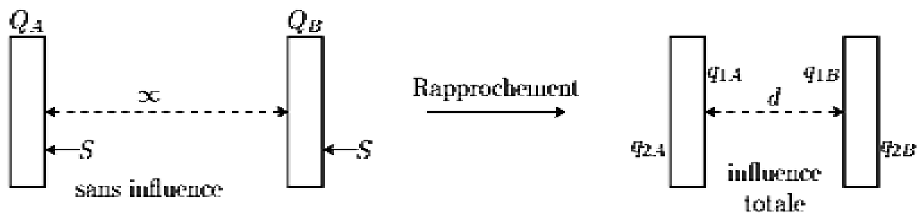
Exercice 5

Soit une sphère conductrice, de rayon a, portant une charge Q.

1. Calculer son énergie interne.
2. On décharge cette sphère en la reliant à la terre par un fil conducteur. Que devient l'énergie préalablement emmagasinée ?
3. Cette sphère avait été chargée à l'aide d'un générateur de f.e.m. constante V. Quelle est l'énergie fournie par le générateur ? La retrouve-t-on sous forme d'énergie potentielle ? Expliquer.

Exercice 6

Deux conducteurs A et B parallélépipédiques identiques portent les charges respectives $Q_A = 4\,\mu\text{C}$ et $Q_B = -3\,\mu\text{C}$ quand ils ne sont pas en influence. On les rapproche à une distance d à laquelle on suppose que l'influence est totale et que l'équilibre est atteint. Dans ce cas, les surfaces S en regard portent des charges q_{1A} et q_{1B}, respectivement. Les surfaces externes portent les charges q_{2A} et q_{2B}, respectivement. La charge sur la surface latérale est négligeable.



1. Donner les relations entre q_{1A} et q_{1B}, entre q_{1A} et q_{2A} puis entre q_{1B} et q_{2B} en justifiant.
2. Rappeler l'expression du champ électrique créé par une charge q_{1A} uniformément répartie sur une surface S assimilée à un plan infini. Exprimer le résultat en fonction de q_{1A} et S.
3. En déduire l'expression du champ électrique total créé par les quatre charges q_{1A}, q_{2A}, q_{1B} et q_{2B} à l'intérieur du conducteur A, en fonction de Q_A, Q_B et q_{1A}.
4. En utilisant le fait que le conducteur A soit en équilibre, déterminer les expressions des charges q_{1A}, q_{2A}, q_{1B} et q_{2B} en fonction de Q_A et Q_B. Application numérique $Q_A = 6\,\mu\text{C}$ et $Q_B = -2\,\mu\text{C}$.
5. Vérifier que le conducteur B est en équilibre.
6. Calculer la différence de potentiel entre A et B sachant que $S = \pi \times 10^{-2}\,\text{m}^2$ et $d = 2 \times 10^{-2}\,\text{mm}$.

Exercice 7

Soit une sphère conductrice A portée à un potentiel constant par rapport au sol, par l'intermédiaire d'un générateur (figure a).

1. Que doit-on supposer pour admettre que la charge est uniformément répartie sur la sphère ? Représenter qualitativement la répartition de la charge.
2. On approche de A un conducteur B neutre et isolé (figure b). Décrire de façon qualitative ce qui se passe sur les conducteurs A, B et dans le générateur pendant le rapprochement. Représenter qualitativement les répartitions des charges sur A et sur B :
   a) pour une distance donnée d.
   b) pour une distance infinie (préciser l'infini).

Les deux conducteurs étant immobiles et distants l'un de l'autre d'une longueur d, on relie B à la terre au moyen d'un fil conducteur (figure c).

Décrire qualitativement ce qui se passe. Représenter les nouvelles répartitions des charges, après le branchement. Comparer les charges portées par A dans les cas de figures a, b et c. Conclusion ?

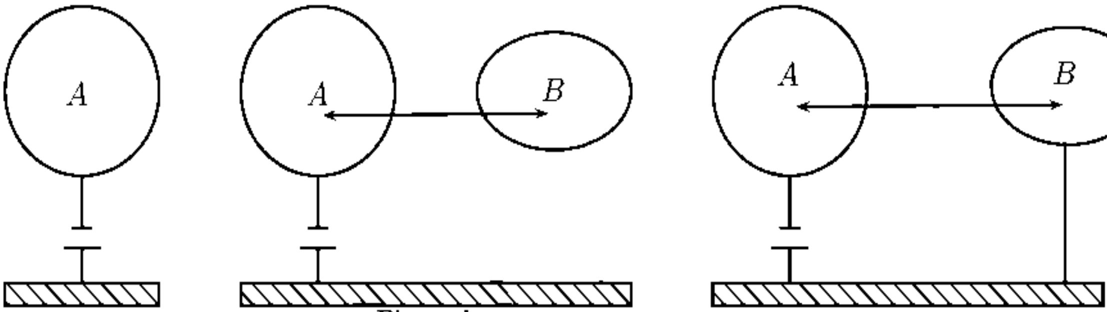


Figure a Figure b Figure c

3. On se propose maintenant de reprendre le problème précédent dans un cas particulier qui permet l'évaluation des charges et donc, une conclusion quantitative.

