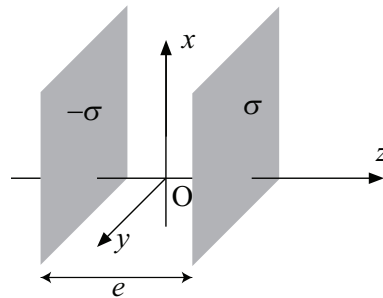


Les indispensables

Exercice 1

D'après CCP 11

On considère un condensateur plan infini formé par deux plans infinis et parallèles entre eux, distants de e . Le plan de droite est situé dans le plan $z = +e/2$ et le plan de gauche dans le plan $z = -e/2$. Le plan de droite est chargé avec une densité surfacique σ et le plan de gauche est chargé avec une densité surfacique opposée $-\sigma$.



- 1 - Rappeler l'expression du champ électrique créé par un seul plans.
- 2 - En déduire le champ électrique total créé par l'ensemble des deux plans en tout point de l'espace. Porter sur un schéma le sens du champ électrique.
- 3 - Exprimer l'expression du potentiel électrostatique $V(z)$ en supposant que $V(z = 0) = 0$.
- 4 - Calculer la différence de potentiel U entre les deux plans infinis en fonction de σ , e et ϵ_0 . Exprimer la norme du champ électrique total en fonction de U et e .
- 5 - Les condensateurs des microphones électrostatiques pour la prise de son, sont soumis à des tensions de l'ordre de quelques dizaines de volts et les armatures sont séparées de quelques dizaines de micromètres. Donner l'ordre de grandeur du champ électrique régnant dans ces condensateurs. Quel problème pratique pose un champ électrique trop grand ?
- 6 - Dans un condensateur réel, les deux armatures ne peuvent pas être

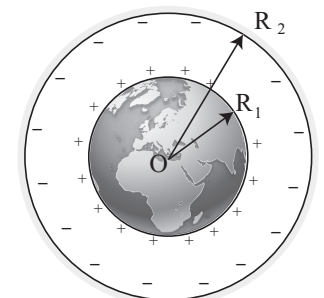
des plans infinis mais ont des surfaces finies identiques S . On supposera que les résultats trouvés restent valables. L'armature de droite porte alors la charge totale $+Q$ et l'armature de gauche la charge totale $-Q$. Définir et exprimer la capacité C du condensateur formé en fonction de ϵ_0 , e et S .

- 7 - Donner l'ordre de grandeur de la capacité d'un condensateur utilisé dans un microphone électrostatique pour lequel on prendra : $S = 1 \text{ cm}^2$, $e = 10^{-5} \text{ m}$ et $\epsilon_0 = 10^{-11} \text{ SI}$.

Exercice 2

D'après CCP 11

L'ionosphère est la partie supérieure de l'atmosphère. La Terre peut être assimilée à un condensateur sphérique portant une charge électrique positive à sa surface négative sur la ionosphère. On note Q la charge contenue par la surface de la Terre de rayon R_1 . On note V_1 le potentiel de la surface de la Terre et V_2 celui de la ionosphère.



- 1 - Montrer que le champ entre la surface de la Terre et la ionosphère peut écrire sous la forme suivante : $\vec{E} = E(r)\vec{u}$ où $\vec{u}$ est un vecteur unitaire que l'on déterminera.
 - 2 - En appliquant le théorème Gauss, exprimer $E(r)$ pour $R_1 < r < R_2$.
 - 3 - En déduire le potentiel $V(r)$ à une distance r de l'axe pour $R_1 < r < R_2$ en fonction de R_1 , r , ϵ_0 , Q et V_1 .
 - 4 - Exprimer la différence de potentiel $U = V_1 - V_2$ entre la surface de la Terre et la ionosphère en fonction de Q, ϵ_0, R_1 et R_2 .
 - 5 - Il existe une différence de potentiel de 3.10^5 V entre la surface de la terre et la ionosphère. Calculer la charge Q et déterminer la norme du champ électrique au niveau du sol.
 - 6 - Déterminer la capacité C du condensateur où les deux armatures seraient formées par la surface de la Terre et la ionosphère en fonction de ϵ_0, R_1 et R_2 .
 - 7 - En effectuant un développement limité, montrer que si $e = R_2 - R_1 \ll R_1$, le condensateur sphérique est équivalent à un condensateur plan.
- Données* : $R_1 = 6370 \text{ km}$, $R_2 = 6460 \text{ km}$, $\epsilon_0 = 8,9.10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$.

