
LABORATOIRE 1

LES CHAMPS ÉLECTRIQUES

But

Vérifier quelques propriétés des lignes de champ électrique produites par deux types de distribution de charges électriques :

- Un dipôle électrique
- Deux plaques parallèles

THÉORIE

Le champ électrique

On dit qu'il y a un champ électrique à un endroit quand un objet chargé subit une force électrique quand on le place à cet endroit. Le champ électrique est défini de telle façon que la force sur l'objet est proportionnelle au champ électrique et à la charge de l'objet.

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

Selon cette définition, le champ est dirigé dans le même sens que la force qui s'exercerait sur une particule positive. Il est donc dirigé vers la charge Q si elle est négative, et s'éloigne de la charge Q si elle est positive.

Si on voulait représenter le champ électrique autour d'un objet chargé, il faudrait dessiner un vecteur représentant la grandeur et la direction du champ à chaque point autour de l'objet chargé. Cette solution n'est pas tellement pratique, car il est bien évident que l'on ne peut pas dessiner tous ces vecteurs puisqu'il y a une infinité de points autour de la charge.

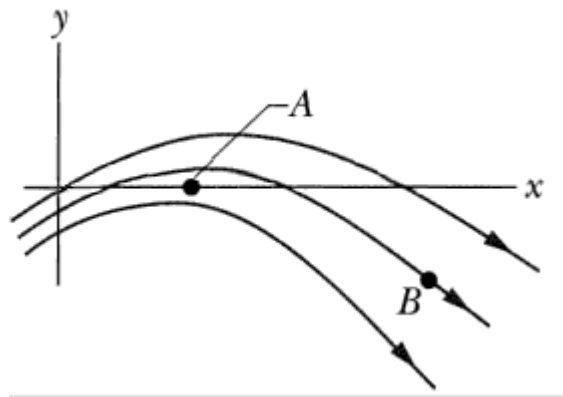
1- Les CHAMPS ÉLECTRIQUES

Les lignes de champs

Pour représenter le champ, nous allons plutôt utiliser des lignes de champ ayant les propriétés suivantes :

- 1) Le champ électrique est tangent aux lignes de champ.
- 2) Le champ électrique est plus intense si les lignes de champ sont plus rapprochées.

Ainsi, si on a une figure représentant le champ électrique, on peut immédiatement avoir une bonne idée de la valeur du champ électrique en un point. Par exemple, dans le cas suivant, le champ au point A est dirigé vers la droite alors qu'il est dirigé vers et la droite et vers le bas au point B . Cela signifie que si on plaçait une charge positive au point A , elle subirait une force vers la droite. De plus, comme les lignes de champ sont plus rapprochées au point A qu'au point B , cela signifie que si on place une charge au point A , elle subira une force électrique plus importante que si on la place au point B .



Par la définition des lignes de champ, on peut déduire une autre propriété importante des lignes de champs :

- 3) Elles ne se croisent jamais (elles peuvent cependant le faire aux endroits où le champ est nul)

Les lignes de champ ne se croisent pas puisque cela impliquerait que le champ électrique est dans deux directions à la fois, ce qui est impossible.

On peut démontrer aussi que pour être en accord avec la deuxième propriété des lignes de champ, jamais il n'est nécessaire qu'une ligne de champ apparaisse ou disparaisse soudainement en un point de l'espace où il n'y a pas de charge. Les lignes de champ doivent toujours commencer à une charge positive et toujours se terminer à une charge négative. De plus, le nombre de lignes de champ qui partent ou qui arrivent à une charge doit être proportionnel à la charge. Les lignes de champ électrique doivent donc respecter

1- Les CHAMPS ÉLECTRIQUES

les deux autres propriétés suivantes :

- 4) Elles vont des charges positives aux charges négatives.
- 5) Le nombre de lignes de champ qui partent d'une charge ou qui arrivent à une charge doit être proportionnel à la charge.

Les lignes équipotentielles

On définit les lignes équipotentielles comme étant des lignes qui rejoignent des points où l'énergie potentielle d'une charge est toujours la même, ou autrement dit, tous les points au même potentiel. Une propriété de ces lignes est d'être toujours perpendiculaires aux lignes de champ. Si ce n'était pas le cas, alors il y aurait une composante de champ électrique dans le sens de la ligne équipotentielle. Ainsi, en se déplaçant le long de la ligne équipotentielle, il faudrait travailler contre le champ électrique, ce qui change l'énergie potentielle et le potentiel, ce qui contredit l'hypothèse de départ. Les lignes équipotentielles et les lignes de champ sont donc toujours mutuellement perpendiculaires.

- 6) Elles sont perpendiculaires aux lignes équipotentielles.

