# Corrigé TD Electrostatique

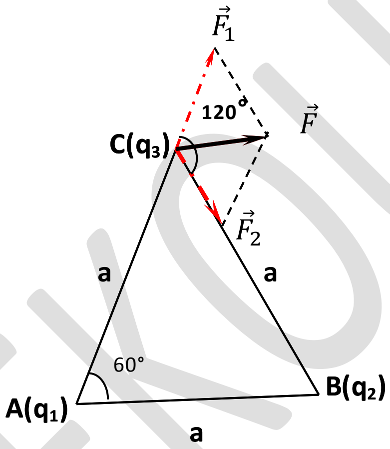
## Exercice 1 :

Les 2 charges $q_1$ et $q_2$ exercent sur la charge $q_3$ une force F (en C) :

Avec : $q_1 = 2.10^{-6}$C, $q_2 = -3.10^{-6}$ C et $q_3 = 10^{-6}$ C.

Et $\varepsilon_r = 2,4$ ; $\varepsilon_0 = 8.85.10^{-12}$

Nous présentons toutes les forces sur le schéma ci-dessous :




Alors la force résultante qui agit sur $q_3$ est :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2,$$

le module de cette force est :

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\vec{F}_1.\vec{F}_2} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2|\vec{F}_1|.|\vec{F}_2| \cos \propto}$$

$$|\vec{F}_1| = k\frac{q_1q_3}{a^2}|\vec{u}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_1q_3}{a^2} = \frac{9.10^9.2.10^{-6}.10^{-6}}{2,4\,.a^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \quad \text{et} \quad \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9$$

$$|\vec{F}_1| = \frac{18.10^{-3}}{2,4\,a^2}\text{N}$$

$$|\vec{F}_2| = k\frac{q_2q_3}{a^2}|\vec{u}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_2q_3}{a^2} = \frac{9.10^9.3.10^{-6}.10^{-6}}{2,4\,.a^2}$$

$|\vec{F}_2| = \frac{27.10^{-3}}{2{,}4\,a^2}$ N $\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2|\vec{F}_1|.|\vec{F}_2|\cos\propto}$

$\vec{F} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\vec{F}_1.\vec{F}_2} =$

$$\vec{F} = \sqrt{\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_1q_3}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_2q_3}{a^2}\right)^2 + 2.\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_1q_3}{a^2}\right).\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_1q_3}{a^2}\right).\cos 120°}$$

Avec $\cos 120° = -1/2$

$$\vec{F} = \sqrt{\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_3}{a^2}\right)^2 ({q_1}^2 + {q_2}^2 + 2.q_1q_2\cos 120°).}$$

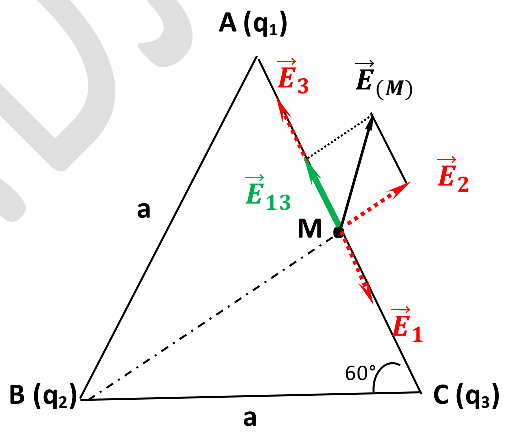
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_3}{a^2}\sqrt{({q_1}^2 + {q_2}^2 - .q_1q_2).}$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q_3}{a^2}\sqrt{4.10^{-12} + 9.10^{-12} - 6.10^{-12}} = \frac{9.10^9}{2{,}4}\frac{3.10^{-6}}{a^2}\sqrt{19} = \frac{27.10^{-6}}{2{,}4.a^2}.\sqrt{19}\ \text{N}$$

**Exercice 2 :**

$q_1 = 10^{-6}$ C ; $q_2 = 2.10^{-6}$ C et $q_3 = 2.10^{-6}$ C

**Calcul du champ électrique** : le champ électrique est une grandeur vectorielle, d'abord nous présentons sur le schéma les champs créés par chaque charge.




