UNIVERSITÉ ZIANE ACHOUR – DJELFA
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DÉPATEMENT DU TRONC COMMUN 1ère ANNÉE ST

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

FICHE DU MODULE

Filière : LMD ST	Semestre : S2 (L1)
Intitulé du module : PHYSIQUE II	Acronyme du module : PHYS2
Unité : Fondamentale	Acronyme de l'unité : UEF21
Cours : 03 Heures/semaine	TD : 01 Heure 30 min/semaine
Crédits : 06	Coefficient : 03

PROGRAMME

Chapitre 1 : Electrostatique *(6 semaines)*
- Force de Coulomb.
- Champ et potentiel crée par une charge ponctuelle.
- Travail de la force électrostatique.
- Champ et potentiel crée par une distribution discrète de charges.
- Champ et potentiel crée par une distribution continue de charges.
- Théorème de Gauss.
- Application du théorème de Gauss dans le calcul du champ électrostatique.

Chapitre 2 : Conducteurs en équilibre électrostatique *(3 semaines)*
- Définition et propriétés d'un C.E.E.
- Capacité propre et énergie potentielle d'un conducteur isolé.
- Phénomènes d'influence entre conducteurs en équilibre.
- Condensateurs : capacité et énergie propre.
- Association de condensateurs.

Chapitre 3: Conduction électrique *(2 semaines)*
- Rupture de l'équilibre électrostatique.
- Courant et densité de courant.
- Lois d'Ohm et loi de Joule.
- Association de résistances.

Chapitre 4: Etude de quelques réseaux simples *(2 semaines)*
- Générateurs.
- Lois de Kirchhoff.
- Circuit RLC.

Résumé du cours

ELECTROSTATIQUE

INTERACTION ELECTRIQUE – LOI DE COULOMB

Force électrique s'exerçant entre deux charges q_1 et q_2 dans le vide :

$$\boxed{\vec{F} = \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\frac{q_1.q_2}{r^2}\vec{u}_r} \qquad \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0} = 9.10^9 [MKSA]$$

CHAMP ET POTENTIEL ELECTROSTATIQUE

Champ crée par une charge q₁ en un point $\rho = r\ \upsilon_r$ $\qquad \vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\frac{q_1.}{r^2}\vec{u}_r$

Potentiel de la charge q_1 au point $\rho = r\ \upsilon_r$ $\qquad V(r) = \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\frac{q_1.}{r}$

Force appliquée à une charge q_2 placée en ρ $\qquad \vec{F} = q_2.\vec{E}(\vec{r})$

Energie potentielle d'une charge q_2 placée en ρ $\qquad U = q_2.V(r)$

1ère Année TC.ST: Electricité

SERIE DE TD N° 01

EXERCICE 01:

Calculez la force électrostatique qui s'exerce entre un électron et un proton séparés par une distance a_0 dans l'atome d'Hydrogène.
Comparer cette force avec la force d'attraction universelle de masse.
Comparer cette force avec l'attraction terrestre exercée sur l'électron et le proton.

On donne : $e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C ; $m_{e^-} = 9{,}1\ 10^{-31}$ kg ; $m_p = 1{,}672\ 10^{-27}$ kg ; $g = 9{,}81$ ms^{-2}
$G = 6{,}67\ 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2} ; $a_0 = 0{,}53\ 10^{-10}$ m ; $K = 9\ 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

EXERCICE 02:

On met en contact deux sphères conductrices identiques portant initialement la charge q_1 et q_2, puis on les séparent. Calculer les nouvelles charges des sphères dans les cas suivants :

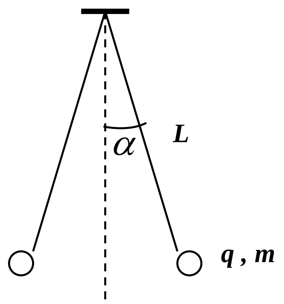
a) $q_1 = 3\ 10^{-8}$ C , $q_2 = 0$ C
b) $q_1 = 30$ nC , $q_2 = 8\ 10^{-8}$ C
c) $q_1 = 0{,}03$ μC , $q_2 = -8\ 10^4$ pC

EXERCICE 03:

soit deux charges ponctuelles ayant la même valeur et le même signe, et séparés par une distance de 10 cm.
Calculer leur charge, sachant que la force qui s'exerce entre eux est de $5\ 10^{-4}$ N.

