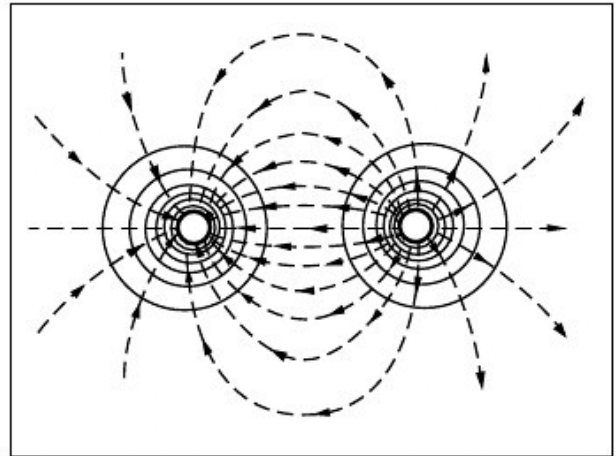

Introduction

Le Modèle PK-9023 Cartographie d'un champ électrique est composé de deux éléments fondamentaux. Le premier est un papier carbone dans la gamme de résistance de $5\text{ K } \Omega$ à $20\text{ K } \Omega$ par mètre carré. Ce papier permet un espace de conduction et de direction entre les électrodes. Le deuxième élément est une encre conductrice dispensée par un stylo. L'encre est produite avec des particules d'argent dans un liquide de suspension. Lorsque l'encre sèche, les flocons d'argent forment un conducteur, (ou des électrodes d'encre conductrices). La résistance de l'encre est entre $0,03$ et $0,05\text{ } \Omega / \text{cm}$ pour une ligne de 1 millimètre de large.

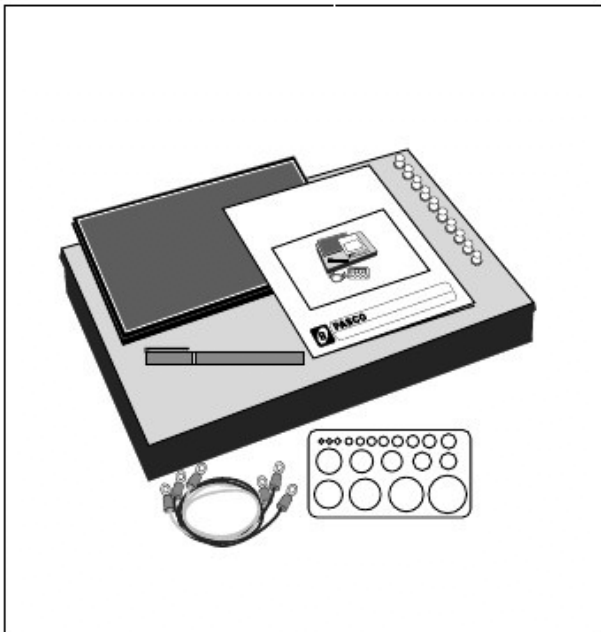
Puisque le papier a une résistance finie, un courant peut circuler à travers pour produire une différence de potentiels. Ce courant est fourni par les électrodes d'encre conductrices qui provoque un saut de potentiel entre les bornes. A cause de la grande différence entre la résistance de l'encre et la résistance du papier, ce saut de potentiel est inférieur à 1 % de celui produit dans le papier. Donc ce saut de potentiel à travers les électrodes peut être considéré négligeable.



Lignes de champs et équipotentielles

Idéalement, il serait bien que l'instrument de mesure ait une impédance infinie. Un électromètre tel que le modèle de PASCO ES-9054B serait optimal, cependant, un voltmètre électronique standard avec au moins $10\text{ M } \Omega$ d'impédance d'entrée est suffisant. Comme cette impédance est au moins 100 fois plus grande que celle du papier, la plus grande distorsion de champs qui peut être produits par le voltmètre est approximativement de 1 %.

Equipement



Le modèle PK-9023 Cartographie d'un champ électrique inclut:

- 100 feuilles de papier conducteur avec une grille de 23x 30 cm
- un stylo d'encre conductrice en argent pour environ 60 mètres de ligne continue
- une surface de travail en bois de liège.
- 10 punaises pour attacher le papier à la planche
- 3 fils pour raccorder les électrodes.
- un gabarit de cercle pour dessiner les conducteurs.
- un grand plateau en plastique pour conserver le papier.