$\vec{E}_{(M)} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$ ; $\vec{E}_{(M)} = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$ ; $\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$

Les champs $\vec{E}_1$ *et* $\vec{E}_3$ ont la même direction mais de sens contraire alors leur module est :

$\left|\vec{E}_{13}\right| = \left|\vec{E}_3\right| - \left|\vec{E}_1\right|,$ $\left|\vec{E}_1\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{MA^2}$ et $\left|\vec{E}_3\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{MC^2}$ ;

Avec $MA = MC = \frac{a}{2}$ *et* $q_3 = 2q_1$ *;* donc $\left|\vec{E}_3\right| = 2\left|\vec{E}_1\right|$

*Alors* $\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{13}}\right| = \left|\mathbf{2}\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}\right| - \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}\right| = \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}\right|$

$$\left|\vec{E}_1\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} = 9.10^9.\frac{4}{a^2}.10^{-6} \rightarrow \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}\right| = \frac{\mathbf{36}}{\boldsymbol{a}^{\mathbf{2}}}\mathbf{10^3\ V/m}$$

**Le champ résultant au point M est :**

$\vec{E}_{(M)} = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$ Alors le module est $\left|\vec{E}_{(M)}\right| = \sqrt{\vec{E}_{13}^{\ 2} + \vec{E}_2^{\ 2}}$

*et comme le module de* $\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{13}}\right| = \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}\right| \rightarrow \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = \sqrt{\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}^{\ \mathbf{2}} + \vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{2}}^{\ \mathbf{2}}}$

$$\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = \sqrt{\vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{1}}^{\ \mathbf{2}} + \vec{\boldsymbol{E}}_{\mathbf{2}}^{\ \mathbf{2}}} = \sqrt{\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{MA^2}\right)^{\mathbf{2}} + \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{MB^2}\right)^{\mathbf{2}}}\ \boldsymbol{;} \qquad MA = \frac{a}{2} \quad et\ MB = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

*MB représente une hauteur et en même temps médiane et dans un triangle équilatéral la hauteur*

$$MB = a\sqrt{\frac{3}{2}}\ ; \quad \left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = = \sqrt{\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}} + \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}}}$$

$$\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = = \sqrt{\left(k\,\frac{q_1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}} + \left(k.\frac{q_2}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}}}\ ; \quad et\ nous\ avons \quad \mathbf{q_2 = 2\ q_1}$$

$$\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = = \sqrt{\left(k\,\frac{q_1}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}} + \left(k.\frac{2q_1}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}\right)^{\mathbf{2}}} = \sqrt{\left(\mathbf{4}.\boldsymbol{k}\,\frac{q_1}{(a)^2}\right)^{\mathbf{2}} + \left(4.k.\frac{2q_1}{3a^2}\right)^{\mathbf{2}}}$$

$$\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = \sqrt{\left(\mathbf{4}.\boldsymbol{k}\,\frac{q_1}{(a)^2}\right)^{\mathbf{2}}.\left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}\right)} = \mathbf{4}.\boldsymbol{k}\,\frac{q_1}{(a)^2}\sqrt{\left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}\right)} = \mathbf{4}.\boldsymbol{k}\,\frac{q_1}{(a)^2}\sqrt{\frac{\mathbf{5}}{\mathbf{3}}} = 4.9.10^9.10^{-6}.\sqrt{\frac{\mathbf{5}}{\mathbf{3}}}$$

$$\boxed{\left|\vec{\boldsymbol{E}}_{(\boldsymbol{M})}\right| = \frac{36.10^3}{(a)^2}.\sqrt{\frac{\mathbf{5}}{\mathbf{3}}}\ V/m}$$

**Calcul du potentiel électrique :** le potentiel est une grandeur scalaire

**V(M) = V$_1$+V$_2$+V$_3$** $= k\,\frac{q_1}{\frac{a}{2}} + k\,\frac{q_2}{\frac{a\sqrt{3}}{2}} + k\,\frac{q_3}{\frac{a}{2}}$ ;

