

Nom : Roger Prénom: Mathis colle du: 10-12\_24

	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	0	10	3,3	8,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	1			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	9

**Remarques : Il faut démontrer que tu connais ton cours. Sur cette colle, je t'ai trouvé en difficulté pour restituer ton cours\*\*2 !!!!!!!**

Colle epac.

ENAC-PHY 2019 Questions 13 à 18 : force et énergie potentielle électrostatiques

On propose ici quelques considérations élémentaires d'électricité atmosphérique. La résolution de cet exercice ne requiert pas de connaissances particulières, hormis les notions de force et d'énergie électrostatiques exigées par le programme. Toutes les grandeurs électriques dont il est question dans cet exercice sont supposées indépendantes du temps. Les charges électriques, de valeurs constantes, sont considérées ponctuelles.

- On assimile la Terre à une boule solide de rayon  $R_T = 6000$  km et de centre  $T$ . On suppose qu'elle porte une charge électrique  $Q = -500$  kC ponctuelle, localisée en  $T$ . On s'intéresse à la valeur  $E_T$ , au niveau du sol, du champ électrique dû à cette charge. Pour cela, on précise que, si une charge électrique  $q$  exerce une force électrostatique de valeur  $F_T$  sur une autre charge électrique  $q_0$ , alors cette dernière est soumise à un champ électrique de valeur  $E_T = \frac{F_T}{q_0}$ . Exprimer  $E_T$  puis calculer sa valeur. On donne  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$  SI (SI = Système International des unités), où  $\epsilon_0$  est la permittivité diélectrique du vide. A)  $E_T = \frac{Qq_0}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$  B)  $E_T = \frac{Qq_0}{4\pi\epsilon_0 R_T}$  C)  $E_T = 1$  GV.m<sup>-1</sup> D)  $E_T = 125$  V.m<sup>-1</sup>
- À l'instar du champ de pesanteur, le champ électrique au voisinage du sol peut être considéré localement uniforme (sa valeur ne dépend pas de l'altitude), de direction verticale et orienté vers le bas (verticale descendante). Près du sol, l'atmosphère contient très majoritairement des ions de charge électrique  $q > 0$ . Quel est, dans le référentiel terrestre, le vecteur accélération  $\vec{a}$  d'un ion de masse  $m$ , dont le poids est négligeable, placé dans le champ électrique de valeur  $E_T$ ? Parmi les réponses proposées,  $\vec{e}_z$  est le vecteur unitaire orienté vers le haut (sens de la verticale ascendante). A)  $\vec{a} = -\frac{qE_T}{m} \vec{e}_z$  B)  $\vec{a} = \frac{qE_T}{m} \vec{e}_z$  C)  $\vec{a} = \vec{0}$  D)  $\vec{a} = -\frac{qE_T}{m} \vec{e}_z$
- Le mouvement vertical des ions positifs précédents définit un courant électrique. La valeur moyenne de ce courant est de  $2 \times 10^{14}$  A par mètre carré de surface terrestre. En considérant la totalité de la surface terrestre, quel est l'ordre de grandeur de la durée  $\Delta t$  au bout de laquelle la charge positive transportée par ce courant est égale à  $|Q|$ ? A)  $\Delta t = 10$  s B)  $\Delta t = 10$  min C)  $\Delta t = 100$  min D)  $\Delta t = 10$  h
- Les résultats précédents indiquent que la charge électrique de la Terre serait complètement neutralisée en peu de temps s'il n'existait pas un mécanisme de recharge. Ce sont les orages qui, en jouant le rôle de batterie électrique, permettent de maintenir une valeur de  $Q$  quasi constante. On se propose de déterminer quelques ordres de grandeurs caractéristiques qui interviennent dans un nuage d'orage. Pour cela, on peut modéliser grossièrement un tel nuage par un ensemble de deux charges ponctuelles, disposées verticalement, l'une négative  $Q_a = -40$  C proche de la base du nuage et l'autre positive  $Q_b = 40$  C à plus haute altitude. Sachant que ces deux charges sont distantes de  $d = 5$  km, exprimer le vecteur force électrostatique  $\vec{F}_a$  qu'exerce la charge négative  $Q_a$  sur la charge positive  $Q_b$ , puis calculer sa norme  $F_a$ . Parmi les réponses proposées,  $\vec{e}_z$  est le vecteur unitaire orienté vers le haut (sens de la verticale ascendante),  $z_a$  la coordonnée verticale de la charge  $Q_a$ , et  $z_b$  celle de la charge  $Q_b$ . A)  $\vec{F}_a = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 (z_b - z_a)^2} \vec{e}_z$  B)  $\vec{F}_a = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 (z_b - z_a)} \vec{e}_z$  C)  $F_a = 6 \times 10^5$  N D)  $F_a = 6 \times 10^8$  N
- Quelle est l'expression de l'énergie potentielle  $e_{p,a}$  de la charge  $Q_b$  soumise à la force électrostatique de la part de la charge  $Q_a$ ? On prendra comme origine des énergies potentielles la configuration où les charges sont à des distances mutuelles infinies. Sachant que la production annuelle moyenne de puissance électrique en France était, en 2016, d'environ 150 GW (données officielles d'EDF), quel est le rapport  $\alpha = \frac{e_{p,a}}{150 \text{ GW}}$  entre la valeur de  $e_{p,a}$  et la valeur de l'énergie  $e_{p,a}$  produite en une seconde sur le réseau électrique français. A)  $e_{p,a} = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 d}$  B)  $e_{p,a} = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 d^2}$  C)  $\alpha = 0,02$  D)  $\alpha = 0,2$
- Le nuage d'orage précédent présente une tension électrique  $U$  entre la base et son sommet que l'on peut écrire  $U = \frac{2Qz_b}{4\pi\epsilon_0 d}$ . Calculer  $U$  numériquement. En outre, sachant que la valeur  $E_s$  du champ électrique correspondant peut être prise égale à  $\frac{U}{d}$ , quel est le rapport  $\alpha_e = \frac{E_s}{E_T}$  entre  $E_s$  et la valeur  $E_T$  du champ obtenu à la question 13? A)  $U = 1,5$  MV B)  $U = 150$  MV C)  $\alpha_e = 120$  D)  $\alpha_e = 0,1$

