الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf de M'sila
Faculté de Technologie
Socle commun

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد بوضياف بالمسيلة
كلية التكنولوجيا
قاعدة الجذع المشترك

Niveau : **LICENCE** L1 **2019/2020** Option : **ST**

Module : Physique 2

SERIE N° : 01

EXERCICE 01 :

Une charge de densité $\rho = 0.2\,\mu C/m^2$, est distribuée sur une couche d'une sphère située entre $R_1 = 3\,cm$ et $R_2 = 5\,cm$.

1° *- Quelle est la charge totale présente dans cette couche ?*

2° *- Est-ce que le volume délimité par $\frac{\Delta R}{2}$ c-à.d $0.3 \leq R \leq 0.4$ contient la moitié de la charge ? Justifier.*

3°*- Quelle est la charge, sur une côte $z = 1\,m$, d'un faisceau d'électrons de symétrie cylindrique de distribution volumique* $\rho_e = \begin{cases} -\frac{0.1}{\rho^2+10^{-8}} & 0 \leq \rho \leq 3\,10^{-4}\,m \\ 0 & \rho > 3\,10^{-4}\,m \end{cases}$ *?*

EXERCICE 02 :

Trois charges ponctuelles situées sur les sommets d'un triangle rectangle en A fig.1. Les charges ont les valeurs $Q_A(0;0;0) = -2\mu C$, $Q_B(-2;0;0) = 3\mu C$, et $Q_C(0;0;2) = 4\mu C$. et $Q_D(0;y;0) = 6\mu C$ située sur l'axe '$\overrightarrow{oy}$' à 'y' de A et perpendiculaire à la base AB du triangle.(les unités en cm)

1° *- Calculer la force exercée par Q_A sur Q_D, Q_B sur Q_D et Q_C sur Q_D*

2° *- Déduire la force exercée par les charges $Q_A; Q_B; Q_C$ sur la charge Q_D pour '$y = 3$'*

EXERCICE 03 : (*fig.2a et fig.2b*)

Trois charges $Q_1(-3;0;0) = -2\mu C$, $Q_2(3;0;0) = 1\mu C$ et $Q_3(0;4,0) = 1\mu C$.(les unités en cm)

1° *- Quelle est la force exercée par les charges Q_1 et Q_2 sur Q_3 ? Déduire le champ à cette position. Si les trois charges sont alignées*

2° *- A Quelle distance 'x', du milieu de Q_1 et Q_2 doit se située Q_3 pour quelle soit en équilibre*

EXERCICE 04 : *fig.3*

Un fil est plié sous forme d'un demi-cercle de rayon $R = 0.6\,m$ porte une charge de distribution linéique $\lambda = \lambda_0 cos(\theta)$ et de charge totale $Q = 12\,\mu C$.

1°*- Calculer la force exercée par ce fil sur une charge $Q_0 = 3\,\mu C$ située au centre de ce demi-cercle.*

2°*- Déduire le champ électrique crée par cette distribution au centre du demi-cercle*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Boudiaf de M'sila
Faculté de Technologie
Socle commun

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد بوضياف بالمسيلة
كلية التكنولوجيا
قاعدة الجذع المشترك

EXERCICE 05 : *fig.4a fig.4b*

Une tige très fine est chargée uniformément de distribution linéique 'λ_0'

1°- *Calculer le champ électrique $\vec{E}$ crée dans son prolongement à une distance "**d**"de son extrémité.*

*Si cette tige est rendue sous forme d'un cercle de rayon "**R**"*

2°- *Calculer le champ électrique $\vec{E}$ crée à un point **P** situe à une distance "**d**" sur son axe.*

EXERCICE 06 : DM *fig.5*

Deux tiges identiques de longueur "$2a$" et de distributions de charges linéiques uniformes "λ_0" sont placées dans le même prolongement et dont les centres sont séparés par une distance $b > 2a$.