Avec $q_2 = 2\,q_1$

$q_3 = 2\,q_1$

**V(M)** $= k\,\frac{q_1}{\frac{a}{2}} + k\,\frac{2.q_1}{\frac{a\sqrt{3}}{2}} + k\,\frac{2.q_1}{\frac{a}{2}} = 3.k\,\frac{q_1}{\frac{a}{2}} + k\,\frac{2.q_1}{\frac{a\sqrt{3}}{2}} = 6.k\,.\frac{q_1}{a} + 4.\,k\,\frac{q_1}{a\sqrt{3}}$

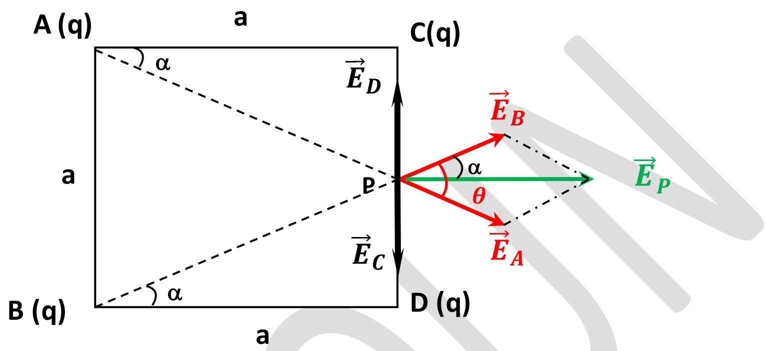
**V(M)** $= k\,.\frac{q_1}{a}\,.\left(6+\frac{4}{\sqrt{3}}\right) = \frac{9.10^{9}.10^{-6}}{a}.\left(6+\frac{4}{\sqrt{3}}\right) = \frac{9.10^{3}}{a}\,.\left(6+\frac{4}{\sqrt{3}}\right)$

$$\textbf{V(M)} = \boldsymbol{\frac{9.10^{3}}{a}\,.\left(6+\frac{4}{\sqrt{3}}\right)V}$$

**Exercice 3 :**

Les quatre charges électriques ponctuelles aux sommets du carré sont égales à **q** > 0

0




**1°/** Le champ résultant en **P,** milieu d'un coté du carré exemple coté CD, est la somme vectorielle des champs dus à chacune des 4 charges situées en A, B, C et D (voir figure).

$$\vec{E}_{(P)} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D$$

Avec $|\vec{E}_A| = k\frac{q}{PA^2}$ ,

$|\vec{E}_B| = k\frac{q}{PB^2}$ ,

$|\vec{E}_C| = k\frac{q}{PC^2}$ ,

$|\vec{E}_D| = k\frac{q}{PD^2}$ ,

$PC = PD = \frac{a}{2}$ , et $PA = PB = a\frac{\sqrt{5}}{2}$ ,

Puisque $PA^2 = a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = 5\frac{a^2}{4} \rightarrow PA = PB = a\frac{\sqrt{5}}{2}$

Alors, $\vec{E}_{(P)} = (\vec{E}_A + \vec{E}_B) + (\vec{E}_C + \vec{E}_D) = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{CD}$

$\vec{E}_{CD} = (\vec{E}_C + \vec{E}_D)$ , on remarque que les champs $\vec{E}_C$ et $\vec{E}_D$ ont la même direction mais de sens contraire, d'où $|\vec{E}_{CD}| = |\vec{E}_C| - |\vec{E}_D|$ et nous avons $|\vec{E}_C| = |\vec{E}_D|$

$$\rightarrow |\vec{E}_{CD}| = 0$$

Ce qui nous donne $\vec{E}_P = \vec{E}_{AB} = (\vec{E}_A + \vec{E}_B) \longrightarrow \vec{E}_P = \sqrt{E_A{}^2 + E_B{}^2 + 2\vec{E}_A.\vec{E}_B}$

$$\vec{E}_P = \sqrt{\boldsymbol{E_A}^2 + \boldsymbol{E_B}^2 + 2|\vec{\boldsymbol{E}}_A|.|\vec{\boldsymbol{E}}_B|.\cos\boldsymbol{\theta}}$$