- A est une sphère conductrice de rayon R_1, portée au potentiel V.

- B est une sphère creuse, de rayons intérieur R_2 et extérieur R_3, concentrique à la sphère A. On donne : $V = 1000\,\mathrm{V}$; $R_1 = 10\,\mathrm{cm}$; $R_2 = 11\,\mathrm{cm}$ et $R_3 = 20\,\mathrm{cm}$.

   a) Calculer la charge Q_0 de A dans le cas de la figure d.

   b) Calculer la charge Q_1 de A dans le cas de la figure e et déterminer, en fonction de Q_1, les charges Q_2 et Q_3 portées par les deux faces de B. Exprimer, toujours en fonction de Q_1, les champs électriques $\vec{E}_e$ et $\vec{E}_i$ créés dans les régions : $r > R_3$, et $R_1 < r < R_2$, respectivement. En faisant circuler $\vec{E}_e$ et $\vec{E}_i$ entre les bornes où ils sont définis, en déduire Q_1. Noter que $V_B = V_2(r = R_2) = V_3(r = R_3)$ et prendre égal à zéro le potentiel à l'infini et au sol.

   c) Calculer la charge Q'_1 portée par A dans le cas de la figure f où B est relié au sol par un fil conducteur (utiliser la même méthode).

   d) Comparer Q_0, Q_1 et Q'_1 ; en conclure. Sur quel paramètre et dans quel sens faudrait-il jouer pour augmenter Q'_1, V et R_1 gardant les mêmes valeurs ?

   e) Décrivez qualitativement ce qui se passerait si, à partir des cas e et f, on reliait A et B par un fil conducteur. Quelle charge circulerait dans chacun des cas ? Faire le calcul numérique des charges et des potentiels finaux de A et B, de même que les énergies libérées dans chacun des cas.

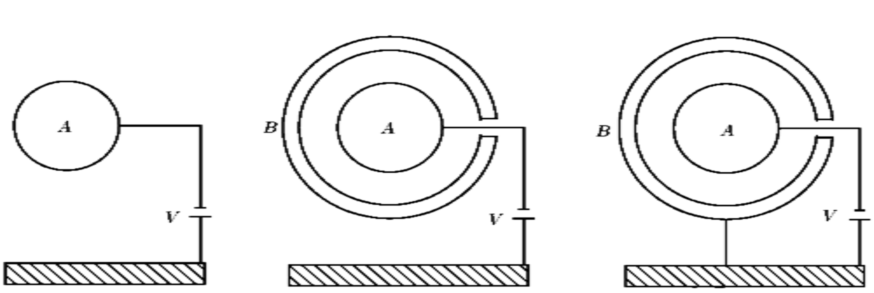


figure d figure e figure f

Exercice 8

On considère un condensateur idéal, constitué de deux conducteurs plans, de surfaces S et distants de e_0. On applique une d.d.p. V_0 entre ses armatures.

1. Calculer :
   a) la charge Q du condensateur ;
   b) l'énergie potentielle emmagasinée ;
   c) la force agissant sur chacune des armatures.
2. On isole le condensateur de la source. Une des armatures étant fixe, on approche l'autre jusqu'à e_1 ($e_0 > e_1$). (figure I).
   Expliquer, qualitativement, les phénomènes qui se produisent au cours de ce déplacement (transport de charge, variation de potentiel, de capacité,........)
   Montrer, à travers un bilan précis, que le principe de conservation de l'énergie est vérifié.
3. On réalise maintenant le même déplacement tout en gardant le générateur branché au condensateur (figure II). Mêmes questions que précédemment (ne pas oublier de tenir compte, dans le bilan, de l'énergie mise en jeu dans le générateur)
4. Refaire les bilans d'énergie du 2°) et du 3°) dans le cas d'un déplacement de e_0 à e_1 lorsque $e_0 < e_1$.

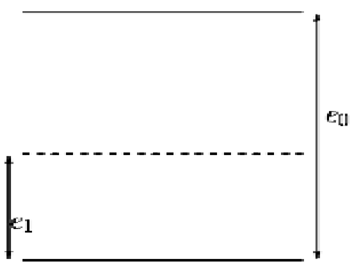


Figure I

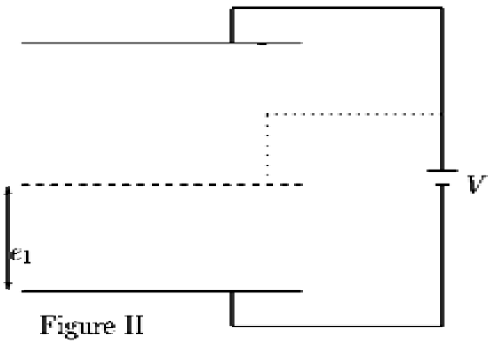
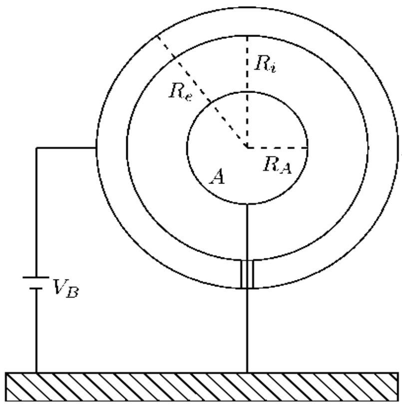