Montrer que la force exercée par la tige de gauche sur celle de droite est : $\vec{F} = \frac{kQ^2}{4a^2}\left[ln\left(\frac{b^2}{b^2-4a^2}\right)\right]$

EXERCICE 06 : SUPPLÉMENTAIRE : *fig.6*

*Une sphère de rayon "**R**" porte une distribution de charge surfacique uniforme "**σ**"*

1°- *Calculer le champ électrique $\vec{E}$ crée en un point **P** situé à l'extérieure à une distance "**d**".*

2°- *Calculer le champ électrique $\vec{E}$ crée en un point **P** situé à l'intérieure de la sphère.*

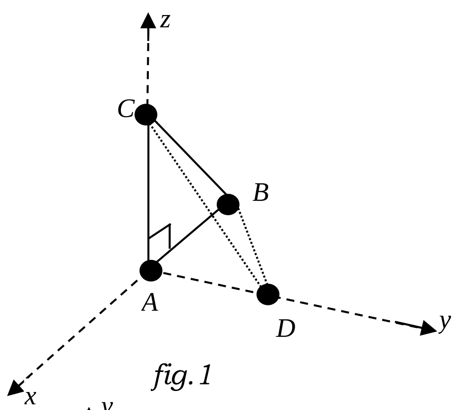


fig.1

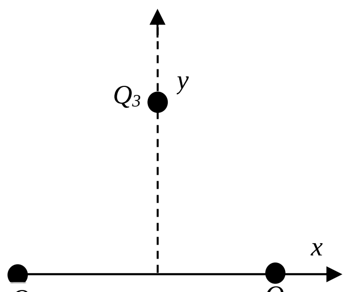


fig.2a

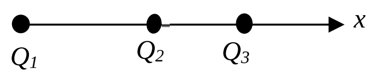


fig.2b

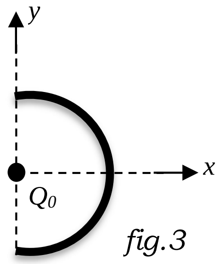


fig.3

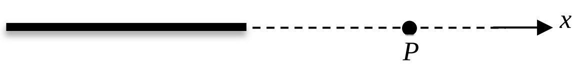


fig.4a

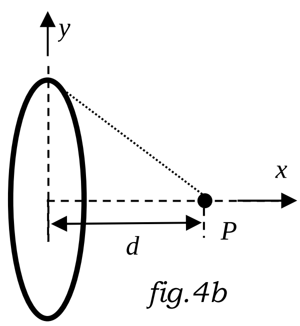


fig.4b

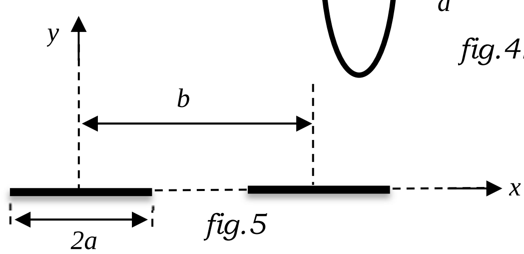


fig.5

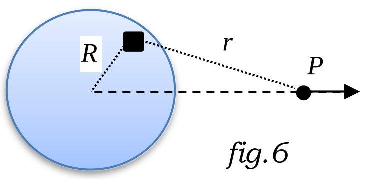
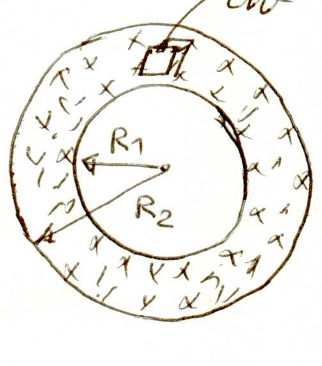


fig.6

L. Lyamani

Phys 02

Ex01 : 1°/ La charge contenue dans la couche $0{,}03 \leq R \leq 0{,}05$



- Le système adéquat dans ce cas de problème et le système de coordonnés sphériques. (r, θ, φ)

$\Rightarrow$ l'élément de volume dv contient la charge $dq = \rho dv = \rho r^2 \sin\theta \, dr d\theta d\varphi$