Les éléments suivants peuvent être commandés séparément

- | | |
|---|--------------|
| Stylo d'encre conducteur | Réf PK-9031B |
| 100 feuilles de papier conducteur 23x 30 cm avec grille | Réf PK-9025A |
| 100 feuilles de papier conducteur 30x 46 cm (sans grille) | Réf PK-9026A |

Mise en route

IMPORTANT :

L'encre conductrice en argent atteint son maximum de conductivité après 20 minutes de séchage. Pour des résultats optimaux planifiez votre emploi du temps pour dessiner les conducteurs à l'avance.

1. Prévoir et esquisser la disposition (la taille, la forme et l'espacement) des conducteurs pour être étudiés sur un morceau de papier. Ces conducteurs peuvent être de n'importe quelle forme en deux dimensions, tel que des lignes courbées, des cercles, des points, des carrés, etc. Comme les conducteurs chargés seront en fait les électrodes d'encre conductrice, ils seront considérés comme des électrodes.
2. Dessiner les électrodes sur le papier noir (voir Figure 1).

NOTE : C'est la partie la plus difficile de l'expérience. Suivre ces points avec attention

- a. Placer le papier conducteur, coté imprimé en haut, sur une surface lisse et dure. **Ne pas dessiner les électrodes lorsque que le papier est sur la planche en liège.**
- b. Secouer le stylo d'encre conductrice (avec le capuchon !!) vigoureusement pendant 10 à 20 secondes pour disperser les particules suspendues dans l'encre.
- c. Enlever le capuchon. Appuyer légèrement sur le bout du crayon tout en pressant fermement le réservoir d'encre, pour permettre à l'encre de couler. En appuyant fortement sur le papier, on peut dessiner une ligne ferme, la pression détermine la largeur du conducteur. (voir Figure 2)



Figure 2

- d. Une fois qu'une ligne satisfaisante est produite sur un brouillon, par exemple, dessiner les électrodes sur le papier noir conducteur. Si la ligne est trop fine ou pointillée, dessiner en repassant dessus. Une ligne bien dessinée et épaisse est essentielle pour de bonnes mesures.

La ligne sèche à l'air en 3 à 5 minutes à température ambiante. Cependant, les électrodes atteindront le maximum de conductivité seulement à partir de 20 minutes de séchage.

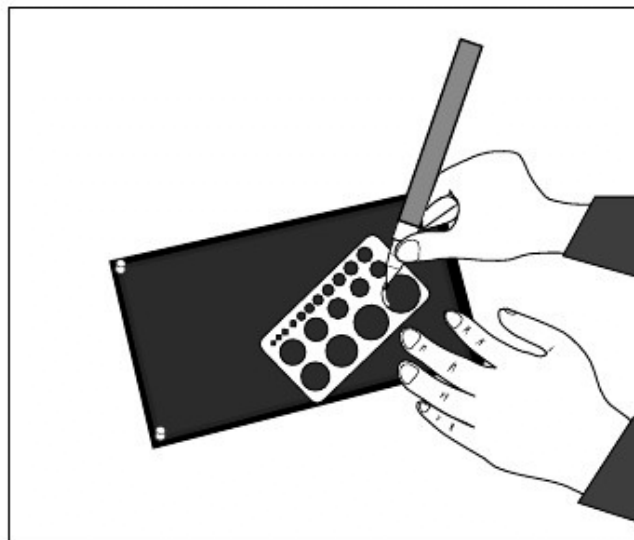


Figure 1

- e. Un gabarit en plastique est inclus dans le kit, pour dessiner des cercles (voir Figure 3). Placer le canevas sur le papier conducteur et dessiner les cercles avec le crayon à encre conductrice.

