Nom : Martin Prénom: Léon colle du: 16_12	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	5,0	9,0
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			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	0	4	1,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	9

Remarques : attention aux AN *2, il faudrait également gagner en rapidité (4 questions en 1h en format QCM), attention vocabulaire qui n'est pas maîtrisé

Colle enac

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.

13. On assimile la Terre à une boule solide de rayon $R_T \approx 6000$ km et de centre T. On suppose qu'elle porte une charge électrique $Q \approx -500$ 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_e sur une autre charge électrique q, alors cette dernière est soumise à un champ électrique de valeur $E_e = \frac{F_e}{|q|}$. Exprimer E_T puis calculer sa valeur. On donne $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9$ SI (SI = Système International des unités), où ϵ_0 est la permittivité diélectrique du vide. A) $E_T = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$ B) $E_T = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 R_T}$ C) $E_T = 1\ \mathrm{GV.m^{-1}}$ D) $E_T = 125\ \mathrm{V.m^{-1}}$
14. 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) $\vec{a} = -\frac{mE_T}{q}\vec{e_z}$
15. Le mouvement vertical des ions positifs précédents définit un courant électrique. La valeur moyenne de ce courant est de 2×10^{-12} A par mètre carré de surface terrestre. En considérant la totalité de la surface terrestre, quel est l'ordre de grandeur de la durée Δt au bout de laquelle la charge positive transportée par ce courant est égale à $|Q|$?
   A) $\Delta t \approx 10$ s B) $\Delta t \approx 10$ min C) $\Delta t \approx 100$ min D) $\Delta t \approx 10$ h
16. 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 $Q_n \approx -40$ C proche de la base du nuage et l'autre positive $Q_p \approx 40$ C à plus haute altitude. Sachant que ces deux charges sont distantes de $d = 5$ km, exprimer le vecteur force électrostatique $\vec{F_e}$ qu'exerce la charge négative Q_n sur la charge positive Q_p, puis calculer sa norme F_e. Parmi les réponses proposées, $\vec{e_z}$ est le vecteur unitaire orienté vers le haut (sens de la verticale ascendante), z_n la coordonnée verticale de la charge Q_n et z_p celle de la charge Q_p.
   A) $\vec{F_e} = \frac{Q_nQ_p}{4\pi\epsilon_0(z_p-z_n)^2}\vec{e_z}$
   B) $\vec{F_e} = \frac{Q_nQ_p}{4\pi\epsilon_0(z_p-z_n)}\vec{e_z}$
   C) $F_e \approx 6 \times 10^2$ N
   D) $F_e \approx 6 \times 10^5$ N
17. Quelle est l'expression de l'énergie potentielle $\varepsilon_{p,e}$ de la charge Q_p soumise à la force électrostatique de la part de la charge Q_n ? 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), que vaut le rapport $\alpha = \frac{\varepsilon_{p,e}}{\varepsilon_{EDF}}$ entre la valeur de $\varepsilon_{p,e}$ et la valeur de l'énergie ε_{EDF} produite en une seconde sur le réseau électrique français.
   A) $\varepsilon_{p,e} = \frac{Q_nQ_p}{4\pi\epsilon_0 d}$ B) $\varepsilon_{p,e} = \frac{Q_p}{4\pi\epsilon_0 d}$ C) $\alpha \approx 0{,}02$ D) $\alpha \approx 0{,}2$
18. Le nuage d'orage précédent présente une tension électrique U entre la base et son sommet que l'on peut écrire $U = \frac{2\varepsilon_{p,e}}{|Q_n|}$. Calculer U numériquement. En outre, sachant que la valeur E_o du champ électrique correspondant peut être prise égale à $\frac{F_e}{|Q_n|}$, quel est le rapport $\alpha_E = \frac{E_o}{E_T}$ entre E_o et la valeur E_T du champ obtenu à la question 13 ?
   A) $U \approx 1{,}5$ MV B) $U \approx 150$ MV C) $\alpha_E \approx 120$ D) $\alpha_E \approx 0{,}1$

Correction.