$\Rightarrow Q = \int dq = \iiint \rho r^2 \sin\theta \, dr d\theta d\varphi$: Coordonnées indépendants

$$Q = \int_{0,03}^{0,05} r^2 dr \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta \int_0^{2\pi} \rho \, d\varphi = \rho \, 4\pi \frac{r^3}{3} \Big|_{0,03}^{0,05} \Rightarrow Q = 82{,}1 \text{ pC}$$

$$Q = 82{,}1 \cdot 10^{-12} \text{ C}$$

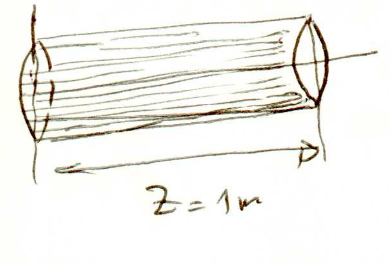
2°/ $$Q' = \int_{0,03}^{0,04} \rho r^2 dr \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi = \rho \frac{4\pi r^3}{3} \Big|_{0,03}^{0,05} \Rightarrow Q' \simeq 31 \text{ pC}$$

or la moitié de la charge et $\frac{Q}{2} = 41$ pC

$\Rightarrow$ La zone de la Couche ΔR telle que $0{,}03 \leq R \leq 0{,}04$ ne Contient pas la moitié de la charge. $Q' = 31 < \frac{Q}{2} = 41$

elle Contient 37,76 % de la charge totale

3°/ Le système adéquat et le système de coordonnés cylindrique (ρ, θ, z)



le volume $dv = \rho \, d\rho d\theta dz$ Contient la charge infinitisimale $dq = \rho_v dv$

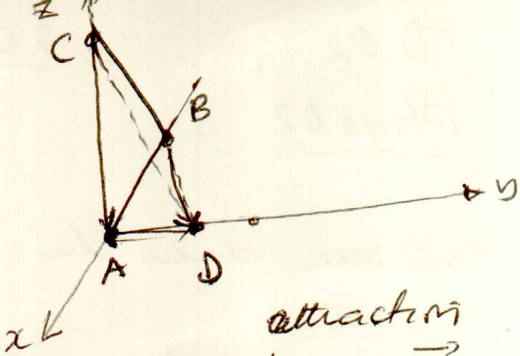
$dq = (\rho_v)(\rho \, d\rho d\theta dz) \Rightarrow Q = \iiint \rho_v \cdot \rho \, d\rho d\theta dz$

Coordonnés indépendantes $\Rightarrow Q = \int_0^1 dz \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{3 \cdot 10^{-4}} (\rho_v) \rho \, d\rho$

$$Q = 1 \cdot 2\pi \int_0^{3 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{-0{,}1}{\rho^2 + 10^{-8}} \right) \rho \, d\rho = -0{,}2\pi \cdot \frac{1}{2} \ln(\rho^2 + 10^{-8}) \Big|_0^{3 \cdot 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = -0{,}23\pi \text{ C/m}}$$

Ex 02



$$\begin{cases} Q_A = -2\mu C \\ Q_B = 3\mu C \\ Q_C = 4\mu C \\ Q_D = 6\mu C \end{cases}$$

(2)

attraction

* Interaction entre Q_A et Q_D ! $\Rightarrow \vec{F}_{AD} = k\dfrac{Q_A Q_D}{|AD|^2}\vec{u}_{AD} = \dfrac{k\,Q_A Q_D}{|\vec{AD}|^3}\vec{AD}$

$$\vec{AD} = (x_D - x_A)\vec{i} + (y_D - y_A)\vec{j} + (z_D - z_A)\vec{k} = y\vec{j} \quad |\vec{AD}| = y$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{AD} = \frac{(9.10^9)(-2.10^{-6})(6.10^{-6})}{y^2}\vec{j} \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{AD} = -\frac{108}{y^2}10^{-3}\vec{j}}$$

