

1. Phénomène d'influence électrostatique

2. Condensateur plan

- 2.1. Modélisation du condensateur plan
- 2.2. Champ et potentiel électrostatique créés par le condensateur
- 2.3. Capacité du condensateur
- 2.4. Influence du milieu isolant séparant les deux armatures
- 2.5. Densité volumique d'énergie électrique
- 2.6. Résolution de pb : capacité d'un condensateur cylindrique

Intro : Il s'agit d'établir la relation entre la *charge* des armatures d'un condensateur plan et la *tension* à ses bornes, établissant ainsi l'expression de sa *capacité* en fonction de sa géométrie et de la nature du milieu se situant entre les deux armatures. On utilise pour cela les méthodes introduites dans les précédents chapitres.

1. Phénomène d'influence électrostatique

Les expériences menées en classe sur une bille conductrice soumise au champ électrique créé par un objet frotté peuvent être interprétées grâce au **phénomène d'influence électrostatique**. L'objet frotté a perdu (ou gagné) des électrons au profit du chiffon avec lequel on l'a frotté. Il est donc chargé, et génère un champ électrostatique dans son environnement.

La sphère conductrice placée sous l'influence de ce champ extérieur voit ses porteurs de charge libres (électrons dans le cas d'un métal) :

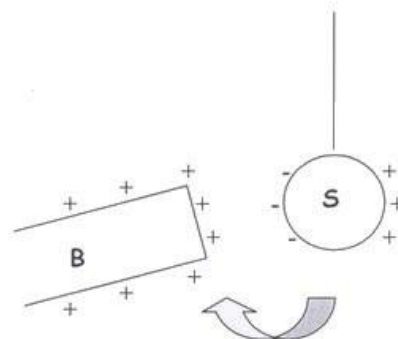
- être attirés vers l'objet frotté si celui-ci est chargé positivement
- être repoussés loin de l'objet frotté dans le cas contraire

La sphère reste globalement neutre, mais les charges + et - ne sont pas distribuées de la même manière. Dans les deux cas, la force exercée sur la sphère conductrice est *attractive*.

Si l'on touche la sphère conductrice avec l'objet frotté, une *partie* de l'excès de charge de l'objet est transféré vers la sphère : celle-ci devient donc globalement chargée, et sa charge est de même signe que l'objet frotté (il reste des charges sur l'objet frotté). Ainsi, après contact, la sphère est repoussée par l'objet frotté.

Remarques complémentaires : On peut montrer qu'à l'équilibre électrostatique, le champ électrique à l'intérieur du conducteur est nul en tout point, car la répartition des charges en son sein s'organise de manière à annuler le champ extérieur. On montre aussi que le conducteur est uniquement chargé en surface : la distribution volumique est nulle en tout point intérieur, seule la distribution surfacique sur les bords du conducteur est non-nulle. D'après les relations de passage, cela signifie que le champ est discontinu à la traversée de la surface du conducteur.

On notera que les matériaux non-conducteurs peuvent aussi être attirés par un objet frotté (cheveux, bout de papier, etc.). Le phénomène d'influence est alors quelque peu différent : ce sont les atomes (ou molécules) du matériau qui se *polarisent*. Si l'objet frotté est positif : les électrons des atomes (ou molécules) du matériau sous influence sont attirés par l'objet frotté et les noyaux sont repoussés. Ainsi les distributions des charges + et - de chaque atome (ou molécule) ne coïncident plus, et l'objet sous influence est attiré. En cas de contact, les charges de l'objet frotté ne sont pas transférées vers le matériau sous influence *car celui-ci n'est pas conducteur*. Il reste collé à l'objet frotté (à essayer avec des cheveux soumis au champ d'une règle frottée).



2. Condensateur plan

2.1. Modélisation du condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux plaques conductrices planes disposées parallèlement l'une à l'autre, et écartées d'une distance e . Sous l'effet d'un dispositif extérieur (un circuit muni d'un GBF par exemple), ces deux plaques conductrices se chargent : l'une est chargée positivement ($Q > 0$), l'autre négativement ($-Q < 0$). On étudie ce dispositif en statique : le condensateur est alimenté par une tension continue U et l'on considère le condensateur une fois complètement chargé. Pour les calculs qui vont suivre, on assimilera les armatures à deux plans infinis uniformément chargés en surface (σ_0). Pour revenir au dispositif réel (armatures d'extension finie), on prendra $\sigma_0 = \frac{Q}{S}$. On assimile l'air au vide.

