

Chap.4 – Electrostatique : Activités

Potentiel électrique et propriétés topographiques

1. Potentiel électrostatique

1.2 Equation de Poisson – Intérêt de la notion de potentiel

Activité 1 : Démonstration à connaître ☼

Déterminer l'équation aux dérivées partielles vérifiée par le potentiel électrostatique $V(M)$ et le reliant à la distribution de charge $\rho(M)$.

1.3 Différence de potentiel et circulation du champ électrique (relation intégrale E – V)

Activité 2 : Raisonnement canonique ☼

On revient sur le lien « loi d'ohm locale \leftrightarrow loi d'ohm intégrale » dans le cas simple supposant le champ \vec{E} uniforme dans un conducteur rectiligne de section constante.

Cette fois-ci, on part de la loi locale pour trouver l'expression de la résistance électrique du tronçon de conducteur.

- A. Etablir le lien entre le courant I traversant une section S du conducteur et la projection horizontale $j(x)$ de la densité de courant $\vec{j}(M)$
- B. Etablir le lien entre la tension U aux bornes du tronçon et la projection horizontale $E(x)$ du champ électrique $\vec{E}(M)$
- C. En déduire l'expression de la résistance électrique en fonction de la conductivité

1.6 Vous avez dit « Energie électrique » ?

Activité 3 : Mise au point ☼

Pour chaque formule énergétique électrique ci-dessous, rappelez :

- La nature exacte du terme (i.e. l'unité)
- L'échelle de description : macro, méso (locale), micro
- S'il s'agit d'une énergie stockée / échangée
- Quel système stocke de l'énergie ? / quels éléments s'échangent de l'énergie ?

Formules : UI ; RI^2 ; $\frac{1}{2}CU^2$; $\vec{j} \cdot \vec{E}$; $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$; qV ; $q\vec{E} \cdot \vec{v}$

1.8 Potentiel créé par quelques distributions déjà étudiées

Activité 4 : Potentiel créé par une charge ponctuelle ☆

Le champ électrostatique créé par une telle distribution a déjà été déterminé au chapitre précédent. **En déduire** l'expression du potentiel électrique. On pourra fixer la constante d'intégration en choisissant de prendre le potentiel nul à l'infini.

Activité 5 : Potentiel créé par une charge ponctuelle ☆

De même, **déterminer** le potentiel créé par un cylindre rectiligne infini uniformément chargé :

- en volume
- puis en surface : noter la rupture de pente de $V(r)$

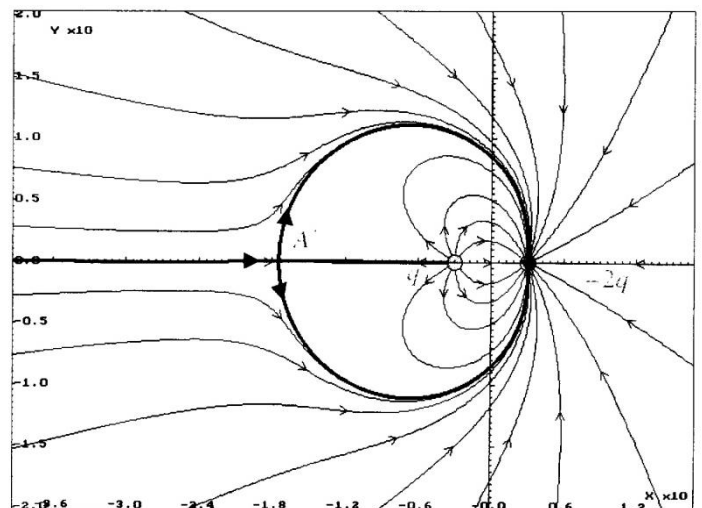
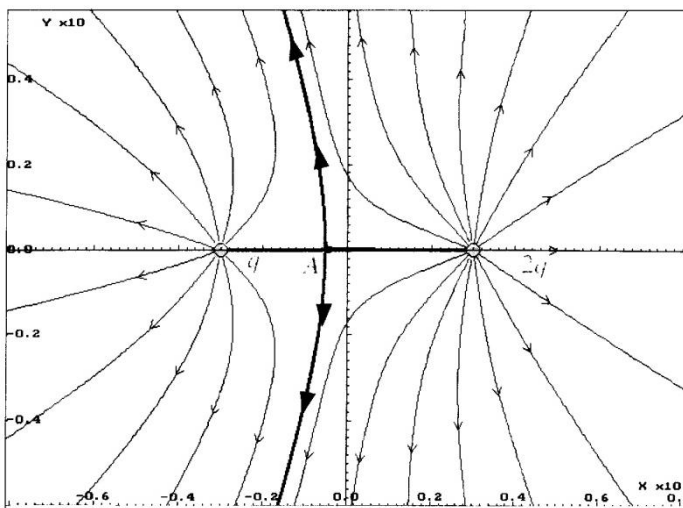
Déterminer également le potentiel créé par une sphère uniformément chargée en volume

