Faculté de Physique, USTHB **Année Universitaire 2019-2020**
1ère Année LIC.ST

Série 1 : Force de Coulomb

Exercice 1.1 :

Déterminer le nombre d'atomes et d'électrons constituant une pièce de monnaie en cuivre (${}^{63}_{29}Cu$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,3d^{10}\,4s^1$), neutre, de 3g.
Cette pièce porte à présent une charge $Q = 5\ 10^{-9} C$.
Déterminer le nombre d'électrons perdus par la pièce et le comparer au nombre d'atomes, puis au nombre d'électrons la constituant.

Exercice 1.2 :

L'électron de masse m_e et le proton de masse m_p d'un atome d'hydrogène sont séparés, en moyenne, par une distance r =0.53 10^{-10} m. Comparer les forces électrique et gravitationnelle qui s'exercent entre ces deux particules.
On donne : $G = 6.67\ 10^{-11}$ MKSA, m_p=1.67261 10^{-27}kg et m_p=1836 m_e.

Exercice 1.3 :

Deux sphères conductrices identiques, de masse m=10g, portent les charges q_1 et q_2 ; on les met en contact, puis on les sépare.

1°) Calculer les charges q_1' et q_2' qu'elles prennent pour les cas suivants :

a) q_1=+3 10^{-8}C et q_2=0 C.
b) q_1 = +3 10^{-8}C et q_2 = + 8 10^{-8} C.
c) q_1 = +3 10^{-8}C et q_2 = - 8 10^{-8} C.

Préciser à chaque fois le sens du transfert d'électrons.

2°) Les deux masses sont suspendues, en un même point O, par deux fils identiques en nylon de longueur l=80cm (figure 1).
En négligeant la masse des fils, calculer la distance 2x séparant les deux sphères pour les différents cas de 1° (on supposera que l'angle θ est suffisamment petit).

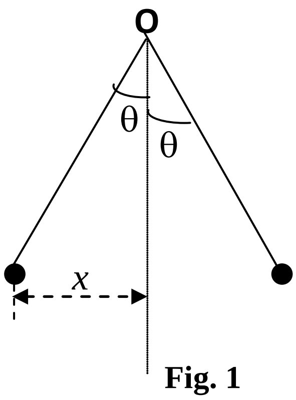


Fig. 1

Exercice 1.4 :

La figure 2 représente un pendule constitué d'un fil de longueur l=10cm et d'une boule de masse m = 10g portant une charge électrique Q_1 = +2 10^{-8} C.
On place à une distance d = 1 cm de cette boule une charge ponctuelle $Q_2 = -4\ 10^{-9}$ C.

1°) Calculer l'angle d'inclinaison du pendule.
2°) Trouver la force électrostatique qui s'exerce sur le pendule.

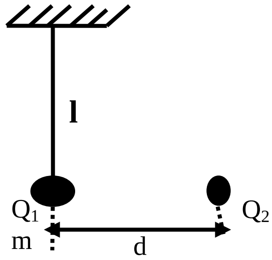


Fig. 2

Exercice 1.5 :

Soient trois charges ponctuelles q_1, q_2 et q_3 aux sommets d'un triangle rectangle (voir figure 3 ci-contre).
Calculer l'intensité de la force qui s'exerce sur la charge q_3.
A.N. : a = 10 cm, q_1= $10^{-6}$$C$, q_2= 2 10^{-6} C et q_3= -3 10^{-6} C.

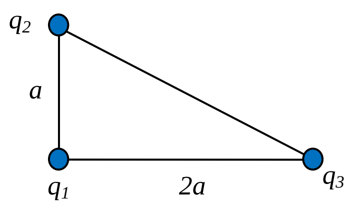


Fig. 3

Exercice 1.6 :

Deux sphères conductrices identiques portant des charges de signes opposés s'attirent avec une force de 0.108 *N* quand la distance qui les sépare est $d = 0.5$ m. On les raccorde à l'aide d'un fil conducteur. Après avoir enlevé le fil, elles se repoussent avec une force de 0.036 *N*. Quelle était la charge initiale de chaque sphère?

Exercice 1.7 :

Considérer trois charges ponctuelles situées aux coins d'un triangle droit isocèle où $q_1 = q_3 = 5\ \mu C$, $q_2 = -2.0\ \mu C$ et $a = 0.10\ m$ (voir figure 4).

Trouver l'intensité et la direction de la force résultante $\overrightarrow{F_3}$ exercée sur q_3.

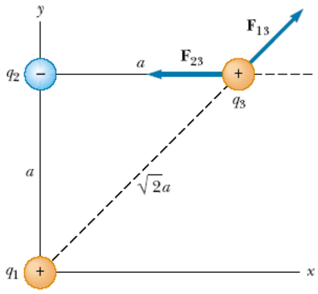


Fig. 4

Exercice 1.8 :

Trois petites boules identiques de masse *m* =10g, sont suspendues à un même point au moyen de trois fils de soie distincts de longueur *l* = 1m. Ces trois boules de même charge *Q* se positionnent alors au sommet d'un triangle équilatéral de côté *a* = 0.1m. Calculer la charge *Q*.

Exercice 1.9 :

On considère le système de charges ponctuelles représenté sur la figure 5. Les charges positives q_1 et q_2, distantes de *d*, sont fixes aux points *O* et *A* respectivement. Une troisième charge q_3 est assujettie à se déplacer le long du segment *OA*.

1°) Donner l'expression de la force qui s'exerce sur q_3 au point M.

2°) A quelle distance $x = x_0$ de q_1, la charge q_3 est-elle dans une position d'équilibre ?

A.N : *d* = 4cm.

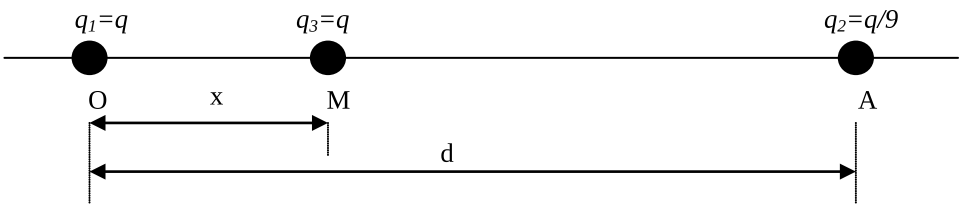


Fig.5

Exercice 1.10 :

Deux charges électriques ponctuelles +*q* sont séparées par une distance *2a*. On dispose d'une troisième charge ponctuelle mobile dans le plan médiateur du segment *2a*.

