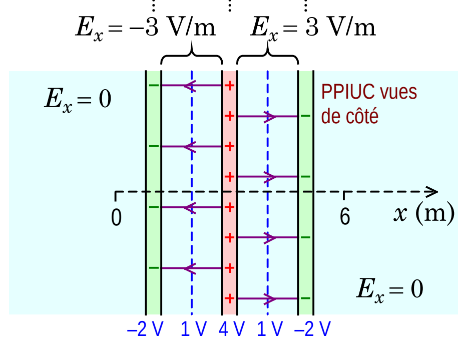
Voici la représentation du champ électrique selon l'équation $E_x(x)$: ($[x] = \text{m}$)

$$E_x(x) = \begin{cases} 0 & 0 < x < 1 \\ -3\ \text{V/m} & 1 < x < 3 \\ 3\ \text{V/m} & 3 < x < 5 \\ 0 & 5 < x < 6 \end{cases}$$



Un tel champ peut être généré par un système de plaques parallèles tel qu'illustré ci-contre :

Deux plaques négatives de densité surfacique $-\sigma$ et une plaque positive de densité surfacique $+2\sigma$



L'effet piézoélectrique

Certains matériaux sous l'action d'une pression mécanique subissent une polarisation électrique (séparation de charges) ce qui provoque l'établissement d'une différence de potentiel électrique. En reliant ces matériaux à un circuit, ils peuvent établir un courant électrique. Un **allume-gaz** est un bon exemple de piézoélectrique sous compression.


(Allume-gaz)

L'effet inverse permet de déformer ces matériaux sous la présence d'un champ électrique externe. Un **quartz** dans une **horloge** est un bon exemple de piézoélectrique en vibration.

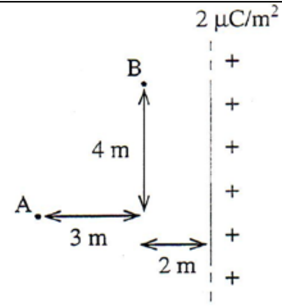

(Horloge)

Exercices

Référence : Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 10

a) Quelle est la différence de potentiel $V_B - V_A$ entre les points A et B ?

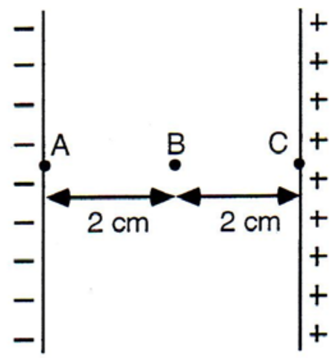
b) Quelle sera la variation d'énergie potentielle d'un électron passant de A en B ?



Référence : Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 12

Deux plaques parallèles portent des densités de charges de +3 $\mu C/m^2$ et -3 $\mu C/m^2$.

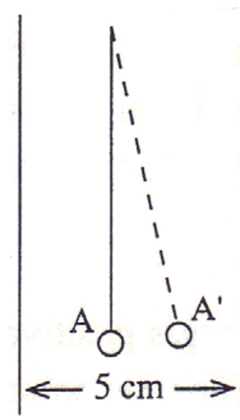
a) Quel est le potentiel de la plaque positive, si on pose à 0 celui de la plaque négative ?
b) Quelle est l'énergie potentielle d'un électron en A, en B, en C ?
c) Si l'électron a une vitesse nulle en A, quelle sera son énergie cinétique en C, sa vitesse en C ?



Référence : Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 13

Une petite boule de 5 g, chargée positivement, est suspendue à un fil et placée entre deux plaques conductrices espacées de 5 cm. On charge les deux plaques à une différence de potentiel de 600 V, la boule se déplace en A', le fil de suspension faisant un angle de 10° avec la position initiale.

a) Laquelle des deux plaques est portée au potentiel le plus élevé ?
b) Quelle est la grandeur de la force électrique subie par la boule ?
c) Quelle est la charge portée par la boule ?



Solutions

<u>Référence :</u> Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 10

a) Le champ électrique généré par la plaque du côté gauche aura la forme suivante :

$$\vec{E} = -\frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}\vec{i}$$

Si l'on pose un <u>potentiel de 0 V sur la plaque chargée</u>, on peut évaluer le potentiel à une certaine distance de la plaque à l'aide de l'équation suivante :

$$V_f = V_0 + \Delta V_{0\to f} \quad \Rightarrow \quad V_f = (0) + \Delta V_{0\to f}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{V_f = \Delta V_{0\to f}}$$

En appliquant cette équation à la position A et B, nous avons : ($\vec{E} // \vec{s}$ et même sens)

- $V_\text{A} = -\vec{E}\cdot\vec{s} = -E\,s\cos(\theta) = -\frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}s\cos(0°) = -\frac{(2\times10^{-6})}{2(8{,}85\times10^{-12})}(5)(1) = -5{,}65\times10^5\ \text{V}$