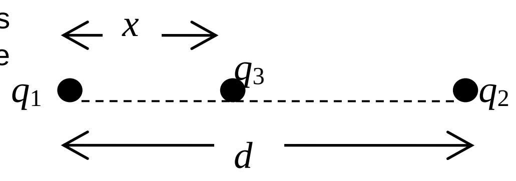
EXERCICE 04:

Considérons deux sphères identiques de masse m chacune et portant la même charge q, elles sont suspendues par deux fils de même longueur comme le montre la figure ci-contre.
Calculer la charge q en fonction de la longueur L de la masse m et de l'angle d'écartement α (dans le cas où α est très petit)
A.N. : $m = 0{,}01$ kg ; $L = 1$ m ; $\alpha = 5{,}7°$



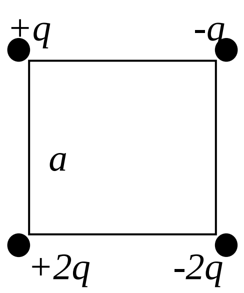
EXERCICE 05:

Une charge $q_3 = q$ a été placée entre deux autres charges $q_1 = q$ et $q_2 = q/9$, q_1 et q_2 étant séparées par une distance d .
Calculer en fonction de x la force totale appliquée à q_3 .
Calculer la position d'équilibre x_0 de la charge q_3 .



EXERCICE 06:

Nous disposons quatre charges sur les sommets d'un carré de coté a.
Calculer la résultante des forces appliquée à la charge $+2q$.



EXERCICE 07 (*):

Même schéma que l'exercice 06.
Quelle est la force appliquée (module et direction) à une charge $+q$ si nous la plaçons au centre du carré ?

Résumé du cours

ELECTROSTATIQUE

CHAMP ET POTENTIEL CREE PAR :

distribution discrète de charges q_i : $\boxed{\vec{E}(\vec{r})=\sum_i \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\frac{q_i.}{r_i^2}\vec{u}_i}$ $V(r)=\sum_i \frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\frac{q_i.}{r_i}$

distribution continue (<u>et uniforme</u>) de charges :

a- *<u>distribution linéique :</u>* $\lambda=\frac{dq}{dl}=\frac{Q}{L}$ (λ = densité de charge linéique)

$\boxed{\vec{E}_L(\vec{r})=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\lambda.\int_L \frac{\vec{r}}{r^3}dl}$ $V_L(r)=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\lambda.\int_L \frac{1}{r}dl$

b- *<u>distribution surfacique :</u>* $\sigma=\frac{dq}{ds}=\frac{Q}{S}$ (σ = densité de charge surfacique)

$\boxed{\vec{E}_S(\vec{r})=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\sigma.\iint_S \frac{\vec{r}}{r^3}ds}$ $V_S(r)=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\sigma.\iint_S \frac{1}{r}ds$

c- *<u>distribution volumique :</u>* $\varphi=\frac{dq}{d\tau}=\frac{Q}{\tau}$ (φ = densité de charge volumique)

$\boxed{\vec{E}_\tau(\vec{r})=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\varphi.\iiint_\tau \frac{\vec{r}}{r^3}d\tau}$ $V_\tau(r)=\frac{1}{4\pi.\varepsilon_0}\varphi.\iiint_\tau \frac{1}{r}d\tau$

1ère Année TC.ST: Electricité

SERIE DE TD N° 02

EXERCICE 01:

Soit quatre charges de même valeur q situées sur les sommets d'un carré de côté a .

1. Trouver le champ électrique crée au point O (centre du carré).
2. Calculez le potentiel au point O.

EXERCICE 02(*):

Trois charges $q_1 = q$, $q_2 = -q$, $q_3 = q$ sont placées dans le plan (OXY) suivant les coordonnées respectives : $A_1(a,0)$, $A_2(0,0)$, $A_3(-a,0)$.

1. Calculer le potentiel électrique crée par ces charges au point $M(0, y)$.
2. Calculer les champs électriques E_1 , E_2 , E_3 au point $M(0, y)$.
3. En déduire le champ électrique total en ce point.
4. Retrouver la valeur du champ électrique à partir du potentiel calculé en 1.
5. calculer l'énergie potentielle électrique d'une charge q posée en M (avec $y = a$)
6. Calculer l'énergie potentielle interne du système composé de ces trois charges.