Montrer qu'il existe dans ce plan un cercle, dont on déterminera le rayon, pour lequel la charge mobile est soumise à une force maximale.

Faculté de Physique, USTHB **Année Universitaire 2019-2020**
1ère Année LIC.ST

Série 2 : Champs et potentiels électriques

<u>Exercice 2.1:</u>(*)

1. Une charge ponctuelle q = 10 nC est placée au point P(2,3) en mètres. Calculer le potentiel $V(M)$ et le vecteur champ électrique $\vec{E}(M)$ qu'elle crée au point M(5,7) (voir figure 1.a)
2. Reprendre la question précédente dans le cas général :la charge q et les points $P(x_0,y_0)$ et $M(x,y)$ sont quelconques(voir figure 1.b). Exprimer le résultat en fonction de $a = (x - x_0)$ et $b = (y - y_0)$.

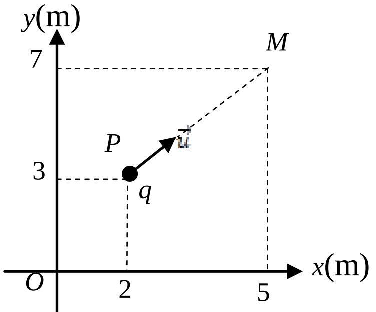


Fig.1.a

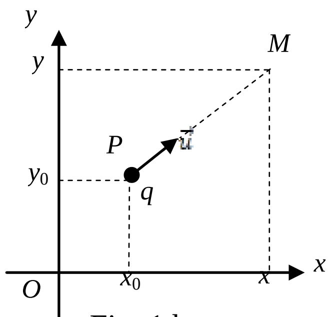


Fig. 1.b

<u>Exercice 2.2</u>:(*)

On considère deux charges ponctuelles positives égales à q et distantes de $2a$ (voir figure 2).
1. Calculer le potentiel électrique aux points A (a, 0), B (a, a) et C ($3a$,0).
2. Calculer le vecteur champ électrique en ces points.
3. Retrouver ces résultats en utilisant ceux de l'exercice 1.

On donne : a = 2m et q= 10 nC.

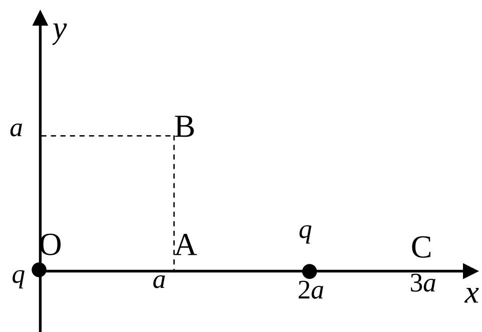


Fig. 2

<u>Charges dans un champ électrique</u>

<u>Exercice 2.3:</u>(*)

1) Calculer la force appliquée à un ion Ca^{2+} placé dans un champ électrique d'intensité 800 N/C
et dirigé le long de l'axe Oz.
2) Un proton est accéléré à partir du repos par une différence de potentiel de 25 000 V. Calculer la vitesse atteinte par ce proton.
3) Dans un circuit électrique, une énergie de 10 mJ est nécessaire pour transporter une charge électrique de $0.5\ mC$ du point A au point B. Calculer la différence de potentiel électrique entre les deux points A et B.

Exercice 2.4:(*)

On place trois charges q_A=10^{-7} C, q_B=2 10^{-7} C et q_C =–3 10^{-7} C aux points *A*, *B* et *C* de coordonnées cartésiennes respectives *A*(0,0), *B*(3,0) et *C*(0,3) en cm (figure 4).
1) Calculer et représenter qualitativement le champ électrique créé par les charges q_B et q_C au point *A*.
2) En déduire la force exercée sur la charge q_A.
3) Calculer le potentiel créé par les charges q_B et q_C au point *A*. En déduire l'énergie potentielle de la charge q_A.
4) Calculer l'énergie interne du système des trois charges.
5) Calculer le travail de la force électrostatique lorsqu'on déplace la charge q_A du point *A* au point *D*(-3,-3) cm.
6) Déterminer le champ extérieur qu'il faudrait appliquer pour maintenir la charge q_A en équilibre au point *D*.

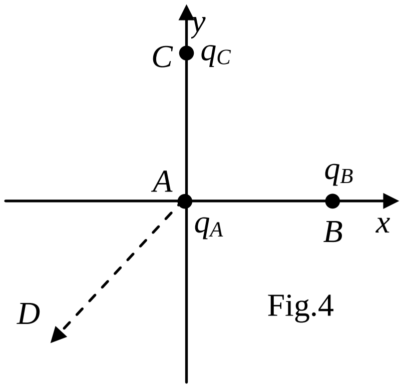


Fig.4

Exercice 2.5:

Trois charges ponctuelles q_1, q_2 et q_3, positives et égales à *q*, sont placées respectivement auxpoints *A (0, -a)*, *B (0, a)* et *C (a, 0)* (voir figure 5).
1) Calculer le potentiel électrique créé par q_1 et $q_2$au point *C*.
2) Déterminer l'énergie potentielle électrique E_{p3} de la charge q_3.
3) Calculer l'énergie interne *U* du système formé par les 3 charges.
4) On abandonne la charge q_3 sans vitesse initiale.Calculer l'énergiecinétique $E_{c3}(\infty)$ avec laquelleelle arrive à l'infini.
On donne : $q= 10^{-9}C, a = 10\ cm$.