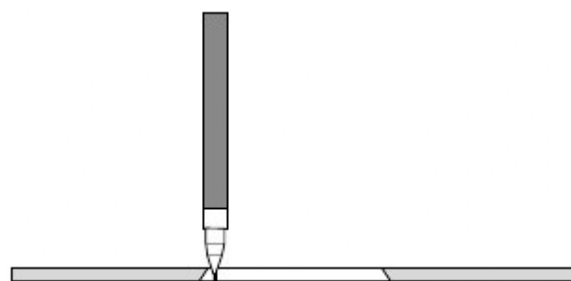
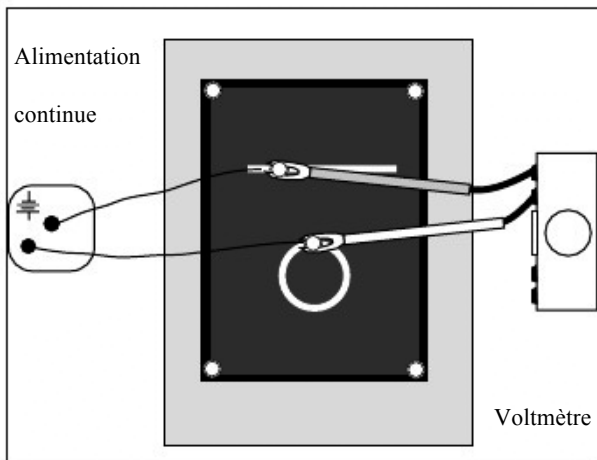


Figure 3

3. Accrocher le papier conducteur sur la planche en liège en utilisant les punaises fournies.

4. Raccorder les électrodes à une pile, une alimentation électrique de courant continu, ou autre source potentielle dans la gamme de 5 à 20 V en utilisant les cordons fournis. (voir Figure 4). L'alimentation devra être capable de fournir 25 mA



a. Placer l'extrémité d'un fil de connexion au-dessus d'une électrode, puis épingler une punaise à travers le connecteur jusqu'à la planche de liège. Vérifier que la punaise maintient le connecteur fermement à l'électrode. (Voir la Figure 5).

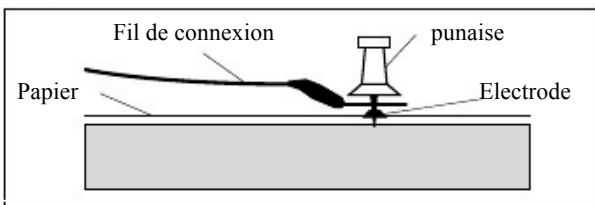


Figure 5

NOTE : Vérifier que la surface du connecteur qui touche l'électrode est propre. Un connecteur sale peut provoquer un mauvais contact.

Connecter l'autre bout du fil à l'alimentation

LE VOLTMÈTRE

Deux conditions que doit remplir le multimètre pour être utilisé avec cette maquette :

- Avoir une impédance d'entrée de $10\text{ M}\Omega$ ou plus
- Posséder une plage de mesure supérieure ou égale à la différence de potentiels entre les électrodes.

5. Pour vérifier la conductivité propre des électrodes, positionner les pointes de touche près de la punaise d'une électrode. Toucher ensuite la deuxième pointe du voltmètre à un autre endroit de la même électrode. Si l'électrode a été correctement dessinée, le potentiel maximum entre deux points sur la même électrode n'excédera pas 1 % de la tension qui est appliqué entre les deux électrodes.

NOTE : Ce test peut seulement être fait si la source est connectée aux deux électrodes.

Si ce n'est pas le cas, enlevez alors le papier de la planche en liège et redessinez à nouveau les électrodes avec le stylo à encre métallique.

6. Les équipotentielles sont tracées en connectant une pointe de touche du voltmètre à la punaise d'une des électrodes (la terre). Cette électrode devient maintenant la référence. L'autre pointe du voltmètre (la sonde) est utilisée pour mesurer le potentiel à n'importe quel autre point sur le papier, simplement en touchant le papier avec la sonde.