13. Connaissant la force électrostatique de norme $F_e = \frac{|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$ on en déduit l'expression du champ $E_T = \frac{F_e}{|q|} = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 R_T^2}$ puis sa valeur numérique $9.10^9 \frac{500.10^3}{(6000.10^3)^2} = \frac{9.10^9 \times 5.10^5}{(6.10^6)^2} = \frac{45.10^{14}}{36.10^{12}} \approx \frac{9\times5}{7\times5}.10^2 \approx 1{,}25.10^2 = 125\ \mathrm{V.m^{-1}}$ d'où les **réponses A) et D)**.
14. La force $\vec{F_e} = q\vec{E_T}$ 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 $\vec{F_e} = -qE_T\vec{e_z}$. Le principe fondamental de la dynamique implique donc une accélération s'écrivant $\vec{a} = \frac{\vec{F_e}}{m} = -\frac{qE_T}{m}\vec{e_z}$: c'est la **réponse A)** qui est juste.
15. En appelant $j = 2.10^{-12}\ \mathrm{A.m^{-2}}$ le courant par unité de surface, la définition de l'intensité du courant électrique nous donne $\Delta t = \frac{|Q|}{I} = \frac{|Q|}{j\times4\pi R_T^2} = \frac{5.10^5}{2.10^{-12}\times4\times3{,}14\times36.10^{12}} \approx \frac{5.10^5}{8\times3{,}14\times36} \approx \frac{50.10^4}{25\times36} \approx \frac{20\,000}{36} \approx \frac{5000}{9}$ soit un peu plus de 500 s donc une dizaine de minutes : **réponse B)**.
16. Tout comme la force gravitationnelle, la force électrostatique est inversement proportionnelle au carré de la distance, donc $F_e = \frac{|Q_nQ_p|}{4\pi\epsilon_0(z_p-z_n)^2} \approx 9.10^9 \times \frac{40^2}{(5.10^3)^2} = \frac{9.10^9\times16.10^2}{25.10^6} = \frac{144}{25}.10^5 \approx 6.10^5$ N d'où les **réponses A) et D)**.
17. On cherche $\varepsilon_{p,e}$ telle que $\vec{F_e} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}(\varepsilon_{p,e}) = -\frac{\partial\varepsilon_{p,e}}{\partial r}\vec{e_r}$ en coordonnées sphériques (mais ici r est noté d la distance entre les deux charges et $\vec{e_r} = \vec{e_z}$). En primitivant on a $\varepsilon_{p,e} = \frac{Q_nQ_p}{4\pi\epsilon_0 d} + K$ une constante, et avec la référence prise à l'infini, c'est-à-dire que $\lim_{d\to\infty}\varepsilon_{p,e} = 0$, on obtient finalement $K = 0$ et $\varepsilon_{p,e} = \frac{Q_nQ_p}{4\pi\epsilon_0 d} = 9.10^9\frac{1{,}6.10^3}{5.10^3} \approx 3.10^9$ J ; on en déduit la valeur numérique de $\alpha \approx \frac{3.10^9}{150.10^9} = \frac{3}{3\times50} = 0{,}02$: les réponses A) et C) sont donc celles attendues, même si on remarque un problème de signe : comme $Q_n < 0$ on a $\varepsilon_{p,e} < 0$ également et on se doute que le coefficient demandé était $\alpha = \left|\frac{\varepsilon_{p,e}}{\varepsilon_{EDF}}\right|$.
18. De même on se doute que $U = \left|\frac{2\varepsilon_{p,e}}{Q_n}\right| \approx \frac{2\times3.10^9}{40} = \frac{30.10^8}{20} = 1{,}5.10^8 = 150$ MV ; on a également $E_o = \frac{6.10^5}{40} = 1{,}5.10^4\ \mathrm{V.m^{-1}}$ et finalement $\alpha_E \approx \frac{1{,}5.10^4}{1{,}25.10^2} \approx 120$ d'où les **réponses B) et C)**.