répulsion

* Interaction entre Q_B et Q_D $\Rightarrow \vec{F}_{BD} = k.\dfrac{Q_B Q_D}{|BD|}\vec{u}_{BD} = k.\dfrac{Q_B Q_D}{|\vec{BD}|^3}\vec{BD}$

$$\vec{BD} = (x_D - x_B)\vec{i} + (y_D - y_B)\vec{j} + (z_D - z_B)\vec{k} = +2\vec{i} + y\vec{j} = 2\vec{i} + y\vec{j}, \quad |\vec{BD}| = \sqrt{y^2+4}$$

$$\vec{F}_{BD} = \frac{9.10^9 (3.10^{-6})(6.10^{-6})}{(y^2+4)^{3/2}}(2\vec{i} + y\vec{j}) \Rightarrow \boxed{\frac{162.10^{-3}}{(y^2+4)^{3/2}}(2\vec{i} + y\vec{j}) = \vec{F}_{BD}}$$

* Interaction entre Q_C et Q_D ; on a un répulsion ($Q_C > 0$; $Q_D > 0$)

$$\vec{F}_{CD} = k.\frac{Q_C Q_D}{|\vec{CD}|^2}\vec{u}_{CD} = k.\frac{Q_C Q_D}{|\vec{CD}|^3}\vec{CD}.$$

$$\vec{CD} = (x_D - x_C)\vec{i} + (y_D - y_C)\vec{j} + (z_D - z_C)\vec{k} = y\vec{j} - 2\vec{k} \Rightarrow |\vec{CD}| = \sqrt{y^2+4}$$

$$\vec{F}_{CD} = \frac{(9.10^9)(4.10^{-6})(6.10^{-6})}{(y^2+4)^{3/2}}(y\vec{j} - 2\vec{k}) \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{CD} = \frac{216\,10^{-3}}{(y^2+4)^{3/2}}(y\vec{j} - 2\vec{k})}$$

2°/ La force totale exercées par les trois charges Q_A, Q_B, Q_C sur Q_D

On applique le principe de superposition

$$\vec{F} = \vec{F}_{AD} + \vec{F}_{BD} + \vec{F}_{CD} = \left[-\frac{108}{y^2}\vec{j} + \frac{162}{(y^2+4)^{3/2}}(2\vec{i} + y\vec{j}) + \frac{216}{(y^2+4)^{3/2}}(y\vec{j} - 2\vec{k})\right]10^{-3}$$

Pour $y = 3\,cm$, $\sqrt{y^2+4} = \sqrt{13}\;10^{-3}\,m$

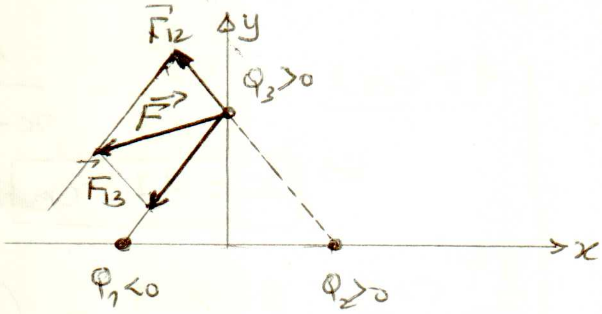
$\Rightarrow$ ~~$\vec{F} = 12{,}0\,\vec{i} - 95{,}8\,\vec{j}$~~ $\Rightarrow \boxed{\vec{F} = 6{,}91\,\vec{i} - 95{,}80\,\vec{j} - 9{,}21\,\vec{k}}$

Corrigé TD 02 (2020)

phys 02

Ex 03

1°/ $\begin{cases} Q_1 = -2\,\mu C \\ Q_2 = 1\,\mu C \\ Q_3 = 1\,\mu C \end{cases}$



$Q_1 - Q_3$: attraction ($Q_1<0$, $Q_3>0$)

$Q_2 - Q_3$: répulsion ($Q_2>0$, $Q_3>0$)

$Q_1 - Q_3$: $\vec{F}_{13} = \frac{kQ_1Q_3}{|\vec{r}_{13}|^2}\vec{u}_{13} = \frac{kQ_1Q_3}{|\vec{r}_{13}|^3}\vec{r}_{13}$