$\boldsymbol{\theta}$: Angle compris entre $\vec{\boldsymbol{E}}_A\ \boldsymbol{et}\ \vec{\boldsymbol{E}}_B$ $\boldsymbol{\theta = 2\alpha}$ , **avec** $\tan\boldsymbol{\alpha} = \frac{\frac{a}{2}}{a} = \frac{1}{2} \longrightarrow \boldsymbol{\alpha = 26,53°}$

$$\longrightarrow \boldsymbol{\theta = 53.06°}$$

$$|\vec{E}_P| = \sqrt{\left(\frac{\boldsymbol{kq}}{PA^2}\right)^2 + \left(\frac{\boldsymbol{kq}}{PB^2}\right)^2 + 2\left(\frac{\boldsymbol{kq}}{PA^2}\right)\left(\frac{\boldsymbol{kq}}{PB^2}\right).\cos\boldsymbol{\theta}}$$

Et comme $PA = PB = a\frac{\sqrt{5}}{2}$

*Donc* **:**

$$|\vec{E}_P| = \sqrt{2\left(\frac{kq}{PA^2}\right)^2 + 2\left(\frac{kq}{PA^2}\right)^2.\cos\theta} = \sqrt{2\left(\frac{kq}{PA^2}\right)^2(1+.\cos\theta)} = \frac{kq}{PA^2}\sqrt{2(1+\cos\theta)}$$

$$|\vec{\boldsymbol{E}}_P| = \frac{\boldsymbol{kq}}{\boldsymbol{PA^2}}\sqrt{\boldsymbol{2(1+\cos\theta)}}$$

$PA = a\frac{\sqrt{5}}{2}$ , $\theta = 53.06°$ et $k = 9.10^9$

$$|\vec{E}_P| = \frac{4kq}{5a^2}\sqrt{2(1+\cos\theta)}$$

$$|\vec{\boldsymbol{E}}_P| = \frac{\boldsymbol{36.10^9 q}}{\boldsymbol{5a^2}}\sqrt{\boldsymbol{2(1+\cos 53,06°)}}\ \boldsymbol{N/C}$$

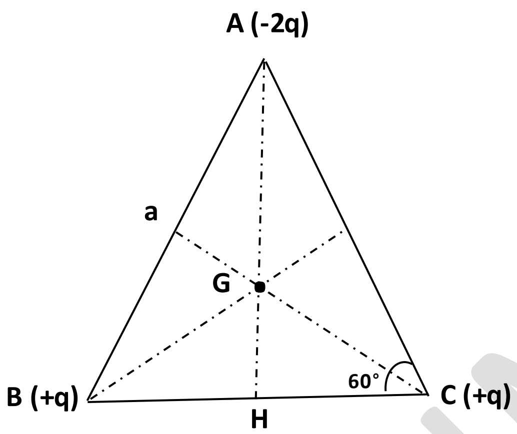
**2°/** Le potentiel résultant en **P,** milieu d'un coté du carré exemple coté CD, est la somme scalaire des potentiels dus à chacune des 4 charges situées en A, B, C et D (voir figure).

$$V_P = V_A + V_B + V_C + V_D = k\,\frac{q}{a\frac{\sqrt{5}}{2}} + k\,\frac{q}{\frac{a\sqrt{5}}{2}} + k\,\frac{q}{\frac{a}{2}} + k\,\frac{q}{\frac{a}{2}} = 2k\frac{q}{a\frac{\sqrt{5}}{2}} + 2k\frac{q}{\frac{a}{2}}$$

$$V_P = 4k\frac{q}{a\sqrt{5}} + 4k\frac{q}{a} = \frac{4kq}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{5}} + 1\right),\quad k = 9.10^9$$

$$\boldsymbol{V_P = \frac{36.10^9\,q}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{5}} + 1\right)\mathrm{V}}$$

**Exercice 5:**




1°/ Le potentiel résultant en G c'est la somme scalaire des potentiels dus à chacune des trois charges situées en A, B et C (voir figure ci-dessus).