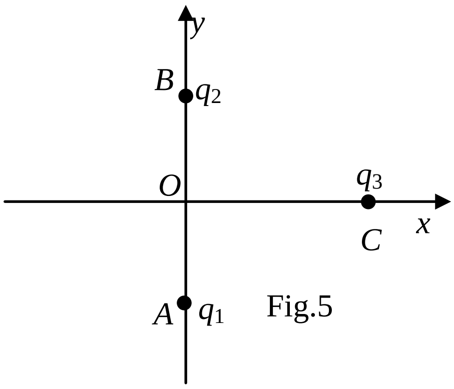


Fig.5

Exercice 2.6: **(*)**

On considère deux charges électriques ponctuelles q positives et fixées aux points $A(\sqrt{2}a, 0)$ et $B(0, \sqrt{2}a)$ (voir figure 6).
1) Déterminer, en fonction de la distance *r = OM*, le potentiel électrique *V*(*r*) au point *M*sur la droite (Δ)passant par *O* et le point *I* milieu de *AB*.
2) En déduire l'intensité du champ électrique $\vec{E}(r)$ au point *M*.
Représenter qualitativement$\vec{E}(r)$.
3) Avec quelle énergie cinétique minimale doit-on lancer de
l'infini, le long de la droite (Δ), une charge *q'* positive pour qu'elle atteigne le point *I* ?
4) Déterminer l'énergie interne du système ainsi formé par les trois charges (*q'* étant au point *I*).
5) Que se passe-t-il si on écarte légèrement la charge *q'* du point *I* :
a) suivant la droite (Δ) ? Justifier.
b) suivant le segment AB ? Justifier.

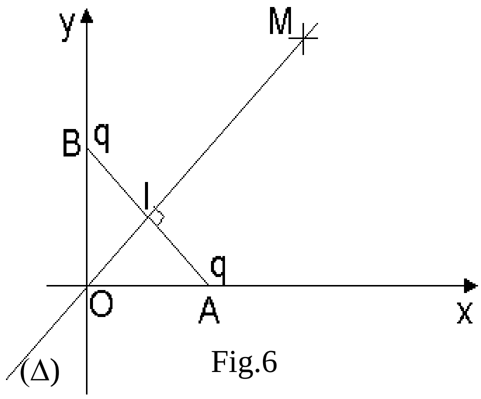


Fig.6

Exercice 2.7:(*)

Trois charges ponctuelles positives q_A, q_B et q_C sont placées aux sommets A, B et C d'un triangle équilatéral ABC de côté 2a (figure 7).

1) Déterminer le potentiel électrique créé par les 3 charges au point D symétrique du point B par rapport à AC.

2) Une 4ème charge ponctuelle Q est ramenée de l'infini au point D.

a- Déterminer l'énergie potentielle de cette charge au point D.

b- Calculer le travail de la force électrostatique durant le déplacement de Q. Comparer au résultat précédent et commenter.

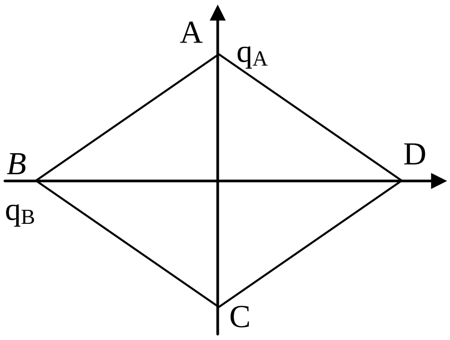


Fig.7

On donne: a= 2mm, $q_A = q_C = q$, $q_B = 2q$, q = 1pC, Q = 1nC.

Exercice 2.8: (*)

Deux charges $+q$ sont fixées aux points B et C de coordonnées respectives $B(0,a/2)$ et $C(0,-a/2)$. Une charge $-q$ est fixée au point $A(-3a,0)$ (voir figure 8).

1) Calculer le potentiel électrique total $V(x)$ créé par ces trois charges au point M distant de x par rapport à l'origine O, en fonction de K, q, a et x.

2) En déduire le vecteur champ électrique total $\vec{E}(x)$créé par les trois charges au point M en fonction de K, q, a et x.

3) Une quatrième charge Q est libre de se déplacer le long de l'axe Ox. Déterminerla force appliquée à cette chargeainsi que son énergie potentielle.Application numérique :q = 1 pC, a = 2 cm, x = 0,Q = 2 nC.

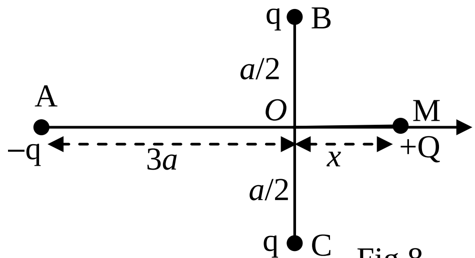


Fig.8

Lignes de champs - Equipotentielles

Exercice 2.9:

Choisissez la réponse (a) ou (b) et justifiez.

1) Une ligne de champ est une ligne à laquelle le vecteur champ électrique est :
   a- perpendiculaire,
   b- tangent.

2) Une ligne de champ est orientée dans le sens des potentiels :
   a- croissants,
   b- décroissants.

3) Une surface équipotentielle est une surfaceoù le potentiel reste :
   a- constamment nul en tout point de cette surface,
   b- constant en tout point de cette surface.

4) Une ligne de champ est:
   a- une ligne droite,
   b- une ligne qui traverse perpendiculairement les surfaces équipotentielles.

5) Un champ électrostatique uniforme est caractérisé par :
   a- des lignes de champ parallèles,

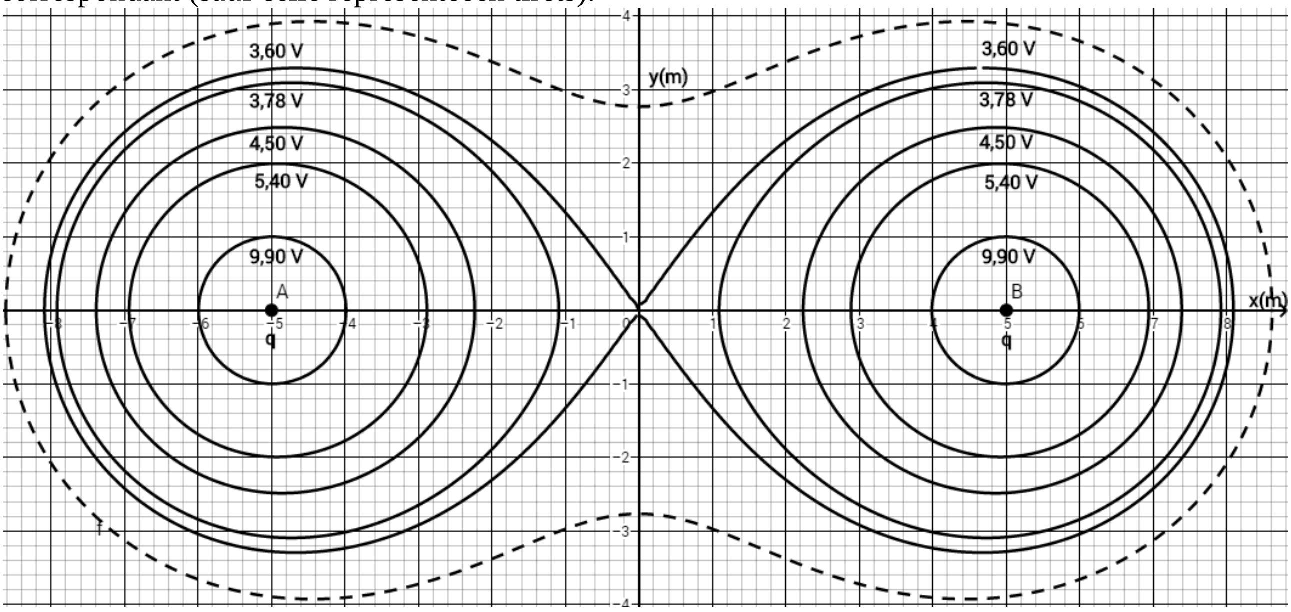
c- des surfaces équipotentielles planes, parallèles et équidistantes.