Nom : Verger Elyot Prénom: colle du:	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	0	10	1,7	6,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	0			
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			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement			note	7

Remarques : sans aide : la loi de Coulomb n'est pas connue, le repérage sphérique pose toujours pb ! IL FAUT PRENDRE UN TEMPS D'APPRENTISSAGE DE TON COURS

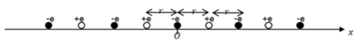
Colle Elyott Exercice 1 : De la loi de Coulomb au théorème de Gauss

1) Rappeler la loi de Coulomb exprimant le champ électrique créé par une charge ponctuelle située au centre d'un repérage sphérique.
2) Calculer le flux de ce champ à travers une sphère de rayon de r
3) Calculer le flux de ce champ électrique à travers une coquille sphérique centrée sur O et d'épaisseur e
4) En quoi les résultats précédents sont-ils en accords avec le théorème de Gauss ?

Exercice 2 : Etude d'un cristal ionique

Nos connaissances en électrostatique et en chimie vont nous permettre de décrire et ainsi de comprendre la cohésion de certains cristaux (par exemple le sel de cuisine : $NaCl$). La réunion d'atomes électronégatifs et électropositifs conduit à la formation d'une chaîne dont la cohérence s'explique à l'aide, entre autres, des interactions coulombiennes. Dans le cas de l'association d'un atome de chlore avec un atome sodium, la différence d'électronégativité entraîne la formation d'un ion Cl^- et d'un ion Na^+. En se limitant à une dimension, on obtient alors la chaîne suivante :

Cette chaîne est assimilable à une succession de charges ponctuelles positives et négatives distantes de r. La distribution de charges à envisager est alors la suivante (on note e la charge élémentaire) :



1) Donner l'expression du potentiel électrique créé par une charge ponctuelle q en un point distant de r de celle-ci.
2) Donner le potentiel au point O sachant que la chaîne est infinie et que $\sum_{i=1}^{\infty}\frac{(-1)^i}{i} = -ln2$
3) Donner alors l'énergie potentielle E_{Po}de l'ion chlore situé au point O.
4) L'interaction électrique précédente est attractive, cependant il faut tenir compte d'une répulsion supplémentaire entre noyaux. La répulsion quantique entre deux noyaux distants de r est à l'origine d'une énergie potentielle d'interaction supplémentaire E_{Psup} donnée par $E_{Psup} = \frac{E_1}{r^n}$ où E_1 et n sont des constantes positives. En se limitant aux deux plus proches noyaux pour E_{Psup}, tracer l'allure de l'énergie potentielle totale E_{Ptot} et exprimer la distance à l'équilibre r_0 entre un cation et un anion.

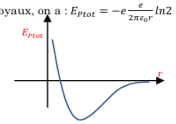
Exercice 2

1)$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

2)D'après le principe de superposition :$V(r) = 2 \times \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r} \times \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \cdots\right) = -\frac{e}{2\pi\varepsilon_0 r} \times \left(\sum_{i=1}^{\infty}\frac{(-1)^i}{i}\right) = \frac{e}{2\pi\varepsilon_0 r} ln2$

3)$E_{Po} = -e\frac{e}{2\pi\varepsilon_0 r} ln2$

4) En se limitant à l'interaction liée au cortège électronique puis aux deux premiers noyaux, on a : $E_{Ptot} = -e\frac{e}{2\pi\varepsilon_0 r} ln2 + 2\frac{E_1}{r^n}$



Et $\frac{dE_{Ptot}}{dr} = \frac{e^2}{2\pi\varepsilon_0 r^2} ln2 - 2n\frac{E_1}{r^{n+1}}$

Le minima de l'énergie potentielle vérifie :

$$r = \left(\frac{4n\pi\varepsilon_0 E_1}{e^2 \times ln2}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

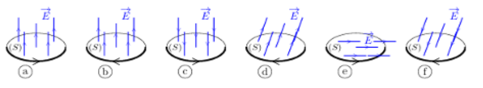
Nom : Giraud Prénom: Aubin colle du: 09-09	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	0	10	3,3	8,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : 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	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			
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 : la notion de vecteur surface ne sembalit pas comprise (idem pour le signe du prod, scalaire), attention aux AN et orientation des équipotentielles avec ligne de champ

Entraînement 3.14 — **Signe d'un flux électrostatique à travers une surface.**

Le flux $\phi = \iint \vec{E}\cdot\vec{dS}$ du champ électrostatique $\vec{E}$ à travers une surface orientée (S) dépend de l'orientation de cette surface (voir ci-dessous la flèche sur chaque contour).