Correction.

- Connaissant la force électrostatique de norme  $F_T = \frac{Qq_0}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$ , on en déduit l'expression du champ  $E_T = \frac{F_T}{q_0} = \frac{Qq_0}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$  puis sa valeur numérique  $9 \cdot 10^9 \cdot \frac{500 \cdot 10^3}{(6000 \cdot 10^3)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^5}{36 \cdot 10^{12}} = \frac{45 \cdot 10^{14}}{36 \cdot 10^{12}} = \frac{9 \cdot 10^2}{72} \cdot 10^2 = 1,25 \cdot 10^2 = 125$  V.m<sup>-1</sup> d'où les réponses A) et D).
- La force  $\vec{F}_T = q\vec{E}_T$  exercée sur l'ion est orientée vers le sol puisque la Terre est assimilée à une charge négative et l'ion est positif, on a ainsi  $\vec{F}_T = -qE_T \vec{e}_z$ . Le principe fondamental de la dynamique implique donc une accélération  $\vec{a}$  s'écrivant  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_T}{m} = -\frac{qE_T}{m} \vec{e}_z$ ; c'est la réponse A) qui est juste.
- En appelant  $j = 2 \cdot 10^{14}$  A.m<sup>-2</sup> le courant par unité de surface, la définition de l'intensité du courant électrique nous donne  $\Delta t = \frac{Q}{j} = \frac{500 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{14}} = \frac{5 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^{14}} = \frac{5 \cdot 10^{-9}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-9}$  s soit un peu plus de 500 s donc une dizaine de minutes : réponse B).
- Tout comme la force gravitationnelle, la force électrostatique est inversement proportionnelle au carré de la distance, donc  $F_a = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 (z_b - z_a)^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40^2}{(5 \cdot 10^3)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 16 \cdot 10^4}{25 \cdot 10^6} = \frac{144}{25} \cdot 10^5 = 6 \cdot 10^5$  N d'où les réponses A) et D).
- On cherche  $e_{p,a}$  telle que  $\vec{F}_a = -\text{grad}(e_{p,a}) = -\frac{de_{p,a}}{dz}$  en coordonnées sphériques (mais ici  $r$  est noté  $d$  la distance entre les deux charges et  $\vec{e}_z = \vec{e}_r$ ). En primitivant on a  $e_{p,a} = \frac{2Qz_b}{4\pi\epsilon_0 d} + K$  une constante, et avec la référence prise à l'infini, c'est-à-dire que  $\lim_{d \rightarrow \infty} e_{p,a} = 0$ , on obtient finalement  $K = 0$  et  $e_{p,a} = \frac{Q_a Q_b}{4\pi\epsilon_0 d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^3} = 3 \cdot 10^7$  J, on en déduit la valeur numérique de  $\alpha = \frac{3 \cdot 10^7}{150 \cdot 10^9} = \frac{3}{15000} = 0,02$  : les réponses A) et C) sont donc celles attendues, même si on remarque un problème de signe : comme  $Q_a < 0$  on a  $e_{p,a} < 0$  également et on se doute que le coefficient demandé était  $\alpha = \frac{|e_{p,a}|}{150 \text{ GW}}$ .
- De même on se doute que  $U = \frac{2Qz_b}{4\pi\epsilon_0 d} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 10^3}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 1,5 \cdot 10^4 = 150$  MV; on a également  $E_s = \frac{U}{d} = \frac{1,5 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^3} = 3$  V.m<sup>-1</sup> et finalement  $\alpha_e = \frac{3}{125} = 0,024$  d'où les réponses B) et C).