Exercice 2.10: (*)

Une batterie de 12 volts est connectée à deux plaques parallèles distantes de 2cm. La plaque A est portée au potentiel 0V, et la plaque B au potentiel 12V. La dimension des plaques est beaucoup plus grande que la distance entre ces plaques ; le champ électrique est donc supposé uniforme entre les plaques.
1) Calculer la valeur du champ électrique entre les plaques. Représenter les lignes de champ électrique.
2) Représenter les surfaces équipotentielles à 0,5 cm, 1cm, 1,5cm et 1,8 cm de la plaque A, en précisant la valeur du potentiel sur ces surfaces.
3) Quelle est la variation d'énergie potentielle d'un électron lorsqu'il est déplacé de la plaque à bas potentiel à la plaque de haut potentiel ? Gagne-t-il ou perd-il de l'énergie ?

Exercice 2.11: (*)

Deux charges ponctuelles identiques q sont placées aux points A(-5,0) et B(5,0) en mètres. La figureci-dessousmontre quelques équipotentielles et la valeur du potentiel correspondant (sauf celle représentéeen tirets).



1. Le champ est-il plus intense au point (0.5,0) ou (8,0) ? Répondre et justifier sans calcul.
2. Calculer et représenter le champ électrique moyen aux points (1.6,0), (4,2) et (6,2).
3. Déterminer la charge q, puis le potentiel de l'équipotentielle représentée en tirets.
4. A partir de la figure, déduire la courbe V(x) représentant le potentiel sur l'axe $x'Ox$, sachant que V(±5) = ∞.
5. En déduire la courbe $E(x)$ représentant le champ électrique sur l'axe $x'Ox$.

Dipôle électrique

Exercice 2.12:(*)

1. Rappeler l'expression du potentiel créé par un dipôle électrique en un point M repéré par les coordonnées polaires (r,θ).
2. En déduire les expressions des composantes, radiale E_r et transversale E_θ du vecteur champ électrique.

3. Pour $\vec{p} = 1{,}6 \times 10^{-29}\vec{\imath}$, en C.m, représenter le vecteur champ électrique sur un cercle de rayon R=2cm aux angles $\theta = 0, \pi/4, \pi/2$ et π.Echelle, r : 1cm → 2cm et E : 1cm →2×10^{-14} V/m.

<u>Exercice 2.13:</u> (*)

On considère deux charges électriques ponctuelles Q_A et Q_B placées respectivement aux points A et B tels que OA fait un angle de 30° avec Oy et B est sur l'axe Ox (voir figure 13).
On donne :$Q_A = Q_B = -5\ 10^{-6}$ C, OA=OB=5cm.

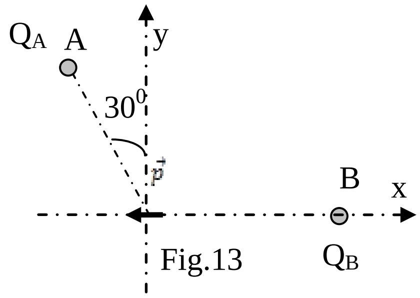


Fig.13

1. Déterminer et représenter le champ électrique créé au point O.
2. Calculer le potentiel en ce point.
3. On place en O un dipôle électrique $\vec{p}$ dont les charges $q=10^{-12}$ C et -q sont distantes de a= 5mm.

a) Calculer l'énergie potentielle du dipôle dans la position de la figure 13.
b) Trouver et représenter le moment du couple appliqué au dipôle.
c) Calculer le travail nécessaire pour ramener le dipôle à sa position d'équilibre stable.

<u>Exercice 2.14:</u>

Trois charges électriques ponctuelles sont placées sur trois sommets d'un carré de côté *a* (figure 14)

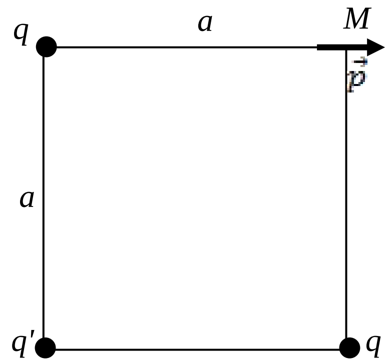


Fig.14

1- Déterminer le champ électrique $\vec{E}$ et le potentiel *V* créés par ces charges au point *M*. On donne : a = 1 cm, q' = 2 nC et $q = -\frac{q'}{4\sqrt{2}}$.
2- Un dipôle électrique de moment dipolaire $\vec{p}$ ($p = 3\times10^{-29}$C.m) est placé au point M.
a- Calculer l'énergie potentielle de ce dipôle.
b- Déterminer et calculer le moment du couple $\vec{C}$ auquel est soumis ce dipôle.