Pour dessiner la carte des équipotentielles, déplacer la sonde jusqu'au potentiel désiré et faire une lecture sur le voltmètre. Marquer le papier à ce point avec par exemple un crayon de couleur clair. Continuer à déplacer la sonde, mais seulement dans la direction qui maintient le voltmètre à la même lecture de potentiel. Continuer à marquer ces points. Tracer ensuite la ligne équipotentielle en joignant ces points

7. Pour tracer les lignes de champ, aucune pointe du voltmètre n'est raccordée à une électrode. Au lieu de cela les deux pointes du voltmètre seront placées sur le papier conducteur côte à côte à une distance de séparation de 1 centimètre. Il est bien d'accrocher les deux pointes du voltmètre à l'aide de scotch. (voir Figure 7). La technique est d'utiliser le voltmètre pour trouver la direction d'une électrode qui suit la ligne de la plus grande différence de potentiel de point à point.

NOTE : Ne pas essayer d'effectuer des mesures en plaçant les pointes du voltmètre sur le quadrillage du papier conducteur.

Poser la pointe uniquement sur les zones noires du papier. Il peut être nécessaire d'utiliser un voltmètre de plus haute sensibilité pour mesurer les lignes de champ

Pour tracer les lignes de champ sur le papier conducteur, placer la pointe du voltmètre connectée à la terre près d'un des dipôles. Placez l'autre pointe du voltmètre sur le papier et noter la lecture du voltmètre. Pivotez maintenant la pointe du voltmètre sur plusieurs positions en gardant la pointe reliée à la terre sur la même position (voir Figure 7). Relever les valeurs du voltmètre de chaque nouveau point testé sur le papier. Quand le potentiel est le plus haut, dessiner une flèche sur le papier de la position de la pointe de terre à la pointe avant (voir Figure 8).

Puis déplacer la pointe de terre au bout de la flèche.

Répéter l'action de pivoter et de toucher avec la pointe avant jusqu'à ce que la lecture dans une direction donnée soit plus haute. Dessiner une nouvelle flèche. Répéter l'action de mettre la terre mène au bout de chaque nouvelle flèche et trouver la direction dans lequel la différence potentielle est la plus haute. Finalement, les flèches dessinées de cette manière formeront une ligne de champ électrique.

Revenir au dipôle et sélectionner un nouveau point où placer la pointe de terre du voltmètre. De nouveau, mesurer avec la pointe avant jusqu'à ce que la direction de la plus haute différence de potentielle soit trouvée. Dessiner une flèche d'une pointe à l'autre et répéter le processus jusqu'à avoir une nouvelle ligne de champ. Continuer à choisir de nouveaux points et dessiner les lignes de champ autour du dipôle original (voir Figure 6).

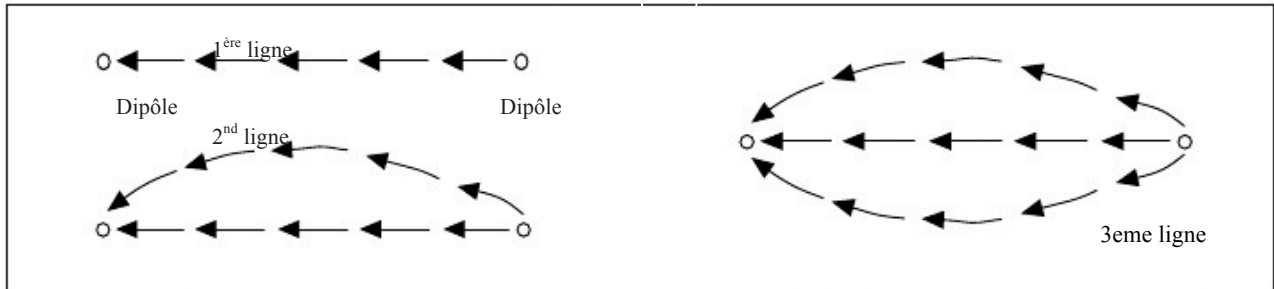


Figure 6 (exemple de 3 lignes de champ entre dipôles différents)