$$V_G = \sum V_i = V_A + V_B + V_C$$

$$V_G = k\,\frac{-2q}{AG} + k\,\frac{q}{BG} + k\,\frac{q}{CG} = k\left[\frac{q}{BG} + \frac{q}{CG} + \frac{-2q}{AG}\right]$$

Mais nous avons affaire à un triangle équilatéral, où

$$BG = CG = AG = \frac{2}{3}AH$$

$$AC^2 = AH^2 + CH^2 \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{AH^2} = AC^2 - CH^2 = a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = 3\frac{a^2}{4}$$

$$AH = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

$$BG = CG = AG = \frac{2}{3}AH = \frac{2}{3}\frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

d'où

$$V_G = k\left[\frac{q}{BG} + \frac{q}{CG} + \frac{-2q}{AG}\right] = \frac{k}{\frac{a\sqrt{3}}{3}}(q + q - 2q)$$

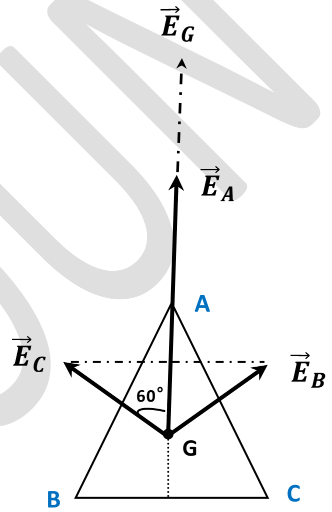
donc

$$\boldsymbol{V_G = 0}$$

N.B. Bien que le potentiel $V_G$ soit nul en G, ceci ne veut pas dire que le champ électrique en G soit nul.

Pour calculer le champ en G, on doit calculer le champ résultant des 3 charges en A, B et C. Le champ résultant est la somme vectorielle des champs dus à chacune des 3 charges, $\vec{E}_A$ , $\vec{E}_B$ et $\vec{E}_C$.

$$\vec{E}_G = \vec{E}_{A+}\vec{E}_B + \vec{E}_C,$$




$\vec{E}_A$ :

*Direction :AG, point d'application :G,*

*Sens : G → A (car $q_A < 0$),*

*Module :* $\left|\vec{E}_A\right| = k\frac{|-2q|}{AG^2} = k\frac{2q}{\frac{a^2}{3}}$

$\vec{E}_B$ :

*Direction : BG, point d'application :G,*

*Sens : B → G (car $q_B > 0$),*

*Module :* $\left|\vec{E}_B\right| = k\frac{q}{BG^2} = k\frac{q}{\frac{a^2}{3}} = \frac{|\vec{E}_A|}{2}$

$\vec{E}_C$ :

*Direction : CG, point d'application :G,*

*Sens : C → G (car $q_B > 0$),*

*Module :* $\left|\vec{E}_C\right| = k\frac{q}{CG^2} = k\frac{q}{\frac{a^2}{3}} = \left|\vec{E}_B\right| = \frac{|\vec{E}_A|}{2}$

La somme vectorielle de $\vec{E}_C$ et $\vec{E}_B$ (*figure ci-dessous*) un vecteur porté par la direction de $\vec{E}_A$, de même sens, et égal à deux fois la projection de $\vec{E}_B$ ( ou $\vec{E}_C$) sur cette direction (puisque $\left|\vec{E}_C\right| = \left|\vec{E}_B\right|$).

$$\left|\vec{E}_{BC}\right| = 2\left|\vec{E}_c\right|.\cos 60° = 2\left|\vec{E}_C\right|.\frac{1}{2} = \left|\vec{E}_C\right|$$

Soit $\left|\vec{E}_G\right|$ le champ total en G ; en projection sur AG, on doit avoir

$$\left|\vec{E}_G\right| = \left|\vec{E}_A\right| + \left|\vec{E}_C\right| = k\left(\frac{2q}{\frac{a^2}{3}} + \frac{q}{\frac{a^2}{3}}\right)$$

$$\vec{E}_G \begin{cases} \text{Direction : AG, point d'application :G,} \\ \text{Sens : } G \to A \text{ (car } q_A < 0\text{),} \\ \text{Module : } \left|\vec{E}_G\right| = \boldsymbol{k}\frac{\boldsymbol{3q}}{AG^2} = \boldsymbol{k}\frac{\boldsymbol{9q}}{a^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{\boldsymbol{9q}}{a^2} \end{cases}$$

2°/ d'après la définition du champ, si l'on place une charge Q en un point où le champ électrique est $\vec{E}_G$, cette charge est soumise à une force $\vec{F} = Q.\vec{E}_G$. Il est inutile de calculer séparément les trois forces dues à chacune des trois chcalculer arges et d'en faire la somme.