- $V_\text{B} = -\vec{E}\cdot\vec{s} = -E\ s\cos(\theta) = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}s\cos(0) = -\frac{(2\times10^{-6})}{2(8{,}85\times10^{-12})}(2)(1) = -2{,}26\times10^5\ \text{V}$

Ainsi :

$$V_\text{B} - V_\text{A} = (-2{,}26\times10^5) - (-5{,}65\times10^5) = 3{,}39\times10^5\ \text{V}$$

b) Avec $\Delta U = q\ \Delta V$, nous avons :

$$\Delta U = q\Delta V = (-1{,}6\times10^{-19})(3{,}39\times10^5) = -5{,}4\times10^{-14}\ \text{J}$$

Référence : Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 12

Nous avons deux plaques chargées :

$\sigma = 3\ \mu\text{C}/\text{m}^2 \qquad \sigma_+ = +3\ \mu\text{C}/\text{m}^2 \qquad \sigma_- = -3\ \mu\text{C}/\text{m}^2$

Le champ électrique entre les deux plaques :

$$\vec{E} = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{i} = -\frac{(3\times10^{-6})}{(8{,}85\times10^{-12})}\vec{i} = -3{,}39\times10^5\,\vec{i}\quad \frac{N}{C}$$

a) Évaluer le potentiel en C si le potentiel en A est zéro

$$\Delta V = -\int \vec{E}\cdot d\vec{s} = -(\vec{E}\cdot\vec{s}) = E\ s = (3{,}39\times10^5)(0{,}04) = 1{,}356\times10^4\ \text{V} \qquad (\vec{E}\,//\,\vec{s}\ \text{ et sens opposé})$$

Ceci nous donne avec $V_A = 0$: $\quad V_C = V_A + \Delta V = 1{,}356\times10^4\ \text{V}$

b) Évaluer l'énergie potentielle à différent point avec $U = q\ V$

$$U_A = q\ V_A = 0$$

$$U_B = q\ V_B = q\ \frac{V_c}{2} = (-1{,}6\times10^{-19})\frac{(1{,}356\times10^4)}{2} = -1{,}08\times10^{-15}\ \text{J}$$

$$U_C = q\ V_C = (-1{,}6\times10^{-19})(1{,}356\times10^4) = -2{,}17\times10^{-15}\ \text{J}$$

c) Avec la conservation de l'énergie $\Delta U + \Delta K = 0$ et ($K_i = 0$)

$$\Delta U + \Delta K = 0 \quad\Rightarrow\quad U_C - U_A + K_f - K_i = 0$$

$$\Rightarrow\quad K_f = U_A - U_C = 0 - (-2{,}17\times10^{-15}) = 2{,}17\times10^{-15}\ \text{J}$$

Avec $K = \dfrac{mv^2}{2}$:

$$\Rightarrow\quad v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2*2{,}17\times10^{-15}}{9{,}1\times10^{-31}}} \qquad\Rightarrow\quad v = 6{,}91\times10^7\ \text{m/s}$$

<u>Référence :</u> Note Science Santé – Chapitre 2 – Question 13

a) La charge (+) se déplace vers la plaque négative.
La plaque négative étant par définition au potentiel le plus bas

$\Rightarrow$ La **<u>plaque de gauche</u>** est portée au potentiel le plus élevé.

b) Nous allons utiliser la 2ième loi de Newton pour évaluer la force électrique.

Avec $\sum \vec{F} = 0$:

<u>Vectoriellement :</u> $\sum \vec{F} = m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{T} = 0$

<u>En x :</u> $\sum F_x = F_e - T\sin(\theta) = 0 \quad \Rightarrow \quad F_e = T\sin(\theta)$

<u>En y :</u> $\sum F_y = -mg + T\cos(\theta) = 0 \quad \Rightarrow \quad mg = T\cos(\theta)$

$$\Rightarrow \quad T = \frac{mg}{\cos(\theta)} = \frac{\left(5\times10^{-3}\right)(9{,}8)}{\cos(10°)} = 0{,}04976 \text{ N}$$

<u>On peut évaluer F_e :</u>

$$F_e = T\sin(\theta) = (0{,}04976)\sin(10°) \quad \Rightarrow \quad \boxed{F_e = 0{,}00864 \text{ N}}$$

c) Pour évaluer la charge, nous allons utiliser la relation entre le potentiel et le champ électrique.

Avec $E_x = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$, on peut obtenir :

$$\vec{E} = -\frac{\Delta V}{\Delta x}\,\vec{i} = -\frac{(0-600)}{\left(5\times10^{-2}-0\right)}\,\vec{i} \quad \Rightarrow \vec{E} = 12000\,\vec{i} \text{ V/m}$$

Avec $\vec{F} = q\vec{E}$:

$$F = |q|E \quad \Rightarrow \quad |q| = \frac{F}{E} = \frac{\left(8{,}64\times10^{-3}\right)}{(12000)} \quad \Rightarrow \quad |q| = 0{,}72\times10^{-6}\,\text{C}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{q = 0{,}72\times10^{-6}\,\text{C}} \text{ (selon énoncé)}$$