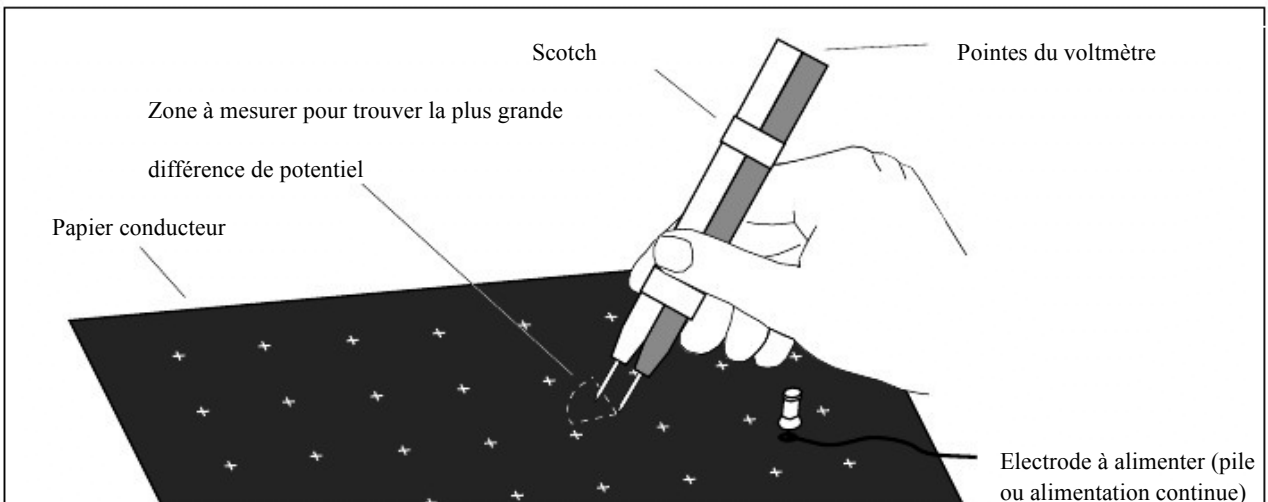


Figure 7

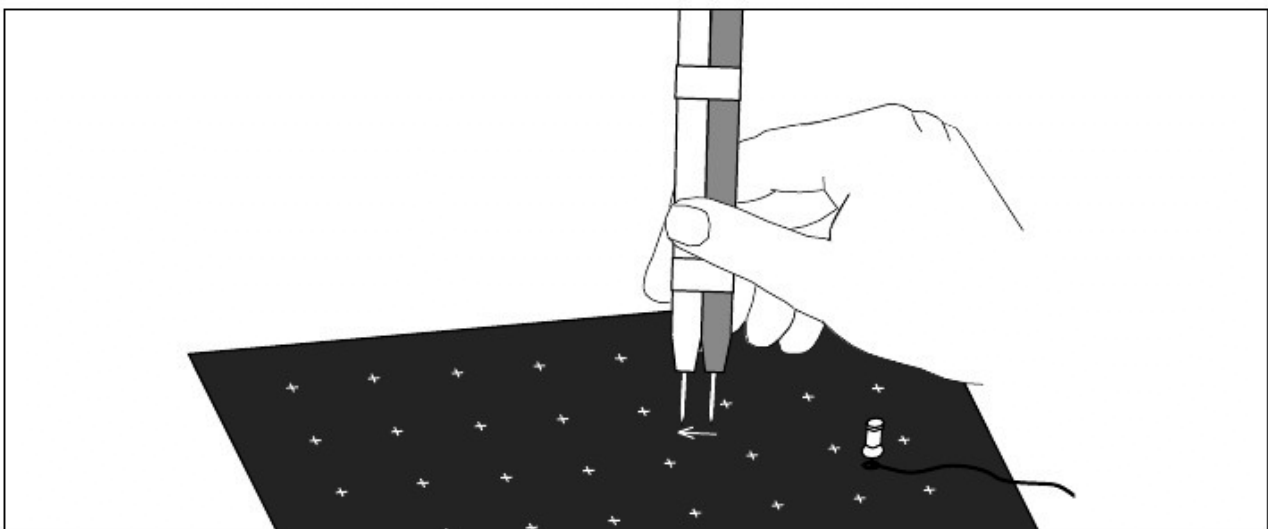


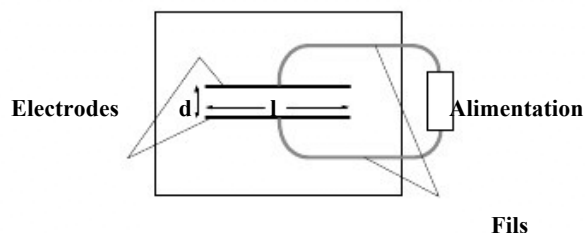
Figure 8

Expériences

Ci-dessous sont suggérées des expériences de cartographie de gradients de champ et d'équipotentiels en utilisant le modèle. Le vrai intérêt de cet équipement, repose dans sa flexibilité complète autorisant l'utilisateur à concevoir n'importe quel système de charges et ensuite de tracer la carte des équipotentiels et des lignes de champ.