<u>Exercice 2.15:</u> (*)

Soient trois charges q_1, q_2 et q_3 placées respectivement aux points A(0, a), B(a, a) et C(a, 0) du plan *xOy* (figure 152).
1) Calculer le potentiel électrique total au point O(0, 0).
2) Déterminer le vecteur champ électrique total $\vec{E}_0$ au point O. Représenter le vecteur $\vec{E}_0$. Echelle : 1cm → 200 V/m.
3) On place au point O un dipôle électrique de moment dipolaire $\boldsymbol{\vec{p} = 10^{-10}(-\vec{\imath} + \vec{\jmath})\ C.m}$.

a- Déterminer le moment $\vec{\tau}$ du couple appliqué au dipôle.
b- Représenter le dipôle dans sa position finale d'équilibre stable. Justifier.
c- Calculer la variation d'énergie potentielle du dipôle lorsqu'il passe de la position initiale à la position finale.

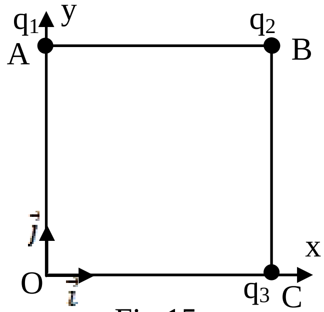


Fig.15

On donne $q_1 = q_3 = +q = 10^{-9}$C , $q_2 = -q$ et a=10 cm.

<u>Champ et potentiel créés par une distribution de charges</u>

<u>Exercice 2.16:</u> (C)

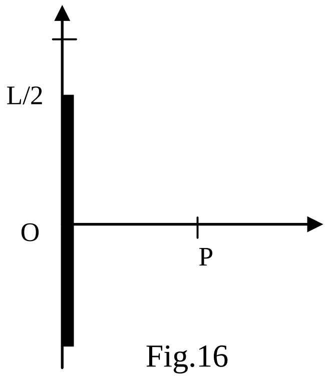


Fig.16

Une tige isolante, de longueur *L* porte une charge *Q* positive uniformément répartie en longueur avec une densité de charge linéique λ (voir figure 16).

1) Déterminer le champ électrique $\vec{E}_P(x)$ produit par cette tige au point *P* d'abscisse *x*.
2) Etudier les cas où $x>>L$ et $L>>x$. Conclusion.
3) Calculer le potentiel électrique au point *M (0, y)* tel que $y>L/2$.
4) Déterminer le champ électrique $\vec{E}_M(y)$ au point *M*.

<u>Exercice 2.17:</u>

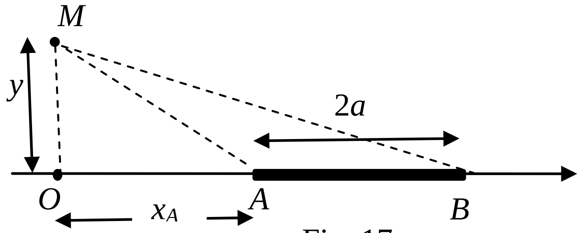


Fig. 17

Soit un fil rectiligne *AB* de longueur finie *2a*, portant une densité de charge linéique $\lambda>0$. Le point *O* est la projection de *M*sur la droite *AB*, il représente l'origine du repère d'étude (figure 17). Nous avons : $OM = y$, $OA = x_A$et $AB = 2a$.
1) Déterminer les expressions des composantes du vecteur champ électrique au point *M* en fonction de y, λ, K, x_A et a.
2) Calculer ces expressions dans les cas particuliers suivants :
a) le point *M* est dans le plan médiateur de *AB*,
b) le fil a une longueur infinie.

<u>Exercice 2.18:</u> (*)

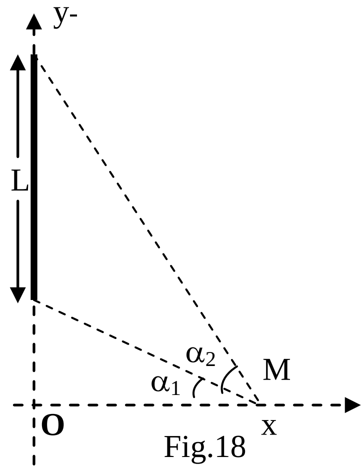


Fig.18

On considère un fil de longueur L, de densité linéique λ positive, qui porte une charge totale Q. Il est placé suivant l'axe des y tel que montré sur la figure 18.
1. Déterminer les expressions des composantes, E_x et E_y, du champ électrique créé par ce fil au point M situé sur l'axe des x, tel que OM = x, en fonction de K, λ, x, α_1 et α_2.
2. Considérer le cas où O est le milieu de L. Comparer au résultat de l'exercice 2.16.
3. Montrer que ce champ s'écrit $\vec{E} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{x}\vec{\imath}$ lorsque le fil devient infini.

<u>Exercice 2.19:</u> (*)

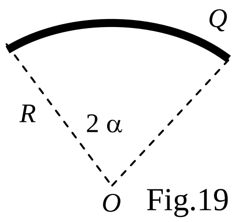


Fig.19

Un arc de cercle de rayon R et d'ouverture 2α porte une charge Q positive uniformément répartie (figure 19).

1) Quel est le champ électrostatique créé en son centre *O* ?
2) Quel est le potentiel au point *O* ?

Exercice 2.20:(C)

Une boucle circulaire de rayon *r* et de centre *O* porte une charge *q* (figure 20.a) et un disque de rayon *R* et de centre *O'* porte la charge Q (figure 20.b). Les charges sont positives et uniformément réparties.On prendra $V(\infty)= 0$.

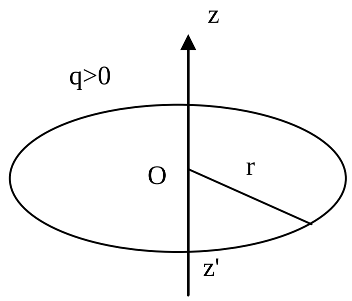


Fig. 20.a

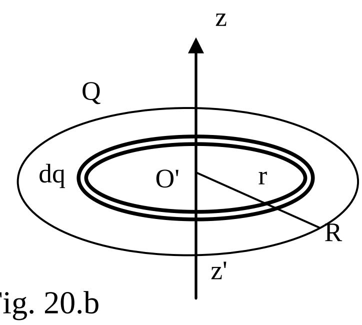


Fig. 20.b

1) Déterminer l'expression du champ électrique $\vec{E}(z)$ que la boucle produit le long de l'axe *z'Oz* perpendiculaire à son plan.
2) Déterminer l'expression du potentiel électrique *V(z)*, en utilisant :

a- le calcul direct.

b- l'expression du champ$\vec{E}(z)$.