Nom : Claveau Prénom: Scott colle du: 10-12-24

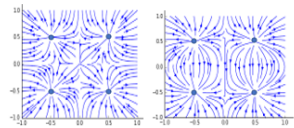
	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	6,7	11,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE	4	2,0	
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1			
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	12

Remarques : Bien pour les symétries, moins bien pour l'exo 2

Exercice 1 : Symétrie de la distribution et symétrie du champ électrique

1) Repérer les différents de plans de symétrie du champ électrostatique sur les cartographies de lignes de champ données ci-dessous, puis identifier la distribution de charges qui en est à l'origine (dans les deux cas il s'agit de 4 charges ponctuelles  $\pm q$  avec  $q > 0$  situées aux points  $O_i$ ) :

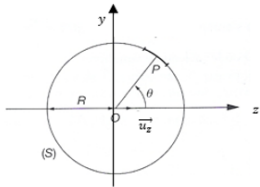


2) Après avoir dessiné une base adaptée en un point  $M$  quelconque de l'espace, repérer les plans de symétrie des distributions de charges ci-dessous puis déterminer la direction du champ électrique  $\vec{E}(M)$ .

- Une sphère de rayon  $R$  uniformément chargée en volume.
- Cylindre de rayon  $R$ , supposé infini et uniformément chargé en surface.
- Plan supposé infini et chargé uniformément en surface.

Exercice 2 : symétrie, charge totale et loi de Coulomb

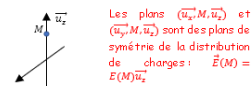
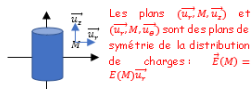
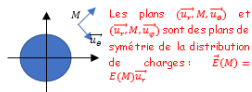
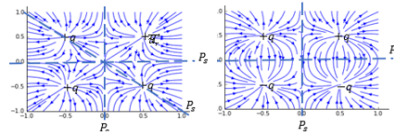
On considère une sphère de centre  $O$  et de rayon  $R$  chargée en surface avec une densité non uniforme donnée par  $\sigma(P) = \sigma_0 \cos \theta$  en posant  $\theta = (\vec{Oz}, \vec{OP})$ .



- Repérer les plans de symétries et d'antisymétrie éventuels
- Calculer la charge totale
- Déterminer la direction du champ électrique en  $O$ .

Exercice 1 : Symétrie de la distribution et symétrie du champ électrique

On repère les plans de symétrie (d'antisymétrie) du champ électrique : également plans de symétrie (d'antisymétrie) des charges ! Et il faut évoquer la divergence des lignes de champ à partir de charges positives pour identifier leur signe.



Exercice

a)  $xoy$  plan d'antisymétrie,  $zoy$  plan de symétrie

b)  $q = 0$

$$c) E(O) = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} \frac{\sigma R^2 \sin\theta \cos\theta d\theta}{4\pi\epsilon_0 R^2} = -2\pi \int_0^{\pi/2} \frac{\sigma \cos\theta \cos\theta}{4\pi\epsilon_0} = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left[ \frac{\cos^2\theta}{2} \right]_0^{\pi/2} = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$$

Nom : Pastouri Prénom: Alix colle du: 01-10-24

	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	5,0	10,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE	4	2,0	
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1			
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	10

Remarques : en 5/2 j'en demande bcp plus ! Tu rencontres des difficultés pour écrire tes démarches et raisonnements

Exercice 1 :

- |   | Vrai                     | Faux                     |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. La circulation du champ électrostatique est toujours nulle.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. On passe du champ au potentiel en dérivant, et du potentiel au champ en intégrant.                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Une valeur de potentiel n'a pas de signification physique, seules les différences de potentiel en ont une. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Les surfaces équipotentielles sont parallèles aux lignes de champ.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Le champ électrostatique est orienté dans le sens des potentiels décroissants.                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Exercice 2 :

On rappelle que le champ électrostatique d'une plaque chargée avec une densité surfacique  $\sigma$  est :

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_z \text{ si } z > 0 \text{ et } \vec{E} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_z \text{ si } z < 0$$

En déduire l'expression du potentiel si  $V(0) = V_0$

Exercice 3 :

Un électron-volt est l'énergie acquise par un électron sous une différence de potentiel de 1V. Quelle est sa valeur en Joule ?

Exercice 1 :

1.	2.	3.	4.	5.
faux	faux	vrai	faux	vrai

- Elle n'est nulle que le long d'une courbe fermée.
- C'est l'inverse.
- Elles sont orthogonales aux lignes de champ en tout point.
- C'est ce qu'indique la relation  $\vec{Z} = -\text{grad}V$ .

Exercice 2 :

$$V = -\frac{\sigma}{\epsilon_0} z + V_0 \text{ si } z > 0 \text{ et } V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} z + V_0 \text{ si } z < 0$$

Exercice 3 :

$$E_p = e\Delta V = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$