

Champ entre les armatures d'un condensateur plan

Notion de différence de potentiel et d'énergie potentielle électrique

La notion de « champ » est très utilisée en physique.

Un objet de masse m , soumis à son seul poids « tombe » vers le sol. C'est une évidence, parce que nous sommes habitués à l'observer ! Le physicien explique ce phénomène par l'existence d'un « champ de gravitation » produit par la Terre. Un déplacement vertical de l'objet modifie son énergie potentielle dans le champ de pesanteur. Nous savons qu'au cours de la chute, son énergie potentielle diminue. L'objet se déplace naturellement vers le point d'énergie potentielle minimale.

Un raisonnement analogue explique le déplacement des corps du fait de leur charge. L'existence d'un champ de nature différente, un champ dit « **électrique** » ou « **électrostatique** » est à l'origine du déplacement des charges (+ et – en sens inverse). Ce champ est à l'origine du courant électrique dans les conducteurs.

Afin de rendre l'exposé plus simple, nous choisirons un champ électrostatique uniforme.

1. Objectifs :

Donner l'expression du champ électrique dans l'espace compris entre deux plaques parallèles chargées (armatures d'un condensateur plan).

Tracer les équipotentielles et les lignes de champ dans cet espace.

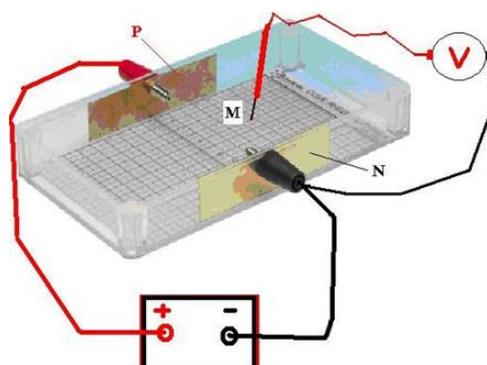
Introduire la notion de différence de potentiel entre deux points et d'énergie potentielle électrique.

2. Exploration du champ électrique dans une cuve rectangulaire :

2.1 Description du dispositif :

Deux plaques parallèles en cuivre espacées de $d=10\text{cm}$, plongent dans une cuve transparente remplie d'une solution de sulfate de cuivre. L'une des plaques (P) est reliée à la borne positive d'un générateur continu de f.e.m $E=10,0\text{V}$; la plaque opposée (N) à la borne négative. Une pointe conductrice en contact avec la solution peut se déplacer dans l'espace entre les plaques. Un voltmètre mesure la tension entre le point de contact M et la plaque N.

Un papier millimétré placé en dessous de la plaque permet de déterminer la position de M lorsque la pointe se déplace.



2.2 Observations et mesures

La pointe se déplaçant parallèlement aux plaques, la tension ne varie pratiquement pas.

A l'inverse, un déplacement perpendiculaire aux plaques la modifie.

Une tension se mesurant entre deux points, posons $U_{MN}=V_P-V_N$ (différence de potentiel entre les points M et N).

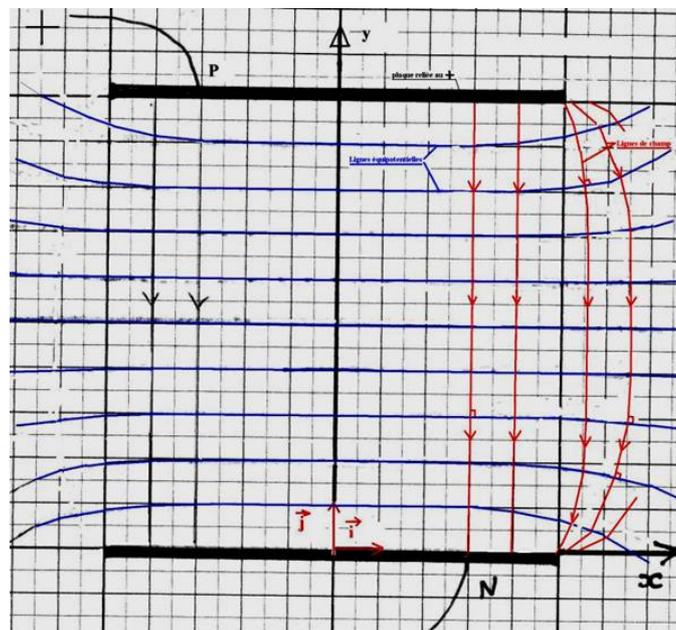
Faisons le choix d'un potentiel nul pour la plaque N ($V_N=0$). Alors $U_{MN}=V_P$.

Le long d'une droite parallèle aux plaques le potentiel ne varie pas : c'est une équipotentielle.