Figure II

Exercice 9

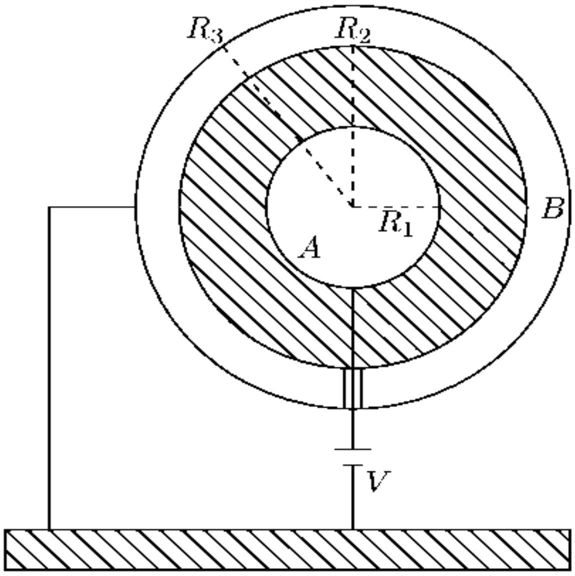
Une sphère A, reliée au sol, est placée au centre d'une coquille sphérique B portée à un potentiel V_B par rapport au sol (voir figure ci-dessous).

1. Donner les expressions du champ et du potentiel électriques :
   a) dans la région comprise entre les deux sphères ($R_A < r < R_i$) ;
   b) à l'extérieur de B ($r > R_e$).
2. Trouver les expressions des charges portées par les surfaces intérieure et extérieure de la sphère B.



Exercice 10

La figure ci-dessous représente un condensateur sphérique formé de deux conducteurs A (de rayon R_1) et B (de rayons R_2 et R_3) séparés par un milieu isolant de permittivité ε et résistivité ρ.



1. Représenter la répartition de charge sur les conducteurs A et B.
2. Déterminer le champ électrique à l'intérieur du condensateur ($R_1 \leq r \leq R_2$).
3. Trouver l'expression de la différence de potentielle entre les deux conducteurs.
4. Déduire la capacité de ce condensateur.

Exercice de révision

Une sphère conductrice creuse ***S***, de rayon intérieur $\boldsymbol{R_1}$, de rayon extérieur $\boldsymbol{R_2 = 36\ cm}$ et de centre ***O***, est placée dans le vide de permittivité relative égale à ***1***.
L'origine des potentiels est prise à l'infini.
1) La sphère ***S*** porte une charge $\boldsymbol{Q_0 = 2,8\ \mu C}$.

a- Déterminer, en tout point de l'espace, le sens et la direction du champ électrique $\vec{E}$ crée par $\boldsymbol{Q_0}$.

b- Calculer ***E*** en fonction de la densité de charges de ***S*** et en déduire le potentiel.

c- Retrouver, en fonction de $\boldsymbol{Q_0}$, le potentiel électrique.

d- Quelle est le potentiel ***V*** et la capacité ***C*** de la sphère ***S***. Faire l'application numérique et donner ***V*** en ***kV*** et ***C*** en ***pF***.

2) On approche de ***S*** une deuxième sphère, conductrice et chargée, de centre ***O'*** et de rayon ***R'= 18 cm***. La distance ***OO' = d = 72 cm (d = 2R₂ = 4R')***. ***S*** est maintenue au potentiel ***V*** et celui de ***S'*** est ***V'***.

a- Calculer, en fonction de R_2, V et V', les expressions littérales de la charge Q de ***S*** et de la charge Q' de ***S'***.

b- En déduire l'expression des coefficients, C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22} et expliquer la signification de chacun de ces coefficients.

On donne : $Q = C_{11} V + C_{12} V'$

$Q' = C_{21} V + C_{22} V'$

c- Quelle est l'influence de ***S'*** sur la capacité de ***S***.

d- A.N : Calculer, en microcoulomb, Q, Q' et en picofarad C_{11}, C_{12}, C_{21} et C_{22}.

On donne $V' = 140\ kV$.

3) On admet, maintenant, que les deux surfaces sphériques limitant ***S*** ont même rayon $R_1 = R_2 = 36\ cm$ et que, par suite, l'épaisseur de S est négligeable.

On place ***S'*** dans ***S*** de façon que les deux sphères aient le même centre. ***S'*** est maintenue au potentiel V' et porte la charge Q'. La face interne de ***S*** porte la charge Q_1 et la face externe porte la charge Q_2.

a- Calculer, en fonction de R_2, Q' et V', la charge $Q = Q_1 + Q_2$ et le potentiel V de la sphère *S*. Faire l'application numérique.

b- Quelle est la charge Q_0 que porte ***S*** avant qu'elle ne soit influencée par ***S'***.

Bon courage !