A RETENIR :
TD9, SEMAINE DU 21 NOVEMBRE 2016

TD présenté par :
Samuel CAZAYUS-CLAVERIE

samuel.cazayus-claverie@u-psud.fr

Les définitions importantes :

- Le *champ électrique critique d'ionisation* d'un isolant est le champ à partir duquel le matériau s'ionise et devient conducteur. Au niveau microscopique, on peut considérer l'effet du champ sur un atome : le champ électrique sépare de plus en plus le nuage électronique des noyaux, jusqu'à les séparer : c'est l'ionisation. Pour l'air $E_{critique} = 3 \cdot 10^6 V.m^{-1}$ environ.
- Deux conducteurs sont en *influence totale* si et seulement si toutes les lignes de champ électrique émergeant de l'un aboutissent sur l'autre. Ils ont alors des charges totales opposées (en effet deux éléments de surface se correspondant par des tubes de champ ont des charges opposées : c'est une simple application du théorème de Gauss).
  Une application de cette notion est *la cage de Faraday* : il s'agit simplement d'un conducteur qui englobe un système électrique, porté à un potentiel fixe. Alors par construction la cage est en influence totale avec ce système, et porte une charge opposée. Il s'ensuit un *effet d'écran* : le champ électrique à l'extérieur de la cage de Faraday est nul !
- La capacité d'un conducteur en équilibre, de charge Q, porté au potentiel V, est définie par $Q = C.V$. Autrement dit, c'est la charge stockée par le conducteur dans un potentiel de $1V$. Il s'agit d'une constante *purement géométrique*, par exemple :
  - Pour un condensateur plan dont les armatures de surface S sont séparées d'une distance d, $C = \epsilon_0 S/d$.
  - Pour une simple sphère de rayon R portée au potentiel V par rapport à l'infini, $C = 4\pi\epsilon_0 R$.
  - Pour un condensateur sphérique dont la sphère interne est de rayon R et l'armature externe est un coquille sphérique de rayon interne R_i, $C = 4\pi\epsilon_0 R\frac{1}{1-R/R_i}$.

  Ainsi, une sphère de rayon $R = 6400km$ (naïf modèle de Terre) possède une capacité d'environ $700\mu F$, mais si l'on modélise de surcroît la ionosphère par un second conducteur à $h = 10km$ au dessus du sol, cette capacité devient $R/h = 640$ fois plus importante ! (effectuer un développement limité en $h/R \ll 1$ dans l'expression de la capacité permet de le voir rapidement)

Les formules à retenir :

- L'énergie stockée dans un condensateur de capacité C vaut $U = \frac{1}{2}CV^2$. En effet, le travail que doit fournir un opérateur pour le porter de la charge Q à $Q + dQ$ est $\delta W = VdQ = CVdV$ car C est une constante purement géométrique, et que l'on travaille à géométrie fixée.
Ainsi $U = \int_0^V Cvdv = \frac{1}{2}CV^2$.

Les méthodes à retenir :

- Pour relier le champ électrique à la différence de potentiel entre deux conducteurs, il suffit de calculer la circulation de $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$. En remarquant que $\vec{E} \cdot \vec{dl} = -dV$, on voit que la circulation est indépendante du chemin suivi entre les deux conducteurs. En pratique on choisi un chemin adapté aux symétries du problème pour que le calcul soit facile à mener.
- Pour calculer le travail mécanique que doit fournir un opérateur pour déplacer un conducteur par rapport aux autres *i.e.* modifier la géométrie du système ; il faut tout d'abord exprimer le travail infinitésimal qu'il fournit en fonction des *constantes du problème*. Ces constantes sont par exemple la charge portée par les armatures d'un condensateur que l'on a chargé puis isolé électriquement, ou au contraire la différence de potentiel entre ces armatures reliées par un générateur de tension. On intègre alors le travail infinitésimal le long de la transformation du système, en explicitant les dépendances géométriques des capacités.