Déplaçons la pointe de N vers P le long de l'axe Oy et notons le potentiel de chaque point .

y(cm)	0	0,7	1,8	2,9	3,9	5	6,1	7,2	8,2	9,3	10
$V_M(V)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Après un grand nombre de mesures, et en joignant tous les points de même potentiel, nous obtenons une cartographie des lignes équipotentielles (celles-ci sont représentées en bleu sur le schéma ci-dessous)



3. Définition du champ électrique :

Le long de l'axe Oy le rapport $E = \Delta V / \Delta y = 1V / 1cm = 100V.m^{-1}$. C'est ici une constante.

Cette grandeur est la variation du potentiel électrique par unité de longueur, par définition, c'est la valeur du champ électrique qui règne entre les plaques.

En effet, le champ **E** est relié au potentiel **V** par la relation mathématique très générale:

$$\vec{E} = \frac{-\Delta V}{\Delta y} \cdot \vec{j} = \frac{-U_{PN}}{d} \cdot \vec{j}$$

Le champ **E** a donc les caractéristiques générales suivantes :

Direction : c'est celle le long de laquelle le potentiel varie le plus par unité de longueur, c'est donc la **normale** aux équipotentielles.

Le sens : c'est celui des potentiels décroissants (le signe moins le dit).

Sa valeur : $E = \frac{\Delta V}{\Delta y} = \frac{V_P - V_N}{d} = \frac{U_{PN}}{d}$ unité [V/m]

4. Caractéristiques du champ entre les armatures d'un condensateur

Le vecteur champ **E** a des caractéristiques quasi identiques en tout point, on dit qu'il est **uniforme**..

Direction : perpendiculaire aux plaques.

Sens : du + vers le -.

Valeur : ici $E = 100 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$.

5. Lignes de champ :

On appelle « lignes de champ », les lignes qui sont en tous les points tangentes au vecteur champ et orientées dans le même sens que lui.

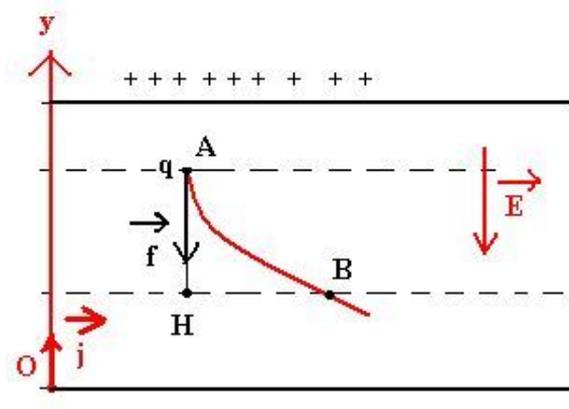
Elles sont donc perpendiculaires aux équipotentielles.

Dans la cuve, les lignes de champ sont donc perpendiculaires aux plaques (sauf au voisinage des bords où le champ n'est plus uniforme) et orientées dans le sens des potentiels décroissants.

6. Énergie potentielle électrique:

Une charge q plongée dans un champ **E** est soumise à une force électrique :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$



Une charge positive aura donc tendance à se déplacer dans le sens du champ. et une charge négative dans le sens contraire. Envisageons un déplacement d'une charge q de A en B (voir fig ci-dessus).

Au cours de son déplacement, la variation d'énergie potentielle de la charge est égale à l'opposé du travail de la force électrique qui s'applique sur elle. (De façon analogue, dans le champ de pesanteur, la variation d'énergie potentielle est l'opposé du travail du poids !).

$$E_B - E_A = -W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

Évaluons le travail de la force électrique de A en B :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q \cdot \vec{E} \cdot \vec{AB} = E \cdot AB \cdot \cos \varphi = q \cdot E \cdot AH = q \cdot U_{AB} = q(V_A - V_B)$$

finalement, la différence d'énergie potentielle s'écrit :

$$E_B - E_A = -q(V_A - V_B) = qV_B - qV_A$$

Par comparaison des termes à droite et à gauche $E_B = qV_B$ et $E_A = qV_A$. est l'énergie potentielle en B puis en A : unités E_B (J) ; q (C) ; V_B (V)

7. Conclusion:

Le déplacement des charges entre deux points (et donc l'apparition d'un courant électrique) est la conséquence d'une différence de potentiel (nous dirons plus souvent « une tension ») entre ces points. Les porteurs de charges ont tendance à suivre les lignes de champ.

Par temps d'orage il est dangereux de rester à proximité des objets pointus car les lignes de champ convergent vers les pointes. Il en résulte une concentration de porteurs de charges et un courant très intense dans celles-ci. lors d'une décharge électrique.

Pour illustrer ces notions, voir le document : « orage , un exemple de condensateur naturel »