NOTE : Seules les connexions d'alimentation électrique sont montrées sur les schémas suivants. Les connexions du voltmètre ne sont pas montrées parce qu'elles varient selon les équipotentiels ou gradients de champ.

Condensateur à plaques parallèles



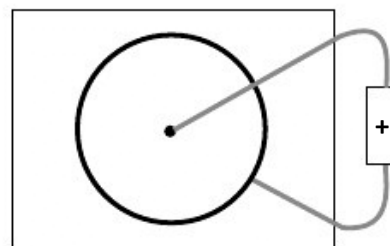
Questions

Quel est le champ à l'extérieur des plaques ?

Comment le ratio de la longueur des plaques sur l'écartement entraîne un effet bordant à l'extrémité des plaques ?

Quelle forme de plaques, ou peut-être quelles électrodes supplémentaires pourrait éliminer cet effet ?

Point Source et Anneau



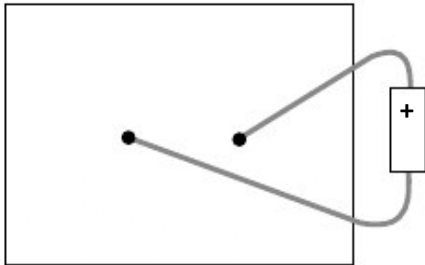
Questions

Quelle relation peut être extrapolée entre la distance du point source de la valeur équipotentielle ?

Cette même relation serait-elle la même si le système était tridimensionnel ?

Quel rôle tient l'anneau dans cette expérience ?

Dipôles de charges opposées

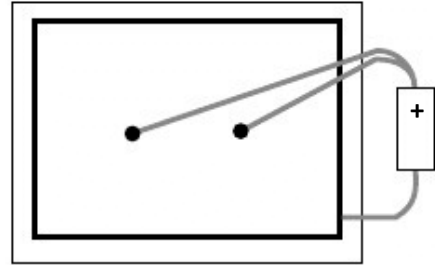


Questions

Quelle est la relation entre la direction de la valeur maximale d'une ligne de champ et d'une ligne d'équipotentiels à un même point ? (une relation géométrique)

Quel effet apporte la taille finie du papier noir sur le champ électrique ?

Dipôle de même charge



Question

Comment comparer le champ électrique de cette configuration avec celui de la configuration de charges opposées ?

Quelle distorsion du champ est produite par la large électrode autour du papier ?

Electrode flottante



Avant de dessiner l'électrode circulaire, cartographier les équipotentiels des 2 électrodes droites. Dessiner ensuite l'électrode circulaire et recartographier les équipotentiels.

Questions

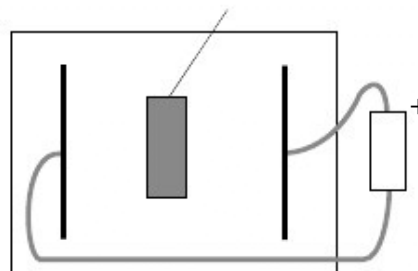
Comment l'électrode circulaire modifie-t-elle le champ ?

Quel est le potentiel de l'électrode circulaire ? Celui de l'aire situé à l'intérieur de l'électrode ?

Quel sera l'effet si on bouge le cercle ?

Isolant Flottant

Trou rectangulaire



Avant de découper l'isolant dans le papier, cartographier les équipotentiels des 2 électrodes droites. Couper ensuite une section de papier rectangulaire et recartographier les équipotentiels

Questions

Comment l'isolant rectangulaire modifie-t-il le champ ?

Quel sera l'effet si on bouge l'isolant ?