Résumé des propriétés importantes des lignes de champ électrique

Donc, en résumé, les lignes de champ ont les propriétés suivantes :

- 1) Le champ électrique est tangent aux lignes de champ.
- 2) Le champ électrique est plus intense si les lignes de champ sont plus rapprochées.
- 3) Elles ne se croisent jamais, sauf si le champ est nul.
- 4) Elles vont des charges positives aux charges négatives.
- 5) Le nombre de lignes de champ qui partent d'une charge ou qui arrivent à une charge doit être proportionnel à la charge.
- 6) Elles sont perpendiculaires aux lignes équipotentielles

Le champ autour de deux charges ponctuelles.

L'intensité du champ autour d'une charge ponctuelle Q est donnée par

1- Les CHAMPS ÉLECTRIQUES

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

où r représente la distance de la charge ponctuelle. Avec deux charges ponctuelles, il suffit de faire la somme vectorielle des deux champs.

Le champ entre deux plaques parallèles

L'intensité du champ électrique entre deux plaques est donnée par

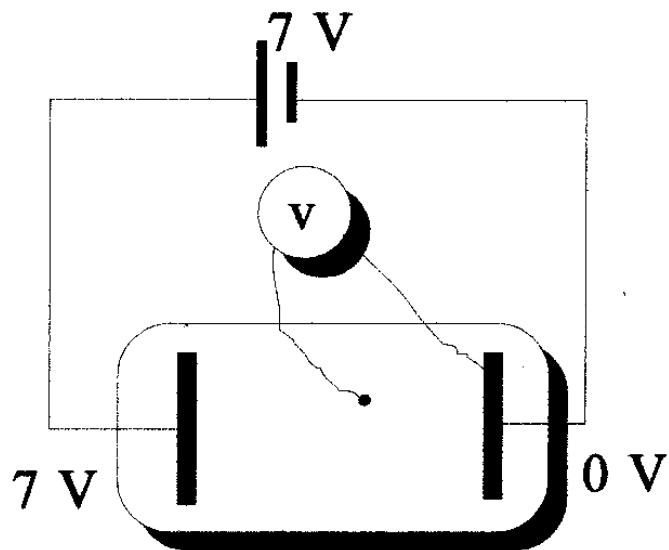
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

où σ est la densité de charge des plaques. On voit que l'intensité de champ ne dépend pas de la position et que le champ électrique entre deux plaques est donc uniforme.

MÉTHODE UTILISÉE

Bien entendu, les lignes de champ ne sont pas visibles directement puisqu'elles ne sont en fin de compte que des outils mathématiques. Il faut donc trouver un moyen de tracer ces lignes indirectement. La méthode la plus évidente consiste à utiliser les lignes équipotentielles.

Sur une feuille de carbone, deux surfaces métalliques sont chargées en les reliant à une pile. Comme le carbone est légèrement conducteur, il se produit un faible courant électrique entre les deux régions métalliques. Ce courant suit les lignes de champ puisque les charges qui forment le courant subissent une force électrique qui, par définition, est tangente aux lignes de champ.



1- Les CHAMPS ÉLECTRIQUES

À l'aide d'un voltmètre, on détermine sur la feuille plusieurs séries de points qui sont au même potentiel. Cela permet d'en déduire les lignes équipotentiellles. On peut alors tracer les lignes de champ, car celles-ci sont perpendiculaires aux lignes équipotentiellles.

Nous allons nous faciliter la vie un peu en travaillant avec des nombres entiers. Nous voulons avoir quelques lignes équipotentiellles, disons six. Ainsi, nous allons créer une différence de potentiel de 7 V entre nos deux régions métalliques. De cette façon, si on utilise le voltmètre et qu'on laisse une des bornes sur la région métallique à 0 V, Nous allons observer la différence de potentiel qui augmente graduellement de 0 V à 7 V à mesure que l'on déplace l'autre borne du voltmètre de la région métallique à 0 V vers la région métallique à 7 V.

Si on veut tracer la ligne équipotentielle de 3 volts, on place une borne sur la région à 0V et on cherche tous les points qui nous donnent une différence de potentiel de 3 volts en promenant la deuxième borne sur la plaque. En marquant ces points et en les reliant, on obtient la ligne équipotentielle à 3 volts. On recommence aux autres potentiels (de 1 à 6 volts) pour finalement avoir 6 lignes équipotentiellles.

Appareils

- Voltmètre
Incertitude de 0,05 % + 3 chiffres
- Plaque conductrice
- Source de courant

Manipulations

Dipôle électrique

- Tout d'abord, il faut placer une feuille blanche sur la plaque. Reproduisez les contours du dipôle. Il sera utile que vous reproduisiez aussi la grille de points sur la feuille de carbone. Ces points sont là pour vous aider à vous repérer.