EXERCICE 03:

On dispose quatre charges ponctuelles $q_1 = q_2 = -q/2$; $q_3 = q_4 = q$. au points suivants : $A_1(a,0,0)$, $A_2(-a,0,0)$, $A_3(0,a,0)$, $A_4(0, -a,0)$.

- Calculer le potentiel électrique au point $M(0, 0, z)$ tel que (z >0).
- Calculer le champ électrique au point $M(0, 0, z)$ tel que (z >0).

A.N : a = 6 cm ; $q = 8\ 10^{-10}$ C ; $z = a\sqrt{3}$

EXERCICE 04:

1. Calculez le champ électrique crée au point M par deux charges identiques $Q/2$ placées aux points A et B séparées par une distances $2a$, comme le montre la *figure 1*.
2. Calculez le champ crée au point M par une charge Q distribuée uniformément sur un segment de droite de longueur $2a$ (densité de charge $\lambda > 0$), comme le montre la *figure 2*.
3. Comparez les deux résultats dans les cas où y >> a et y = a.

Figure 1

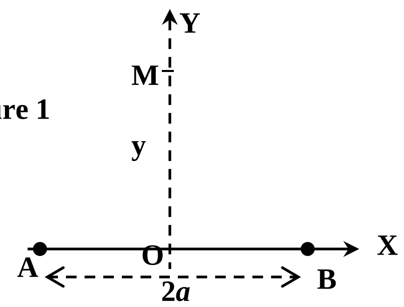
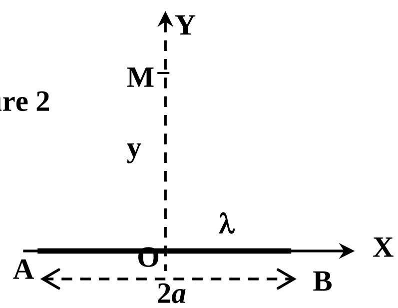


Figure 2



EXERCICE 05:

Trouvez les vecteurs du champ électrique à partir des potentiels électriques suivants :

1. $V(r) = a.(x^2 - y^2)$
2. $V(r) = a.x.y$
3. $V(r) = a.(x^2 + y^2) + b.z^2$
4. $V(r) = \vec{a} \bullet \vec{r}$

a et b sont des constantes

$\vec{r} = x.\vec{e}_x + y.\vec{e}_y + z.\vec{e}_z$

$\vec{a} = a_x.\vec{e}_x + a_y.\vec{e}_y + a_z.\vec{e}_z$

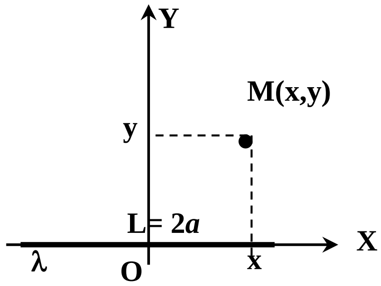
EXERCICE 06:

Trouvez les potentiels électriques à partir des vecteurs champs électriques suivants :

1. $\vec{E} = a.(y.\vec{e}_x + x.\vec{e}_y)$ avec $V(1,1) = 0$
2. $\vec{E} = a.y.\vec{e}_x + (a.x + b.z).\vec{e}_y + b.y.\vec{e}_z$ avec $V(1,3,1) = 0$

EXERCICE 07:

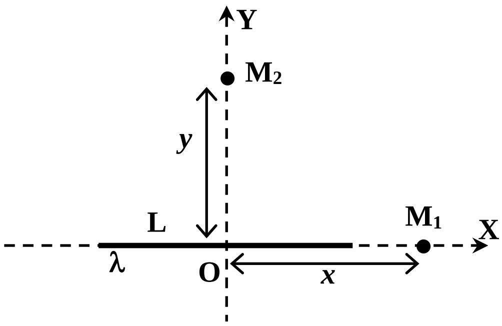
Considérons un segment de droite de longueur $L = 2a$ chargée uniformément avec une densité linéique λ.



1. Trouvez le champ électrique produit par cette distribution au point M(x,y).
2. Trouvez le champ électrique en M quand la distance OM est très grande par rapport à L. Comparez cette expression avec le champ produit par une charge ponctuelle située en O.
3. Déterminez la direction du champ quand OM est très petit par rapport à L.