Pour s'entraîner

Exercice 3

On modélise un nuage d'orage par un carré de 3 km de côté à une altitude de 100 m. On suppose qu'il forme, avec la surface de la Terre, un condensateur plan.

Estimer la charge contenue dans le nuage lorsqu'apparaît un éclair (photo ci-contre Thomas Bresson ).

Données :

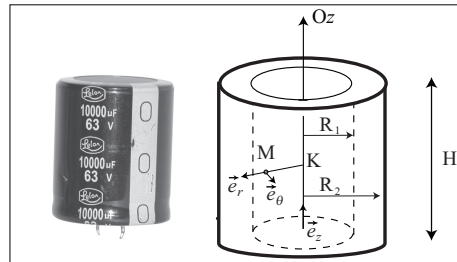
Champ disruptif de l'air $E_d = 3 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$; permittivité de l'air assimilé au vide : $\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$



Exercice 4

D'après CCP 10

On considère un condensateur cylindrique composé de deux armatures coaxiales de hauteur H et de rayons respectifs R_1 et R_2 avec $R_1 < R_2$. et placées dans l'air. L'armature interne porte la charge électrique $Q > 0$, l'armature externe porte une charge totale $-Q$. Les potentiels électriques des armatures sont respectivement V_1 et V_2 . Soit un point M situé à la distance $r = KM$ de l'axe où K est le projeté orthogonale de M sur l'axe du condensateur.



- 1 - On néglige les effets de bord, montrer que $\vec{E} = E(r)\vec{u}$
- 2 - En appliquant le théorème Gauss, exprimer $E(r)$.
- 3 - En déduire le potentiel V_r à une distance r de l'axe pour $R_1 < r < R_2$.
- 4 - Exprimer la différence de potentiel $U = V_1 - V_2$ entre les deux armatures du condensateur en fonction de Q , ε_0 , H , R_1 et R_2

5 - Déterminer la capacité C en fonction de ε_0 , H , R_1 et R_2 .

6 - Montrer que si $e = R_2 - R_1 \ll R_1$, le condensateur cylindrique est équivalent à un condensateur plan. On rappelle que $\ln(1+x) \sim x$.

7 - Pour un condensateur électrochimique de hauteur $h = 1 \text{ cm}$, de rayon $R_1 = 5 \text{ mm}$, de permittivité relative du diélectrique $\varepsilon_r = 5$, déterminer l'épaisseur e pour obtenir une capacité de $C = 100 \mu\text{F}$. À quoi correspond l'ordre de grandeur de la distance obtenue ? Conclure.

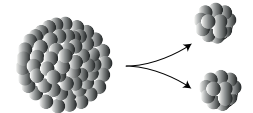
Données : $\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

Pour performer

Exercice 5

D'après Oral Mines 19

Un noyau peut-être considéré grossièrement comme une distribution sphérique uniforme de charges positives. On cherche à déterminer l'expression de l'énergie électrostatique d'une sphère de rayon a uniformément chargée en volume, de charge totale Q et de densité volumique de charges ρ .



1 - Déterminer la charge $q(r)$ d'une sphère uniformément chargée de rayon r .

2 - Pour une sphère chargée de rayon r , déterminer le travail élémentaire qu'il faut fournir pour amener une charge $\delta q = 4\pi r^2 \rho dr$ de l'infini à la distance r . En déduire l'énergie d'une sphère de rayon a et de charge Q .

4 - On suppose qu'un noyau d'uranium ($Z=92$, rayon : $a = 7,5 \text{ fm}$) subit une fission symétrique en deux noyaux identiques de charge $Q/2$. Quelle est l'énergie qu'on peut espérer récupérer dans cette opération du fait de la variation de l'énergie électrostatique ?

Données : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$