

Exercices - Série 4

Exercice 1

Un morceau d'une feuille d'aluminium est posé sur la plaque inférieure de deux plaques horizontales et parallèles d'un condensateur plan. Si vous appliquez une différence de potentiel entre ces deux plaques (par exemple pôle négatif sur la plaque supérieure, pôle positif sur la inférieure), un champ électrique est généré entre les deux plaques. Ce champ génère une force de Coulomb sur l'aluminium, orientée vers le haut, donc qui s'oppose à la force de gravité. Si le potentiel appliqué est tel que la force électrostatique égalise la force de gravité, le morceau d'aluminium commence à léviter. Montrez que le potentiel V qui vérifie cette condition est donné par :

$$V^2 = \frac{2\rho g d^2 h}{\epsilon_0} \quad (1)$$

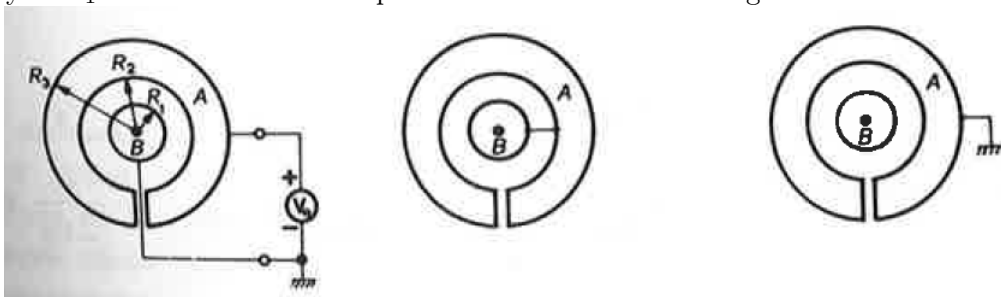
avec ϵ_0 la permittivité électrique du vide, ρ la densité de l'aluminium, h l'épaisseur de la feuille d'aluminium, g l'accélération de gravité, et d la distance entre les deux plaques.

Remarques :

- Si vous utilisez la loi de Gauss, justifiez-le.
- Écrivez la force de Coulomb et la force de gravité comme forces par unité de surface.

Exercice 2

Une sphère conductrice de rayon $R_2 = 40$ cm et $R_3 = 60$ cm, contient une sphère conductrice B concentrique, de rayon $R_1 = 20$ cm. Les deux sphères sont connectées à un générateur de tension $V_0 = 900$ V.



- a) Déterminez la valeur et le signe des charges q_1 , q_2 , et q_3 qui se trouvent sur les trois surfaces. A un certain moment, le générateur est débranché.
- b) Calculez la variation d'énergie électrostatique dans le cas où les deux sphères vont être connectées entre elles.

1. crédit : Dr. J. Loizu, Prof. A. Fasoli

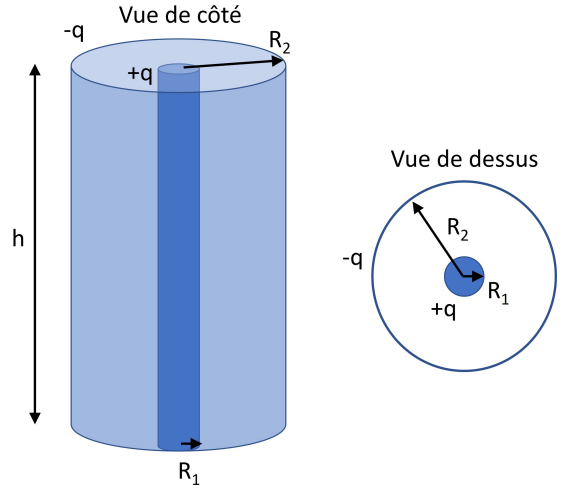
c) Calculez la variation d'énergie électrostatique dans le cas où la sphère A est connectée à la Terre.

Indications : La capacité condensateur sphérique est donnée par :

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (2)$$

Exercice 3

Le transfert de données informatiques à haut débit peut être effectué à l'aide de câbles coaxiaux. Un câble coaxial de longueur h est composé d'un cylindre conducteur de rayon R_1 entouré par un autre cylindre creux de rayon R_2 , séparés par un diélectrique, comme dans la figure. Nous considérons ici des câbles coaxiaux avec de l'air comme diélectrique. L'un des avantages de ce type de câble est de réduire le bruit électrique provenant de l'environnement du câble et pouvant affecter la mesure : le cylindre externe agit comme un bouclier Faraday qui protège le conducteur interne transmettant l'information. En revanche cette forme de câble agit comme un condensateur cylindrique. Une haute capacité peut alors causer une perte d'une partie du signal (les hautes fréquences) au cours de sa transmission le long du câble, endommageant l'intégrité du signal global transmis. Il est donc important que la capacité soit basse.



- Trouvez une expression pour la capacité par unité de longueur d'un tel câble coaxial ($h \gg R_2$).
- Un fabricant de câbles coaxiaux vous propose deux câbles pour votre connection à haut débit. Le premier câble a les dimensions $R_1 = 0.25$ mm et $R_2 = 0.76$ mm. Le deuxième câble a les dimensions $R_1 = 0.08$ mm et $R_2 = 1.20$ mm. Lequel choisiriez-vous ?

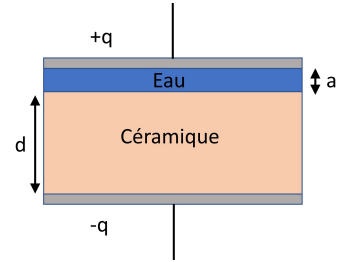
Exercice 4

Lors d'un orage, la différence de potentiel entre la Terre et les nuages peut atteindre 3.5×10^7 V. On considère des nuages à une hauteur de 1.5 km et couvrant une surface de 110 km^2 . Dans ces circonstances, on peut modéliser le système Terre-nuages comme un condensateur plan.

- Calculez la capacité de ce système ($K_{\text{air}} = 1$).
- Calculez la charge stockée dans chaque 'plaque' de ce système.
- Calculez l'énergie stockée dans ce 'condensateur'.
- Un éclair durant 0.2 s est intercepté par un paratonnerre. En supposant que la totalité de l'énergie stockée dans ce système est libérée par l'éclair, calculez la puissance moyenne reçue par le paratonnerre.

Exercice 5

Un fabricant de condensateurs a détecté un défaut de fabrication à un endroit où le diélectrique n'est pas suffisamment compact. De ce fait, de l'humidité s'est introduite entre le diélectrique et l'une des plaques du condensateur, comme sur la figure. On désire évaluer l'effet de ce défaut.



- En utilisant la loi de Gauss, exprimez la capacité de ce condensateur défectueux en fonction des constantes diélectriques des deux matériaux K_{eau} et $K_{ceramique}$, de leurs épaisseurs respectives a et d et de la surface du condensateur S .
- Montrez que l'on trouve la même expression en considérant un circuit équivalent à ce condensateur composite.
- Calculez la capacité d'un condensateur de surface $S = 0.25 \text{ cm}^2$ avec une couche d'eau d'épaisseur $a = 0.05 \text{ }\mu\text{m}$ et un diélectrique en céramique d'épaisseur $d = 1 \text{ }\mu\text{m}$. La constante diélectrique de l'eau est $K_{eau} = 78.4$ et celle de la céramique est $K_{ceramique} = 21$. Ce défaut va-t-il augmenter ou diminuer la capacité du condensateur ?