EXERCICE 08:

Considérons un segment de droite de longueur L chargée uniformément avec une densité linéique $\lambda > 0$. Figure ci-contre

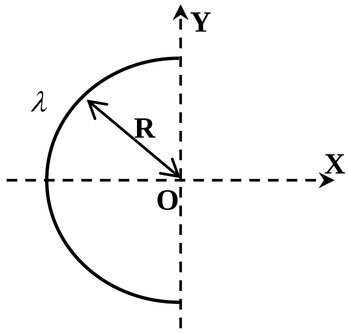


1. Calculer le potentiel crée au point M_1 ($V = 0$ à l'infini).
2. En déduire le champ électrique $E_{M1}(x)$ au point M_1.
3. Que devient $E_{M1}(x)$ quand $x >> L$.
4. Calculez le potentiel au point M_2.

On donne $\int \frac{dz}{\sqrt{z^2 + c^2}} = \ln\left(z + \sqrt{z^2 + c^2}\right)$

EXERCICE 09:

Calculez le champ électrique crée par une droite infinie ayant une distribution linéaire λ uniforme ($\lambda > 0$), au point située à une distance d de la droite.



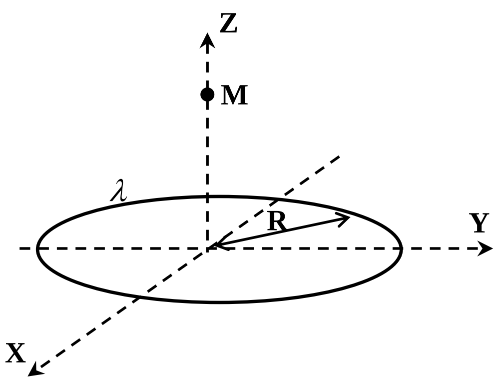
EXERCICE 10:

Soit une distribution uniforme de charges λ en forme d'un demi cercle de rayon R.

Calculer l'expression du champ électrique créée au point O.

EXERCICE 11:

Une distribution de charges λ uniforme et circulaire de rayon R est contenu dans le plan XOY comme le montre la figure ci-contre.



1. Trouvez l'expression du champ électrique crée au point M.
2. Que devient cette expression quand $z >> R$.
3. Quelle est la valeur maximale du champ électrique sur l'axe

Résumé du cours

ELECTROSTATIQUE

Théorème de GAUSS :

$$\boxed{\Phi = \iint_S \vec{E} \bullet d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{intérieures}}}{\varepsilon_0}}$$

Comment appliquer le théorème de GAUSS

1. Ecrire la relation $\Phi = \iint_S \vec{E} \bullet d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{interieures}}}{\varepsilon_0}$
2. Choisir la surface de GAUSS qui respecte la symétrie de la distribution
   - Soit $\vec{E}$ est parallèle à la surface ($\vec{E} \perp d\vec{S}$) $\Rightarrow$ $\vec{E} \bullet d\vec{S} = 0$
   - Soit $\vec{E}$ est perpendiculaire à la surface ($\vec{E} \; // \; d\vec{S}$) **et** $E = Cte$ $\Rightarrow$ $\iint_S \vec{E} \bullet d\vec{S} = E.S$
3. Calculer les charges q_{int} à l'intérieur de la surface de GAUSS.

Tableau récapitulatif : *Champ créé par un(e)*

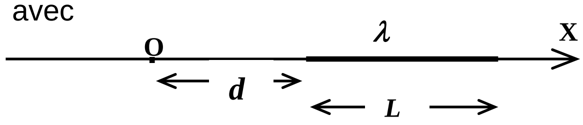
	A l'intérieur	**A l'extérieur**
Droite infinie (λ)		
Plan infini (σ)		
Cylindre infini creux (R,σ)		
Cylindre infini plein (R,ρ)		
Sphère creuse (R,σ)		
Sphère pleine (R,ρ)		

1ère Année TC.ST: Electricité

SERIE DE TD N° 03

EXERCICE 01:

Soit une tige droite de longueur L placée sur l'axe (OX), comme le montre la figure ci-contre. La tige est chargée avec une densité λ variable donnée par la loi :



$$\lambda(x) = \frac{\lambda_0(x-d)}{d}$$

Tel que d est la distance entre le bout de la tige et l'origine, et λ_0 est constante.