2. Propriétés topographiques du champ et du potentiel

2.1. Propriétés des lignes de champ électrostatique

Activité 6 : Exemples canoniques de cartes de champ ☆

Discuter des différents aspects discutés précédemment sur les cartes de champ ci-dessous.



2.2. Surfaces équipotentielles et lignes de champ

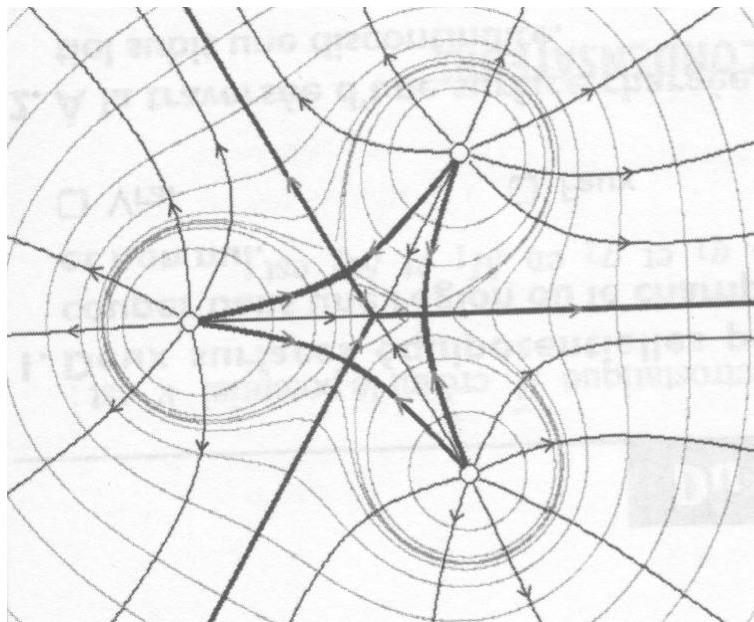
Activité 7 : Tracé de cartes de champ et d'équipotentielles ★

Pour les trois exemples traités précédemment (charge ponctuelle, cylindre et sphère, **tracer** l'allure des équipotentiels et des lignes de champ

Activité 8 : Analyse d'une carte de champ et d'équipotentiels ★

Trois charges aux sommets d'un triangle équilatéral. Les lignes de champ et les équipotentiels sont tracées sur la figure ci-dessous.

- A. Quels sont les signes des trois charges ?
- B. Que peut-on dire du champ et du potentiel au centre du triangle ?
- C. Trouver trois points de champ nul.
- D. Que peut-on dire du potentiel en ces points ? Identifier trois « cols de potentiel » en forme de selle de cheval (analogie avec les cols en montagne).
- E. En déplaçant notre regard au hasard depuis un point de l'espace, comment peut-on savoir si l'on se déplace vers une zone de champ plus fort (ou plus faible) ?