**(Q = - 3q)**

$$\vec{F} \begin{cases} \text{Direction : AG, point d'application :G,} \\ \text{Sens : } A \to G \text{ (car } Q < 0 \text{et la force est donc de sens inverse du champ),} \\ \text{Module : } \left|\vec{F}\right| = |\boldsymbol{Q}|.\left|\vec{E}_G\right| = \boldsymbol{k}.\frac{\boldsymbol{27q^2}}{a^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{\boldsymbol{27q^2}}{a^2} \end{cases}$$

3°/ Pour calculer l'énergie électrostatique de la charge Q en G, on pourrait calculer le travail de la force **F** exercée par les trois charges sur Q quand on déplace cette dernière depuis l'infini jusqu'en **G.**

$$w = \int_{\infty}^{G} \vec{F}.d\vec{x}$$

Comme nous nous intéressons uniquement à l'énergie électrique de Q dans le champ $\vec{E}_G$.

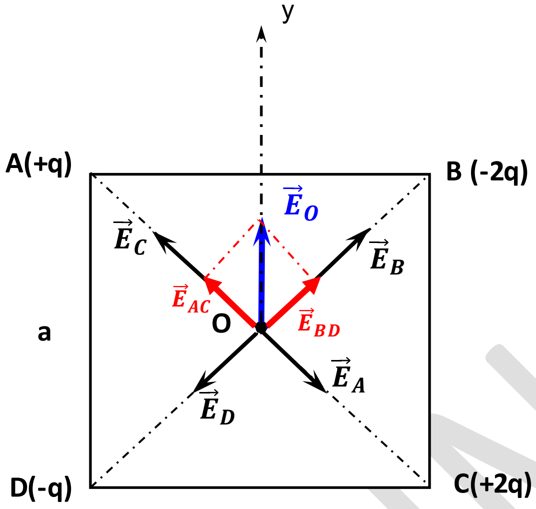
$$W = Ep_2 - Ep_1 = Q(V_G - V_\infty).$$

Si l'on prend comme référence des potentiels celui de l'infini $V_\infty = 0$ .

Comme $V_G = 0$ , on en déduit

$$W = Ep_2 - Ep_1 = Q(0 - 0) = 0$$

## Exercice 6:




### *1°/ Le champ électrique*

Pour calculer le champ résultant en **O**,

On doit représenter d'abords sur le schéma les vecteurs champs électriques créés par les 4 charges en A, B, C et D au centre du carré.

Le champ résultant est la somme vectorielle des champs dus à chacune des 4 charges, $\vec{E}_A$ , $\vec{E}_B$, $\vec{E}_C$ et $\vec{E}_D$

$$\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D$$

On remarque que les champs $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_C$ ont la même direction mais de sens contraire, la même chose pour les champs $\vec{E}_B$ et $\vec{E}_D$.

On peut écrire alors :

$$\vec{E}_O = (\vec{E}_A + \vec{E}_C) + (\vec{E}_B + \vec{E}_D) = \vec{E}_{AC} + \vec{E}_{BD}$$

$$|\vec{E}_{AC}| = |\vec{E}_C| - |\vec{E}_A| = |\vec{E}_A|$$

**Et**

$$|\vec{E}_{BD}| = |\vec{E}_B| - |\vec{E}_D| = |\vec{E}_D| = |\vec{E}_A|$$

Nous avons aussi :