2.2. Champ et potentiel électrostatique créés par le condensateur

A l'aide du théorème de Gauss, le champ créé par un plan infini uniformément chargé a été établi dans un chapitre précédent. Grâce au Théorème de superposition, on en déduit le champ créé par le condensateur en tout point de l'espace. On en déduit alors facilement le potentiel électrostatique en tout point de l'espace.

- ❖ Tracer l'allure des lignes de champ et des surfaces équipotentiellles.
- ❖ Exprimer la différence de potentiel entre les armatures en fonction du champ régnant à l'intérieur du condensateur. Pour cela, deux méthodes équivalentes :
 - par la relation locale, on calcul le potentiel en tout point (déjà fait), puis la ddp
 - on obtient la ddp directement par la relation intégrale entre potentiel et champ
- ❖ Au chapitre précédent, les lignes de champ d'un condensateur de taille finie ont été représentées. Expliquer en quoi cette carte de champ corrobore le fait que le champ soit presque nul à l'extérieur du condensateur.

2.3. Capacité du condensateur

- ❖ En déduire la relation entre la charge Q et la différence de potentiel aux bornes du condensateur.
- ❖ En déduire la capacité du condensateur en fonction de ses caractéristiques géométriques e et S , et des propriétés du milieu ϵ_0 situé entre les deux armatures.

2.4. Influence du milieu isolant séparant les deux armatures

Comme mentionné plus haut, les matériaux non-conducteurs peuvent réagir à la présence d'un champ extérieur en se polarisant. Ce phénomène participe à la valeur du champ électrique à l'intérieur du milieu isolant. Aussi la présence d'un milieu isolant entre les armatures d'un condensateur influe sur sa capacité.

On admettra que sous certaines hypothèses (milieu isotrope, linéaire et homogène), l'expression de la capacité établie en supposant que les armatures sont séparées par du vide reste valide en remplaçant la permittivité du vide ϵ_0 par la permittivité du milieu isolant ϵ .

Remarque : On définit la permittivité relative du milieu isolant par $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$. La permittivité relative de qq matériaux : eau 78 ; bois 2 ; plexiglas 3 ; verre 6 – 15 ; etc.

2.5. Densité volumique d'énergie électrique

En électrocinétique, il a été démontré en PCSI-PTSI l'expression de l'énergie stockée par un condensateur.

- ❖ En supposant que cette énergie est stockée dans le champ électrique créé entre les armatures, retrouver sur cet exemple l'expression de l'énergie volumique emmagasinée par le champ électrique

2.6. Résolution de pb : capacité d'un condensateur cylindrique

Un condensateur cylindrique est constitué de deux armatures cylindriques de rayons R_1 et $R_2 > R_1$ et telles que $R_2 - R_1 \ll R_1$. Déterminer la capacité de ce condensateur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
3. Condensateur	
Approche expérimentale du phénomène d'influence. Capacité d'un condensateur plan.	Décrire qualitativement le phénomène d'influence. Exprimer le champ d'un condensateur plan en négligeant les effets de bord. En déduire l'expression de la capacité.
Rôle des isolants.	Prendre en compte la permittivité du milieu dans l'expression de la capacité.
Densité volumique d'énergie électrique.	Citer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique. Retrouver l'expression de la densité volumique d'énergie électrique dans le cas du condensateur plan à partir de la relation $E = \frac{1}{2} CU^2$.

Manip :

- *Attraction d'une sphère légère et conductrice par une règle frottée*
- *Mise en évidence du signe de la charge d'un objet frotté (+ pour plastique, - pour du verre)*
- *Force attractive que l'objet frotté soit chargé positivement ou négativement*
- *Lors mise en contact de l'objet frotté et de la sphère : la force devient répulsive*
- *Mesure de la charge d'un objet grâce à un électroscope (rôle historique découverte muon)*
- *Réalisation d'étincelles grâce à un générateur électrostatique à roue : rôle des condensateurs*