3) En appliquant les résultats de la boucle à une couronne d'épaisseur *dr* et de charge *dq*, calculer le potentiel $V(z)$ créé par le disque sur l'axe *z'Oz*. En déduire le vecteur champ électrique
4) Etudier le cas d'une répartition uniforme sur un plan infini ($R \to \infty$).

Théorème de Gauss

Exercice 2.21: (C)

Calculer le flux du champ électrique$E$ à travers les surfaces fermées$S$dans les cas suivants:
1. S est une sphère de rayon *r* et le champest radial et constant sur la sphère (figure 21.a).
2. S est uncylindre, y compris ses deux bases, de rayon *r* et de hauteur *L*,et le champ est :
a)partout perpendiculaire à l'axe du cylindre, et constant sur sa surface latérale (figure 21.b),
b)partout parallèle à l'axe du cylindre, et vaut E_1 sur une base et E_2 sur l'autre. Considérer les cas particuliers $E_1 = E_2$ et $E_1 = -E_2$ (figure 21.c).

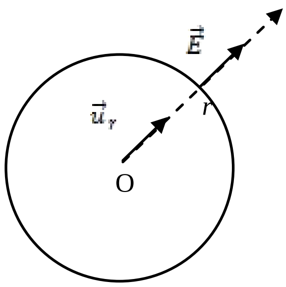


Fig. 21.a

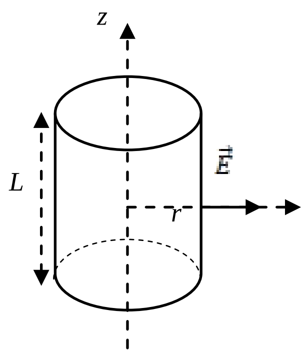


Fig. 21.b

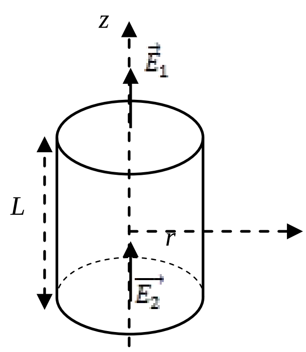


Fig. 21.c

Exercice 2.22:

Deux sphères concentriques de rayons R et $3R$, de charges Q_1 et Q_2, positives et uniformément réparties en surface (figure 222), créent un champ électrostatique$\vec{E}(r)$.

1) En utilisant le théorème de Gauss, déterminer l'expressiondu champ dans les régions

- **a-** $R \leq r \leq 3R$
- **b-** $r \geq 3R$

2) Retrouver ces résultats en appliquant le principe de superposition et l'expression du champ créé par une sphère uniformément chargée en surface.

3) On mesure $E(2R) = E(4R)$:

- **c-** Comparer les charges des 2 sphères.
- **d-** Tracer l'allure du graphe de Een fonction de r.

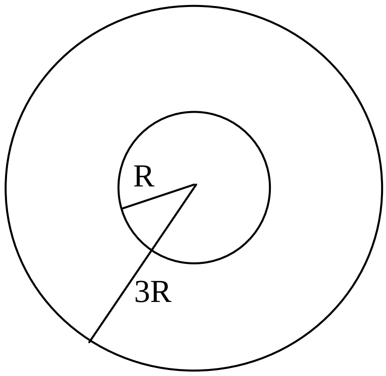


Fig. 22

Exercice 2.23: **(*)**

Deux sphères S_1 et S_2, concentriques, creuses, d'épaisseurs négligeables et de rayons respectifs R_1 et R_2, sont chargées uniformément en surface avec des densités respectives $(+4\sigma)$ et $(-\sigma)$ (figure 23).

1) Calculer la charge Q_1 et Q_2 portée par chacune des 2 sphères.

2) En déduire le champ électrique $\vec{E}$ (r) dans les régions A, B et C (A : $r \leq R_1$; B : $R_1 \leq r \leq R_2$; C : $r \geq R_2$).

3) Soit un point M situé à 15cm du centre O des 2 sphères. Le potentiel électrique créé en M par ces 2 sphères est de 12 Volts. Déterminer les expressions du potentiel électrique dans les régions A, B et C.

a) Quelle est la forme des surfaces équipotentielles dans les régions A, B et C?

b) En déduire les positions r_1 et r_2 des équipotentielles $V_1 = 24$ Volts et $V_2 = 6$ Volts. Conclusion. (On donne : $R_2=2R_1=20$ cm et $\sigma=10^{-8}/4\pi$ C/m^2)

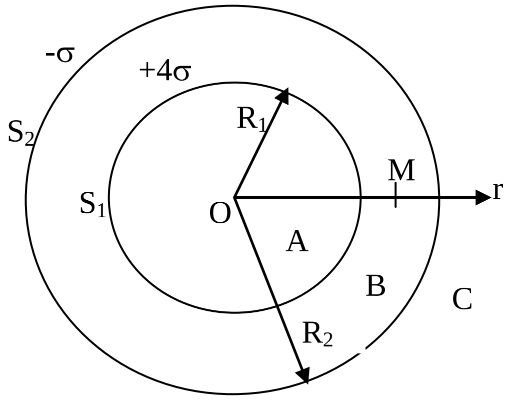


Fig. 23

Exercice 2.24: **(*)**

Soient deux plans infinis parallèles et chargés en surface avec des densités respectives 2σ et σ ($\sigma < 0$) (figure 24).

l) En utilisant le théorème de Gauss, déterminer le champ électrique $\vec{E}$ dans les régions A, B et C.

2) Retrouver ces résultats en appliquant le principe de superposition et l'expression du champ créé par un plan infini.

3) On place un dipôle $\vec{p}$ successivement dans ces 3 régions avec une orientation arbitraire θ.

a) Déterminer l'énergie potentielle du dipôle, dans les 3 régions, en fonction de σ, θ et $\vec{p}$.

b) En déduire, pour chaque région, les positions d'équilibre stable et instable.