$Q_2 - Q_3$: $\vec{F}_{23} = \frac{kQ_2Q_3}{|\vec{r}_{23}|^2}\vec{u}_{23} = k\frac{Q_2Q_3}{|\vec{r}_{23}|^3}\vec{r}_{23}$

$\vec{r}_{13} = (x_3-x_1)\vec{i} + (y_3-y_1)\vec{j} + (z_3-z_1)\vec{k}$

$\vec{r}_{13} = 3\vec{i} + 4\vec{j} \Rightarrow |\vec{r}_{13}| = 5$

$\vec{r}_{23} = (x_3-x_2)\vec{i} + (y_3-y_2)\vec{j} + (z_3-z_2)\vec{k}$

$\vec{r}_{23} = -3\vec{i} + 4\vec{j} \Rightarrow |\vec{r}_{23}| = 5$

on a $|\vec{r}_{23}| = |\vec{r}_{13}| = r$

$\Rightarrow \vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \left(\frac{kQ_3}{r^3}\right)\left(Q_1(3\vec{i}+4\vec{j}) + Q_2(-3\vec{i}+4\vec{j})\right)$

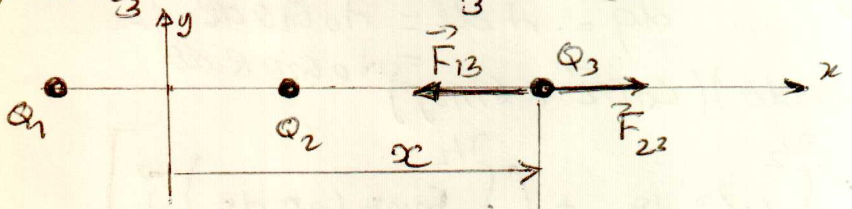
$\Rightarrow \vec{F} = \frac{9.10^9 \cdot 1.10^{-6}}{125\,\cancel{10^{-6}}}(-9\vec{i} - 4\vec{j})\cancel{10^{-6}} = -\frac{10^3}{125}(81\vec{i} + 36\vec{j})$

$\boxed{\vec{F} = -(648\,\vec{i} + 288\,\vec{j})}$

* Le champ est relié à la force par l'expression $\vec{F} = Q\vec{E}$

$\Rightarrow \vec{F} = Q_3\vec{E} \Rightarrow \vec{E} = \vec{F}/Q_3 = -(6{,}48\vec{i} + 2{,}88\vec{j})\,10^8$ V/m

2°/



$Q_1 - Q_3$: attraction

$Q_2 - Q_3$: répulsion

La charge "Q_3" est soumise à deux forces opposées, l'une d'attraction ($\vec{F}_{13}$) la seconde est de répulsion ($\vec{F}_{23}$) l'action ~~simultanée~~ simultanée des deux charge (Q_1 ; Q_2) sur Q_3 peut induire un effet nul à une position qu'on va déterminer.

$\vec{F} = \frac{kQ_1Q_3}{|\vec{r}_{13}|^2}\vec{u}_{13} + \frac{kQ_2Q_3}{|\vec{r}_{23}|^2}\vec{u}_{23} = kQ_3\left(\frac{Q_1}{(x+3)^2}(+\vec{i}) + \frac{Q_2}{(x-3)^2}(\vec{i})\right)$

$\vec{F} = kQ_3\left(\frac{-2}{(x+3)^2}\vec{i} + \frac{1}{(x-3)^2}\vec{i}\right) = 0$ pour qu'il y est équilibre

$$\Rightarrow \frac{2}{(x+3)^2} = \frac{1}{(x-3)^2} \Rightarrow$$ pour résoudre cette équation

$\Rightarrow$ 1er cas : $\frac{\sqrt{2}}{x+3} = \frac{1}{x-3} \Rightarrow \sqrt{2}x - 3\sqrt{2} = x + 3$