2.3. Evaluation du champ électrique à partir d'un réseau d'équipotentielles (vidéo)

➤ Activité 9 : Exemple canonique ☼

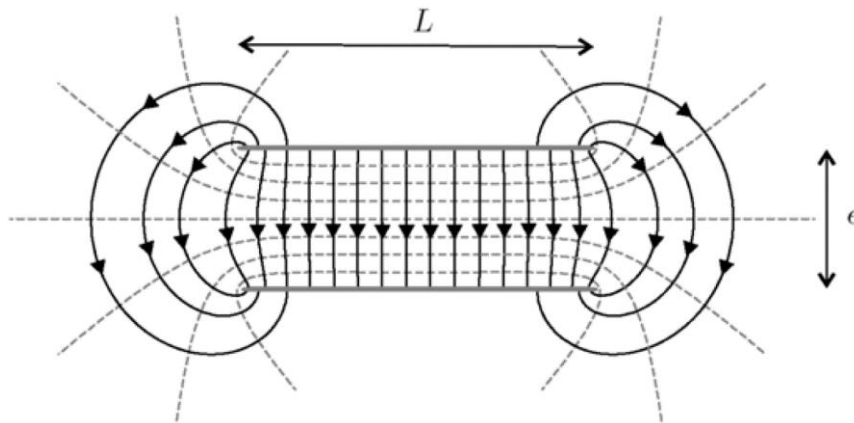
Les lignes de champ et équipotentielle créées par un condensateur plan sont représentées ci-dessous. Elles ont été tracées à l'aide d'un logiciel de calcul numérique.

On se place tout d'abord dans la zone centrale du condensateur.

- ❖ Grâce au dessin, montrer que le champ électrique reste constant quand on se déplace verticalement
- ❖ Montrer qu'il est constant lorsqu'on se déplace horizontalement (tout en ne s'approchant pas trop des bords)
- ❖ En déduire que le champ électrique est uniforme dans la zone centrale du condensateur plan
- ❖ En déduire que la ddp entre deux équipotentielle est la même pour tout couple d'équipotentielle
- ❖ Montrer que le champ faiblit lorsqu'on sort du condensateur par les côtés
- ❖ A l'extérieur du condensateur, le champ augmente-t-il quand on s'approche des armatures ?

Les deux armatures sont séparées de $1,6 \text{ mm}$ et la différence de potentiel est de 16 V .

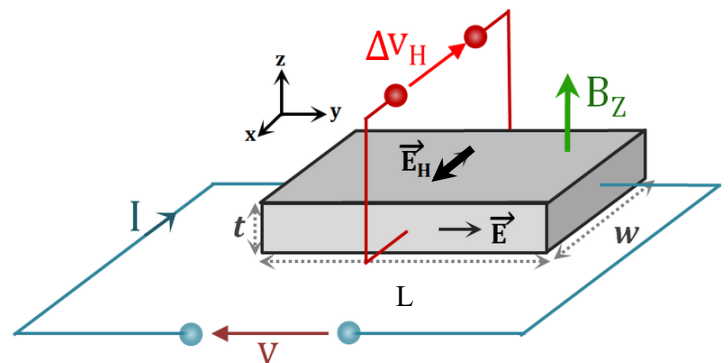
- ❖ Estimer le champ électrique en différentes zones de l'espace



3. Approche descriptive de l'effet Hall

➤ Activité 10 : Effet Hall (VIDEO) ☼

On considère un tronçon rectangulaire de conducteur d'épaisseur t , de largeur w , et de longueur L . Le conducteur ohmique est soumis à un champ électrostatique uniforme \vec{E} selon sa longueur. Un champ magnétostatique uniforme \vec{B} est appliqué verticalement.



- ❖ Expliquer *qualitativement* le mouvement des électrons dans le tronçon lors du régime transitoire.
- ❖ Les électrons ne pouvant pas sortir du conducteur, ils s'accumulent sur une face. En déduire l'existence à l'intérieur du conducteur d'un champ électrostatique \vec{E}_H , dit **champ de Hall**, dirigé selon la largeur du conducteur. On précisera son sens.

On se place en régime stationnaire, et on suppose tous les champs uniformes dans le conducteur.

Le champ de Hall compense exactement la force magnétique sur les électrons (c'est la raison pour laquelle ils ne sortent pas du conducteur).

- ❖ En déduire l'expression du champ de Hall en fonction de \vec{j} et \vec{B} .

A ce champ de Hall est associé un potentiel électrostatique. La différence de potentiel entre les deux faces latérales du conducteur s'appelle **la tension de Hall** ΔV_H .

- ❖ Exprimer ΔV_H en fonction de $\|\vec{E}_H\|$, et montrer que $\Delta V_H = C_H \frac{IB}{t}$, en exprimant la constante de Hall C_H en fonction de n (densité de porteurs) et q (charge d'un porteur).