1- Les CHAMPS ÉLECTRIQUES

- Branchez ensuite votre plaque sur la source de potentiel que vous ajusterez à 7 V.
- Branchez ensuite votre voltmètre. Une borne sur le dipôle à 0 volt et l'autre libre.
- En promenant la deuxième borne, trouvez alors les points qui sont à 1 volt, 7 ou 8 suffiront. Attention ! Les points de la feuille sont faits de peinture isolante. Il ne faut donc pas placer une borne du voltmètre directement sur un des points, ce qui fausserait les résultats.
- Reliez les points ainsi obtenus pour obtenir la ligne équipotentielle à 1 volt.
- Recommencez pour 2 volts, et ainsi de suite jusqu'à 6 volts.
- Une fois les lignes équipotentielles trouvées, tracez les lignes de champ électrique à main levée en vous servant du fait qu'elles sont perpendiculaires aux lignes équipotentielles. Tracez-en 7 ou 8.

Plaques parallèles

Recommencez les mêmes manipulations, mais en utilisant les plaques parallèles.

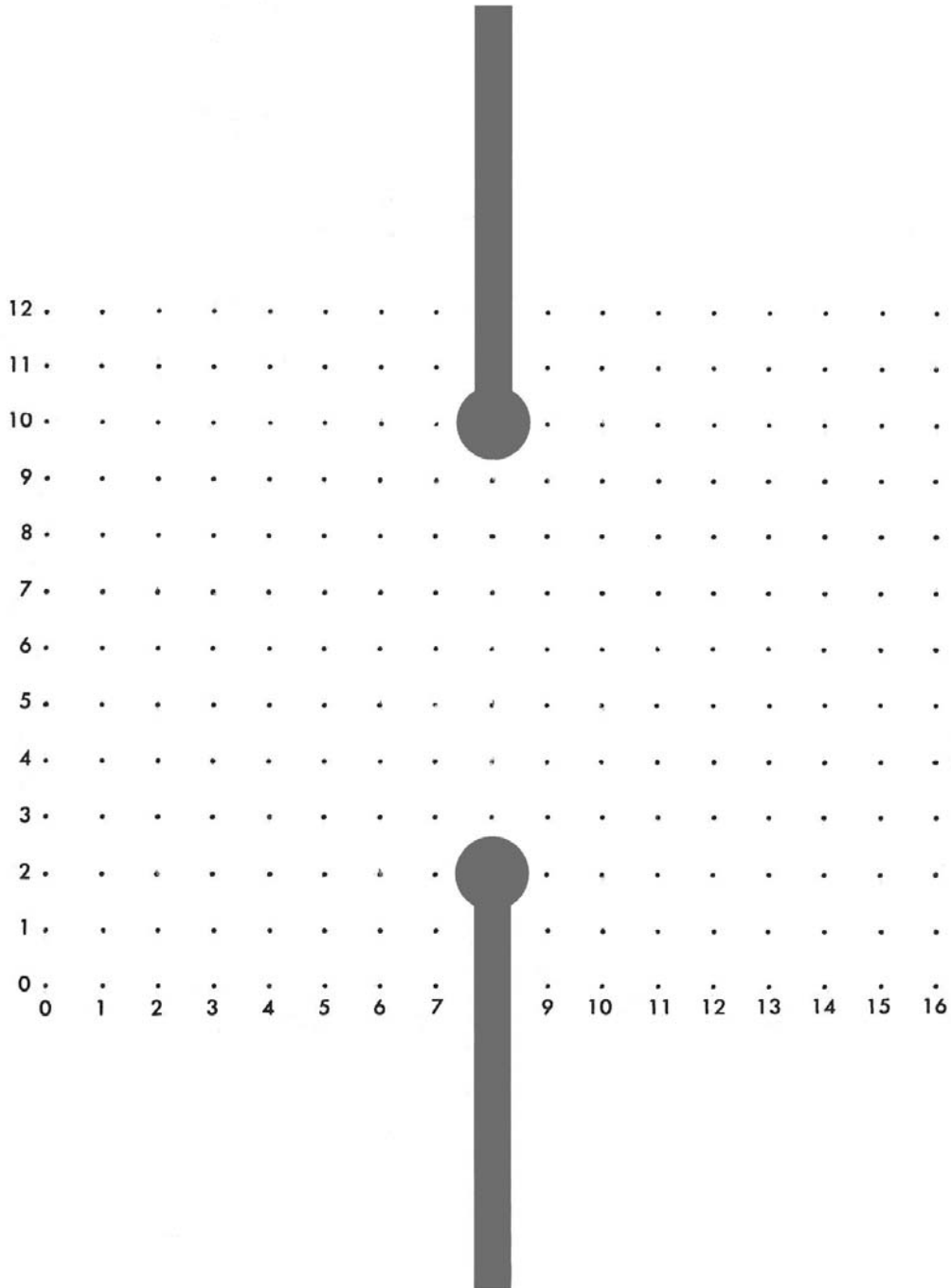
CALCULS

Il n'y a aucun calcul à faire. N'est-ce pas merveilleux ça ?

ANALYSE DES RÉSULTATS

On doit vérifier si les lignes de champ sont conformes aux 6 propriétés qu'elles devraient avoir.

1- Les champs ÉLECTRIQUES



1- Les champs ÉLECTRIQUES