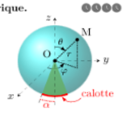
a) Quels sont les cas pour lesquels $\phi > 0$? ....

b) Que vaut ϕ dans le cas (e) ? ....

Entraînement 3.15 — **Flux électrostatique à travers une calotte sphérique.**

Une charge ponctuelle q, placée au centre O d'un repère sphérique, crée le champ électrostatique $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{e}_r$ avec (r,θ,φ) les coordonnées sphériques du point M .

La calotte sphérique représentée ci-contre (en deux dimensions) est la portion de sphère de rayon R qui intersecte le demi-cône d'axe de révolution (Oz) et de demi-angle $\alpha > 0$.



a) Comment s'exprime un élément de surface dS de la calotte sphérique ?

(a) $dS = R^2\cos(\varphi)\,d\varphi\,d\theta$
(b) $dS = R\sin(\varphi)\,d\varphi\,d\theta$
(c) $dS = R\cos(\theta)\,d\theta\,d\varphi$
(d) $dS = R^2\sin(\theta)\,d\theta\,d\varphi$

....

b) Comment s'exprime le flux ϕ du champ électrostatique $\vec{E}$ à travers la calotte sphérique ?

(a) $\phi = \int_{\varphi=\pi-\alpha}^{\pi+\alpha}\int_{\theta=0}^{2\pi}\vec{E}\cdot R^2\cos(\varphi)\,d\varphi\,d\theta\,\vec{e}_r$
(b) $\phi = \int_{\varphi=-\alpha}^{\alpha}\int_{\theta=0}^{\pi}\vec{E}\cdot R^2\cos(\varphi)\,d\varphi\,d\theta\,\vec{e}_r$
(c) $\phi = \int_{\theta=\pi-\alpha}^{\pi}\int_{\varphi=0}^{2\pi}\vec{E}\cdot R^2\sin(\theta)\,d\theta\,d\varphi\,\vec{e}_r$
(d) $\phi = \int_{\theta=-\alpha}^{\alpha}\int_{\varphi=0}^{2\pi}\vec{E}\cdot R^2\sin(\theta)\,d\theta\,d\varphi\,\vec{e}_r$

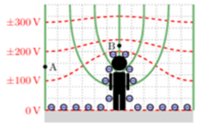
....

c) Calculer la double intégrale. Écrire le résultat obtenu sous la forme $\phi = K(1-\cos\alpha)$, avec K une constante à exprimer en fonction de q et ε_0. ....

d) Réaliser l'application numérique de ϕ dans le cas où $\alpha = \pi$ et $q = e$. ....

Entraînement 3.21 — **Effet de pointe.**

Un individu porte une charge négative, ce qui modifie localement les propriétés du champ électrostatique. La figure ci-dessous représente qualitativement les lignes de champ en trait plein tandis que les (surfaces) équipotentielles sont illustrées en pontillés. L'échelle du schéma est 1 division ↔ 40 cm.



a) Comment sont orientées les lignes de champ électrostatique ?

(a) vers l'individu
(b) sortant de l'individu

....

b) Quel est le signe des valeurs de potentiel électrostatique des équipotentielles représentées ? ....

c) Évaluer l'ordre de grandeur du champ en A .

d) Indiquer par une analyse de la carte de champ, et sans aucun calcul, laquelle de ces propositions est vraisemblable :

(a) $\vec{E}(B) > \vec{E}(A)$
(b) $\|\vec{E}(B)\| > \|\vec{E}(A)\|$
(c) $\vec{E}(B) = \vec{E}(A)$
(d) $\|\vec{E}(B)\| < \|\vec{E}(A)\|$

....