$x(\sqrt{2}-1) = 3(1+\sqrt{2}) \Rightarrow x = \frac{3(\sqrt{2}+1)}{(\sqrt{2}-1)}$

$\Rightarrow \boxed{x \approx 17,5 \text{ cm}}$

2nd cas. $2(x-3)^2 = (x+3)^2 \Rightarrow 2x^2 - 12x + 18 = x^2 + 6x + 9$

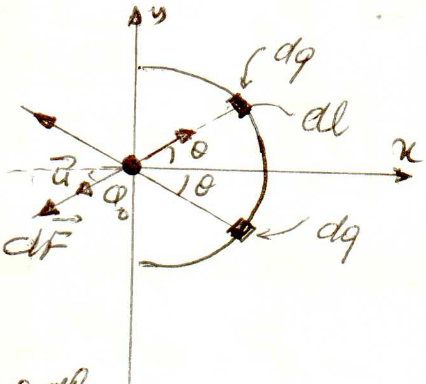
$\Rightarrow x^2 - 18x + 9 = 0 \Rightarrow x_1 \approx 17,5$

$x_2 \approx 0,5$

x_2 : est rejeter car elle est entre les charges Q_1 et Q_2 et dans cette zone les deux forces $\vec{F}_{13}$ et $\vec{F}_{23}$ sont dans le même sens, et il n'y aura jamais d'équilibre.

Ex 04 : $\lambda = \lambda_0 \cos\theta$ $\quad Q = 12\ \mu C$ $\quad R = 0,6\ m$

$Q_0 = 3\ \mu C$



On prend un élement infinitisimal dl il porte la charge $dq = \lambda\, dl$, celle-ci produit une force $d\vec{F}$ sur la charge Q_0 située au centre. $d\vec{F} = k\frac{dq\, Q_0}{R^2}\vec{u}$

$\vec{u} = -\cos\theta\, \vec{i} - \sin\theta\, \vec{j}$, $dq = \lambda\, dl = \lambda_0 \cos\theta\, dl = \lambda_0 \cos\theta\, R\, d\theta$

$$\Rightarrow d\vec{F} = -\frac{kQ_0}{R^2}(\lambda_0 R \cos\theta\, d\theta)(\cos\theta\, \vec{i} + \sin\theta\, \vec{j})$$

$$\vec{F} = -\left(\frac{kQ_0}{R^2}\right)(\lambda_0 R)\left[\vec{i}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\pi/2} \cos^2\theta\, d\theta + \left(\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sin\theta \cos\theta\, d\theta\right)\vec{j}\right]$$

$$\vec{F} = -\left(\frac{1}{4\pi}\frac{Q_0\lambda_0}{R\varepsilon_0}\right)\left[\frac{\vec{i}}{2}\left(\theta\Big|_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} + \cancelto{0}{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\pi/2} \cos 2\theta\, d\theta}\right) + \left(\cancelto{0}{\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sin\theta\cos\theta\, d\theta}\right)\vec{j}\right]$$

$$\vec{F} = -\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{Q_0\lambda_0}{R\varepsilon_0}\cdot\frac{\pi}{2} \Rightarrow \vec{F} = -\frac{Q_0\lambda_0}{8R\varepsilon_0}\vec{i}$$

Determination de λ_0 :

$$Q_T = \int dq = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \lambda_0 R \cos\theta\, d\theta = R\lambda_0 \sin\theta\Big|_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = Q_T = 12\ \mu C \Rightarrow \lambda_0 = 10\ \mu C/m$$

$$\Rightarrow \vec{F} = -(0,706)\vec{i} \qquad \boxed{\vec{F} = -0,706\,\vec{i}}$$

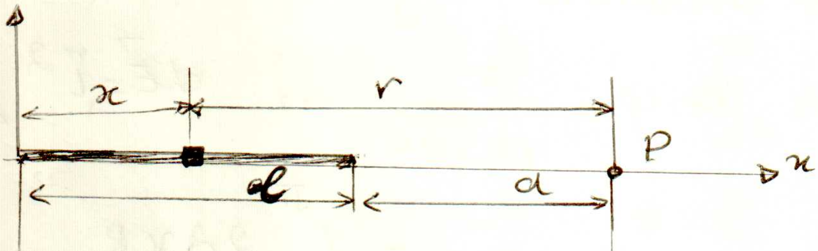
2°/ Champ électrique au centre du demi-cercle.