1. Trouver le champ électrique crée au point O (Origine).

EXERCICE 02:

Un anneau circulaire de rayon R et de centre O est placé dans le plan XOY. On charge l'anneau avec une densité linéaire λ tel que :

$$\lambda = \lambda_0.\sin(\theta)$$

Trouvez l'expression du champ électrique crée au point $M(0,0,z)$.

EXERCICE 03:

1. Trouvez le champ crée par un disque ayant une charge positive distribuée uniformément sur toute sa surface (σ = densité surfacique), en un point se trouvant à une hauteur h au dessus de son centre.
2. En déduire le champ crée par un plan infini chargée avec la même densité σ, en un point ayant une distance h par rapport au plan.

EXERCICE 04:

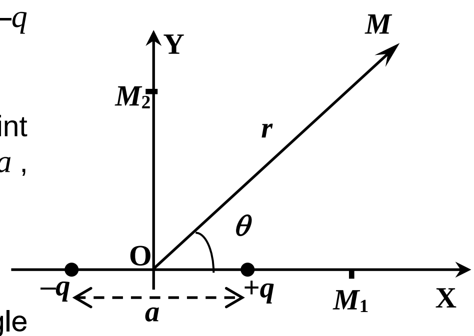
Un disque, de centre O de rayon intérieur R_1 et de rayon extérieur R_2, est chargée d'une densité surfacique σ et placé dans le plan (XOY).

1. Trouvez la charge totale Q en fonction de σ, R_1 et R_2 .
2. Calculez le potentiel crée au point $M(0,0,z)$.
3. En déduire le champ $E_M(z)$ créé par le disque en un point situé sur l'axe (OZ).

EXERCICE 05 (*):

I. Un dipôle électrique est constitué de deux charges $+q$ et $-q$ séparées par une distance a.

$\vec{a}$ est le vecteur de module a et dirigé de $-q$ vers $+q$.



1. Montrez que le potentiel électrique crée par le dipôle au point M situé à une distance r du centre du dipôle, tel que $r >> a$, est donné par :

$$V(\vec{r}) = K\frac{p.\cos(\theta)}{r^2}$$

2. Avec $\vec{p} = q.\vec{a}$ est le moment dipolaire, et θ est l'angle compris entre OM et π.
3. En déduire les composantes du vecteur champs électrique au point $M(r,\theta)$ dans le système de coordonnées cylindriques.
4. Trouver le vecteur champ électrique au points $M_1(r=R\ ,\ \theta=0)$ et $M_2(r=R\ ,\ \theta=\pi/2)$.

II. On place un autre dipôle $\vec{p}\,'$ au point M_1 . tel que π et $\vec{p}\,'$ sont parallèles et dans le même sens.
1. Trouvez l'énergie potentielle *U*' du dipôle $\vec{p}\,'$ dans le champs crée par π.
2. Même question quand on place $\vec{p}\,'$ au point M_2.

EXERCICE 06:

En utilisant le théorème de GAUSS trouver le champ électrique crée par :
- Une distribution rectiligne infinie de densité λ ,en un point situé à une distance d de la droite.
- Une distribution plane infinie de densité σ, en un point situé à une distance d du plan.

EXERCICE 07:

Soit un cylindre creux de rayon R et de longueur infinie chargé avec une densité surfacique (σ), calculer le champ électrique en un point M situé à une distance d de l'axe du cylindre quand :
- M se trouve à l'intérieur du cylindre.
- M se trouve à l'extérieur du cylindre.

Mêmes questions pour un cylindre plein de rayon R et de longueur infinie chargé avec une densité volumique (ρ).

EXERCICE 08:

Soit une sphère creuse de rayon R chargée avec une densité surfacique (σ), calculer, en fonction de la charge totale Q de la sphère, le champ électrique en un point M situé à une distance r de son centre quand :
- M se trouve à l'intérieur de la sphère.
- M se trouve à l'extérieur de la sphère.

Mêmes questions pour un une sphère pleine de rayon R chargée avec une densité volumique (ρ).

EXERCICE 09:

Une sphère pleine de rayon a porte une charge positive $2Q$ distribuée uniformément sur tout son volume. On la place au centre d'une coquille sphérique de rayon intérieur b et de rayon extérieur c , et portant une charge $-Q$ distribuée uniformément sur tout son volume
1. En utilisant le théorème de GAUSS calculez le champ électrique en tout point de l'espace.
2. En déduire le potentiel électrique en tout point de l'espace (sachant qu'il est nul à l'infini)