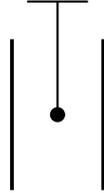


TD d'électromagnétisme n° 4

Condensateurs

1 — Le carillon électrostatique

Une petite boule métallique conductrice, suspendue à un fil en nylon, est placée entre deux plaques métalliques verticales.



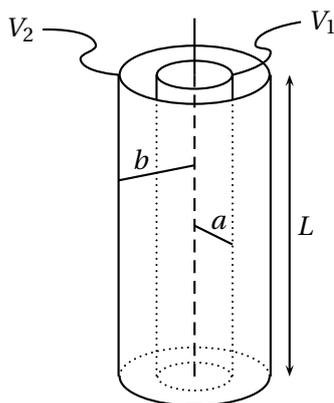
Lorsque l'on applique une différence de potentielle entre les plaques à l'aide d'une machine électrostatique, la boule est attirée vers une des plaques.

Dès qu'elle touche cette plaque, elle se met à osciller entre les plaques, touchant chaque plaque alternativement (émettant ainsi un petit bruit de carillon).

Comment expliquer cette expérience?

2 — Condensateur cylindrique

Un condensateur cylindrique est constitué de deux cylindres coaxiaux de longueur L : le cylindre de rayon a est chargé en surface avec la charge Q_1 , le cylindre de rayon $b > a$ est chargé en surface avec la charge $-Q_1$. Chaque cylindre forme une armature du condensateur ; l'armature intérieure est portée au potentiel V_1 , l'armature extérieure au potentiel V_2 . On néglige les effets de bords (les symétries sont identiques celles de cylindres infinis).



1. Déterminer le champ électrostatique en tout point M compris entre les deux armatures.
2. En déduire la capacité C du condensateur.
3. Étudier le cas où les armatures sont distantes de $e \ll a$.

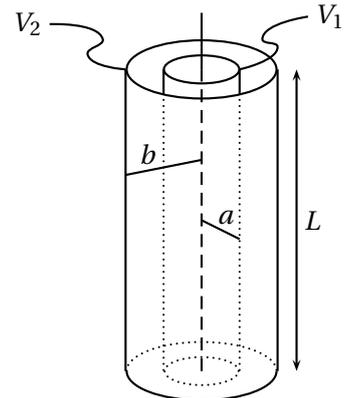
3 — Condensateur sphérique

On considère deux électrodes sphériques concentriques de rayons a et $b > a$ portant respectivement les charges $+Q$ et $-Q$ uniformément réparties en surface.

1. Déterminer l'expression du champ électrostatique en tout point entre les deux sphères.
2. En déduire l'expression du potentiel en tout point entre les deux sphères.
3. Établir l'expression de la capacité C de condensateur. Que devient cette expression si $b = a + e$, avec $e \ll a$?

4 — Le niveau monte

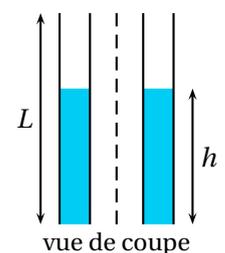
Un condensateur cylindrique est constitué de deux cylindres coaxiaux de longueur L : le cylindre de rayon a est chargé en surface avec la charge Q , le cylindre de rayon $b > a$ est chargé en surface avec la charge $-Q$. Chaque cylindre forme une armature du condensateur ; l'armature intérieure est portée au potentiel V_1 , l'armature extérieure au potentiel V_2 . On néglige les effets de bords (les symétries sont identiques à celles de cylindres infinis).



1. Justifier que le champ électrique entre les armatures du condensateur s'écrit $\vec{E}(M) = E(r)\vec{u}_r$ en coordonnées cylindriques, et exprimer $E(r)$ en fonction des données.

2. Rappeler la définition de la capacité C_0 du condensateur en fonction de V_1 , V_2 et Q , et établir son expression en fonction de a , b , L et de la permittivité diélectrique du vide ϵ_0 .

Afin de mesurer la hauteur d'un liquide dans un réservoir, on utilise une sonde capacitive basée sur ce condensateur cylindrique : le condensateur est placé verticalement dans le liquide, ce dernier remplissant l'espace entre les armatures sur une hauteur $h \leq L$.



Le liquide est un diélectrique (isolant électrique), caractérisé par sa perméabilité relative ϵ_r (sans dimension). On admet que l'on peut utiliser les relations de l'électrostatique en remplaçant ϵ_0 par $\epsilon_0\epsilon_r$.

3. Montrer que la capacité du condensateur s'écrit $C(h) = C_0(Ah + B)$, où C_0 est la capacité du condensateur en l'absence de liquide, h la hauteur de liquide entre les armatures et A et B sont deux constantes à déterminer.