La relation entre force et champ $\vec{F} = Q_0 \vec{E}$

$$\Rightarrow \vec{E} = \vec{F}/Q_0 = -\frac{\lambda_0}{8R\varepsilon_0}\vec{i} \qquad \boxed{\vec{E} \simeq 23{,}53\,10^4\ V/m}$$

Ex 05 :

tige longue "l" de distribution linéique uniforme $\lambda_0 =$



On prend un élément infinitésimal "dx", qui a une charge $dq = \lambda_0 dx$ et crée un champ $d\vec{E}$ au pt P tel que,

$$dE = k\frac{dq}{r^2}\vec{u} \qquad \vec{u} \equiv \vec{i}\ ,\quad r = (l+d) - x$$

$$\Rightarrow d\vec{E} = k\frac{\lambda dx}{[(l+x)-x]^2}$$, ⇒ le champ total créé par toute la tige est,

$$\vec{E} = \int^{l} k\frac{\lambda_0 dx\,\vec{i}}{[(l+d)-x]^2} = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^l \frac{dx}{(a-x)^2}\vec{i} \qquad a = l+d$$

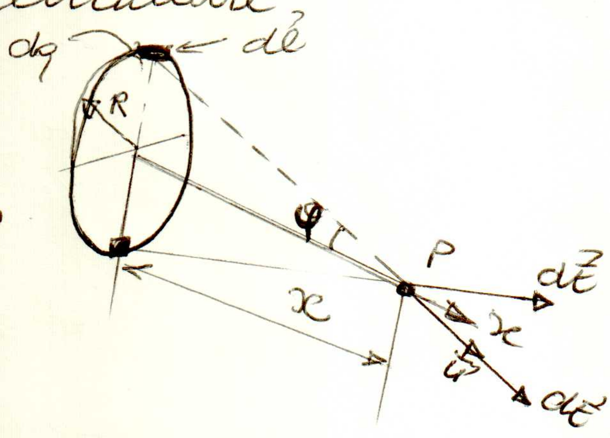
$$\vec{E} = \vec{i}\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a-x}\Big|_0^l\right) = \vec{i}\frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{l+d-x}\Big|_0^l\right) = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{l+d}\right)$$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{d(l+d)}\vec{i}}$$

2°/ Si cette tige est rendue circulaire, l'élément de longueur $d\vec{l}$ porte la charge $dq = \lambda_0 dl$

$dq = R\lambda_0 d\theta$ qui crée un champ

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{R\lambda_0 d\theta}{(R^2+x^2)}\vec{u}$$



~~or~~ on raisonne par symétrie : ⑥

L'élément symetrique dq à l'élement précedent produit aussi un champ $d\vec{E}$, on remarque que les composantes longitudinales (suivant $o\vec{x}$) se renforcent alors que les composantes transversales ~~(suivant $\vec{oy}$)~~ s'annulent (égales et opposées) $\Rightarrow$ $d\vec{E} = 2\,\frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{dl\cdot\cos\varphi\,\vec{i}}{(x^2+R^2)^2}$

or $\cos\varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}$ $\Rightarrow$ $d\vec{E} = \vec{i}\,2\,\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{x\,R}{(x^2+R^2)^{3/2}}\,d\theta$ ~~[illegible]~~

$0 \le \theta \le \pi$ (symétrie)

$$\vec{E} = \vec{i}\int_0^{\pi} \frac{2\lambda x R}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{3/2}}\,d\theta = \frac{\lambda\, 2\pi R\cdot x}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{3/2}}\,\vec{i}$$

or $Q = 2\pi R\lambda$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}}\cdot\vec{i}}$$

pour $x = d$.

$$\boxed{\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{\vec{i}}{(d^2+R^2)^{3/2}}}$$