**OA = OB = OC = OD**

$$\vec{E}_A \begin{cases} \textit{Direction : AO, point d'application : O,} \\ (q_A > 0), \\ \textit{Module} : \left|\vec{E}_A\right| = k\dfrac{q}{AO^2} \end{cases}$$

$$\vec{E}_B \begin{cases} \textit{Direction : BO, point d'application : O,} \\ \textit{Sens} : O \rightarrow B \ (\text{car } q_B < 0), \\ \textit{Module} : \left|\vec{E}_B\right| = k\dfrac{2q}{BO^2} = 2\left|\vec{E}_A\right| \end{cases}$$

$$\vec{E}_C \begin{cases} \textit{Direction : CO, point d'application : O,} \\ \textit{Sens} : C \rightarrow O \ (\text{car } q_C > 0), \\ \textit{Module} : \left|\vec{E}_C\right| = k\dfrac{2q}{CO^2} = \left|\vec{E}_B\right| = 2\left|\vec{E}_A\right| \end{cases}$$

$$\vec{E}_D \begin{cases} \textit{Direction : DO, point d'application : O,} \\ \textit{Sens } O \rightarrow D \ (\text{car } q_D < 0), \\ \textit{Module} : \left|\vec{E}_D\right| = k\dfrac{q}{OD^2} = \left|\vec{E}_A\right| \end{cases}$$

D'où

$$\vec{E}_O = \vec{E}_{AC} + \vec{E}_{BD} \quad \rightarrow \quad \left|\vec{E}_O\right| = \sqrt{\left|\vec{E}_{AC}\right|^2 + \left|\vec{E}_{BD}\right|^2}$$

$$\left|\vec{E}_{AC}\right| = \left|\vec{E}_{BD}\right| = \left|\vec{E}_A\right|$$

Le champ résultant en O est :

$$\rightarrow \quad \left|\vec{E}_O\right| = \sqrt{2\left|\vec{E}_{AC}\right|^2} = \sqrt{2\left|\vec{E}_A\right|^2} = \left|\vec{E}_A\right|\sqrt{2}$$

**OA = OB = OC = OD**

Avec : $OA = l\frac{\sqrt{2}}{2}$ ,

Soit $\left|\vec{E}_O\right| = \left|\vec{E}_A\right|\sqrt{2} = k\dfrac{q}{AO^2}\sqrt{2} = k.\dfrac{q}{\left(l\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}.\sqrt{2}$

$$|\vec{E}_O| = k.\frac{q}{\left(l\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}.\sqrt{2} = k.q.\frac{2\sqrt{2}}{l^2}$$

***A.N.*** $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9$ , $q = 4.10^{-6}\ C$ , $l = 0.6m$

$$|\vec{E}_O| = k.q.\frac{2\sqrt{2}}{l^2} = 9.10^9.4.10^{-6}.\frac{2\sqrt{2}}{0{,}6^2} = 36.10^3.\frac{2\sqrt{2}}{0{,}36} = 2\sqrt{2}.10^5\ \text{V/m}$$

$$\boxed{|\vec{E}_O| = 2{,}82.10^5\ \text{V/m}}$$

***<u>2°/ Le potentiel électrique</u>***

Le potentiel électrique au point O est la somme scalaire des potentiels dus à chacune des 4 charges.

$$V_O = V_A + V_B + V_C + V_D$$

$$V_O = \frac{kq}{OA} + \frac{k.(-2q)}{OB} + \frac{k.2q}{OA} + \frac{k.(-q)}{OB}$$

$$V_O = \frac{kq}{OA} + \frac{k.(-2q)}{OB} + \frac{k.2q}{OC} + \frac{k.(-q)}{OD}$$

On remarque que

$$OA = OB = OC = OD = l\frac{\sqrt{2}}{2}$$

Donc $$V_O = \frac{k}{l\frac{\sqrt{2}}{2}}(q - 2q + 2q - q) = 0$$

$$\boxed{V_O = 0}$$

3°/ Si le potentiel électrique à l'infini est pris comme référence des potentiels $V_\infty = 0$. le travail qu'il faut effectuer pour déplacer la charge Q dans différence de potentiel $\Delta V$ étant indépendant du chemin suivi, il est égal à :

$$W = Q.\Delta V\ , \qquad\qquad W = Q.(0 - 0) = 0$$

***Donc le travail mis en jeu = 0***