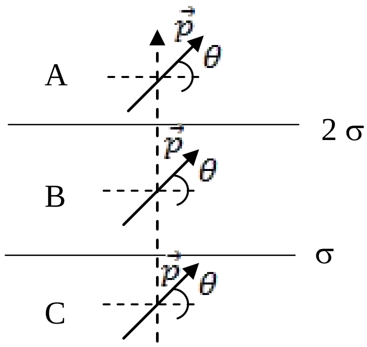


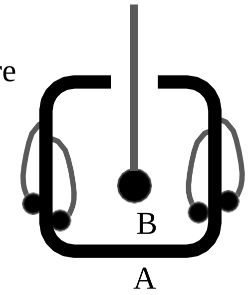
Fig. 24

Faculté de Physique, USTHB **Année Universitaire 2019-2020**
$1^{ère}$ Année LIC.ST

Série 3 : Conducteurs en équilibre

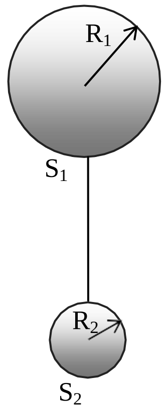
Exercice 3.1 :

De petits pendules métalliques sont fixés aux parois intérieure et extérieure d'un conducteur creux A, initialement neutre. Un deuxième conducteur B, chargé, est introduit dans A en le tenant par un manche isolant et on réalise le contact.



Représentez, qualitativement, les nouvelles positions prises par les pendules.
Obtient-on un résultat différent si on réalise le contact sur la paroi extérieure du conducteur A?

Exercice 3.2 :



Une sphère métallique S_1 de rayon R_1=9 cm porte la charge positive $Q_1=10^{-8}C$.
1) Quels sont la capacité C_1 et le potentiel V_1 de S_1 ?
2) On relie S_1 à une autre sphère métallique S_2 neutre, de rayon R_2=1cm, par un fil conducteur long et fin. S_2 est suffisamment éloigné de S_1 pour négliger l'influence mutuelle entre S_1 et S_2. Les charges superficielles sur le fil fin sont supposées négligeables.
Calculez à l'équilibre, les charges Q_1 et Q_2 portées par les deux sphères et la valeur du champ électrique au voisinage de chaque sphère.

Exercice 3.3 :

Soit une sphère conductrice, de rayon R=9cm, portant une charge $Q=10^{-9}$C.
1) Calculez son énergie interne.
2) On décharge cette sphère en la reliant à la terre par un fil conducteur. Que devient l'énergie préalablement emmagasinée?
Cette sphère avait été chargée à l'aide d'un générateur de f.e.m. constante V=100volt. Quelle est l'énergie fournie par le générateur? La retrouve-t-on sous forme d'énergie potentielle? Expliquez.

Exercice 3.4 :

On considère une charge ponctuelle q positive placée au centre d'une sphère conductrice creuse, de rayon interne R_i et externe R_e.
Déterminer la charge sur les surfaces intérieure et extérieure de la sphère dans chacun des cas suivants :

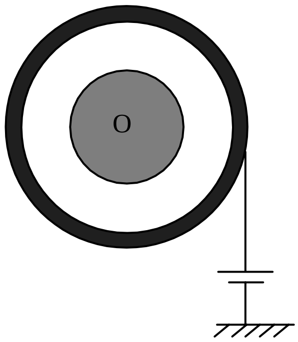
a) La sphère est initialement neutre et elle est reliée à la terre.
b) La sphère est initialement isolée et neutre.
c) La sphère est initialement isolée et porte une charge Q.

Exercice 3.5 :

Deux sphères métalliques A et B, de rayons a et b, portent des charges Q_a et Q_b et sont placées à une distance d l'une de l'autre.
1) Représentez qualitativement la distribution des charges sur chacune des deux sphères.
2) Peut-on calculer le potentiel électrique créé au milieu du segment joignant les centres des deux sphères? Quelle hypothèse doit-on faire pour envisager ce calcul?
Dans ce cas, déterminer ce potentiel électrique et ceux des deux sphères compte tenu des données suivantes: a=b=3cm, d=2m, $Q_a=10^{-8}$C et $Q_b=-3\ 10^{-8}$C.

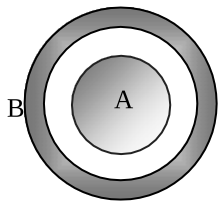
3) On relie la sphère B au sol, reprendre dans ce cas, les mêmes questions après avoir déterminé la nouvelle valeur de Q_b.

Exercice 3.6 :



Une sphère conductrice S_1 de centre O et de rayon R_1= 9cm isolée, porte la charge $Q_0=10^{-8}$C.
1) Calculer son potentiel V_0 et son énergie interne.
On entoure S_1 d'une deuxième sphère S_2 conductrice de centre O, de rayon intérieur R_1=10 cm et extérieur R_3=12cm. La sphère S_2 est reliée à un générateur de ddp V_2=1200V (figure ci-contre)
2) Déterminer les charges Q_1 portée par S_1 et les charges Q_2 et Q_3 portées respectivement par les surface interne et externe de S_2.
3) Déterminer le vecteur champ E en tout point M de l'espace.
4) Déterminer le potentiel V(r) en tout point M de l'espace. En déduire la charge Q_3 portée par la surface externe de S_2.
5) Etablir en fonction de R_1 et R_2 l'expression de la d.d.p V_2-V_1 entre les deux sphères. En déduire la capacité du condensateur ainsi formé.
6) Calculer le potentiel V_1 de la sphère S_1.
7) On relie S_1 au sol. Déterminer les nouvelles charges qui apparaissent sur S_1 et sur les surfaces interne et externe de S_2.

Exercice 3.7 :



1) Quelle est la charge Q_1 d'une sphère métallique *A* de rayon R_1=6cm lorsqu'elle est portée au potentiel V_0=45000 volts ? La sphère est supposée isolée.
2) On entoure la sphère *A* par une autre sphère métallique creuse *B* concentrique, de rayon interne R_2=12cm et externe R_3=15cm, initialement neutre (figure ci-contre).
a) Quelles sont les charges portées par les surfaces interne et externe de la sphère *B* ?
b) En déduire les potentiels V_A et V_B des deux sphères.
c) Déterminez et représentez graphiquement le potentiel *V(r)* et la norme du champ *E(r)* en tout point *M* de l'espace, tel que *OM =r*.
3) Quel est le nouveau potentiel V_A de *A* si la sphère *B* est reliée à la terre?

Exercice 3.8 :

Un condensateur plan idéal est formé de deux plaques rectangulaires identiques de surface S=200cm^2 et distantes de $e_0=0{,}4cm$. On applique entre les deux armatures une d.d.p. V_0=100 V.
1) Calculez:
a) la charge Q du condensateur,
b) l'énergie potentielle emmagasinée,
c) la force agissant sur chacune des armatures.
2) On isole le condensateur de la source. Une des armatures étant fixe, on approche l'autre jusqu'à e_1 ($e_0 > e_1$), (Fig. 1).
Expliquez qualitativement, les phénomènes qui se produisent au cours de ce déplacement (transport de charge, variation de potentiel, de capacité,.)
Montrez, à travers un bilan précis, que le principe de conservation de l'énergie est vérifié.

3) On réalise maintenant le même déplacement tout en gardant le générateur branché au condensateur (Fig.2). Mêmes questions que précédemment (ne pas oublier de tenir compte dans le bilan énergétique, l'énergie mise en jeu dans le générateur)

4) Refaire les bilans d'énergie des questions 2 et 3, dans le cas d'un déplacement $e_1 > e_0$.

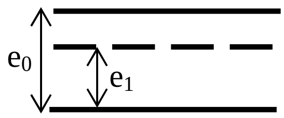


Fig. 1

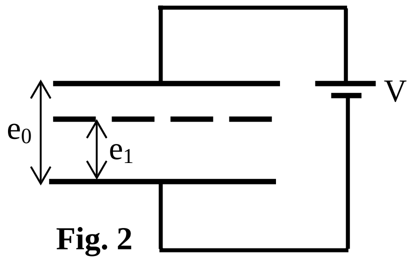


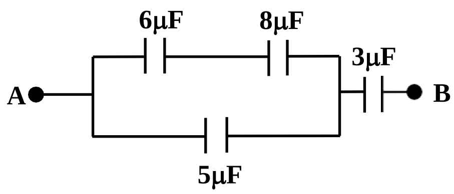
Fig. 2

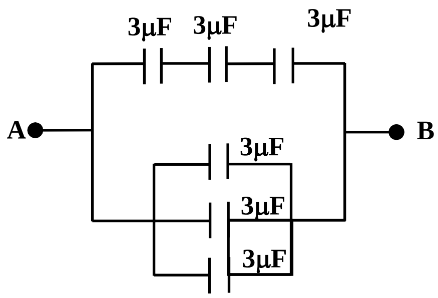
Exercice 3.9 :

Deux associations de condensateurs sont représentées ci-dessous.

1) Calculez les capacités équivalentes aux deux associations.

2) Dans chacun des cas, on applique entre A et B une d.d.p de 1000 V puis on débranche la source et on réalise un court-circuit entre A et B. Calculez la quantité de charge qui a circulé et l'énergie libérée durant cette opération.





Exercice 3.10:

Deux disques métalliques A et B de rayon R=0,3m, distants de d=2,5mm, constituent les armatures d'un condensateur plan (Fig. a).

1) Quelles sont la capacité C et la charge Q de ce condensateur quand il est soumis à une différence de potentiel V_A-V_B =500 V ?

2) On isole le condensateur P. Une feuille métallique circulaire M initialement neutre, de même rayon R=0,3m et d'épaisseur e=1mm est introduite dans le condensateur, parallèlement aux armatures, à la distance d_1 du disque A (Fig. b).

Quelles sont les charges portées par les deux faces de la feuille métallique?

3) Quelle est la force électrostatique résultante agissant sur M ?

4) Calculez la capacité C du condensateur équivalent à l'ensemble. En déduire la nouvelle d.d.p. $V_A - V_B$ entre les armatures A et B.

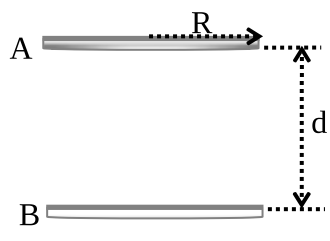


Fig. a

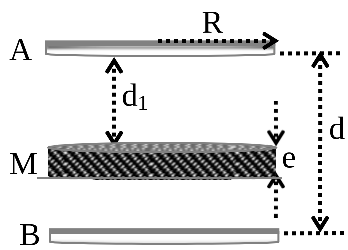
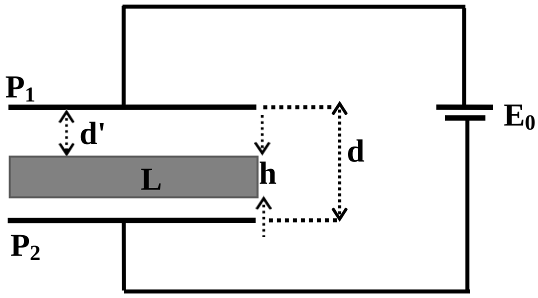


Fig. b

Exercice 3.11:

Un condensateur plan idéal formé par deux armatures P_1 et P_2 conductrices séparées par du vide d'épaisseur d=0.3mm. La surface de chaque armature est S=226cm^2.



1) Le condensateur est branché à un générateur de f.e.m E_0= 120V.

a) Retrouvez l'expression de la capacité du condensateur plan et la calculer.

b) Calculez la charge portée par chaque armature ainsi que l'énergie emmagasinée par le condensateur.

c) Déterminez les forces qui s'exercent sur chaque armature.

2) On introduit parallèlement entre les armatures une plaque conductrice (L), neutre, de même dimensions et d'épaisseur h (figure ci-contre).

Le générateur étant branché:

a) Expliquez qualitativement ce qui se passe et représenter la nouvelle répartition des charges.

b) Donnez l'expression de la capacité équivalente du système.

c) Quelle est l'épaisseur h de la plaque si la capacité équivalente vaut 1µF?

Exercice 3.12:

Un cylindre C_1 métallique de rayon R_1 et de longueur L, est relié à la terre.

1) Quelle est la charge portée par ce cylindre ?

On introduit à l'intérieur du cylindre C_1 un deuxième cylindre C_2 métallique de rayon R_2, de même longueur L, coaxiale et portant une charge +Q (figure ci-dessous).

2) Représentez la répartition des charges sur les deux cylindres.

3) Déterminez le champ électrique dans les trois régions limitées par ces deux cylindres.

4) En déduire le potentiel électrique dans les trois régions.

5) En déduire la capacité du condensateur formé par ces deux cylindres.