

Chap.4 – Topographie du champ et du potentiel électrostatique

1. Ligne de champ – Tube de champ

- 1.1. Définition d'une ligne de champ
- 1.2. Définition d'un tube de champ
- 1.3. Propriétés des lignes de champ
- 1.4. Exemples de cartes de champ

2. Surfaces équipotentielles

- 2.1. Définition d'une équipotentielle
- 2.2. Surfaces équipotentielles et lignes de champ
- 2.3. Exemples de cartes de champ

1. Ligne de champ – Tube de champ

1.1. Définition d'une ligne de champ

Une ligne de champ est telle qu'en chacun de ses points M , le vecteur champ électrostatique lui est **tangent**. Localement, en un point M , sa **direction** est donnée par celle du champ, et elle est **orientée** dans le sens du champ.

- Tracer qualitativement sur un schéma les lignes de champ dans le cas d'une charge ponctuelle, positive, puis négative.
- Tracer qualitativement les lignes de champ dans le cas d'un fil rectiligne infini et uniformément chargé.
- Idem pour un plan infini uniformément chargé.

1.2. Définition d'un tube de champ

L'ensemble des lignes de champ s'appuyant sur un contour fermé engendre une surface appelée **tube de champ.**

- Pour les 3 cas précédents, dessiner l'allure d'un tube de champ s'appuyant sur un contour carré.

Pour un tube de champ ne contenant pas de charges, le flux entrant à travers la face d'entrée du tube est égal au flux sortant à travers la face de sortie. Cette propriété est un corollaire du Théorème de Gauss.

Dans ce cas, si la face de sortie est plus grande que celle d'entrée, alors la norme du champ est plus petite à la sortie qu'à l'entrée.

(ou de manière équivalente :)

Dans une zone sans charges, le champ est plus intense dans les zones où les lignes de champ se resserrent.

1.3. Propriétés des lignes de champ

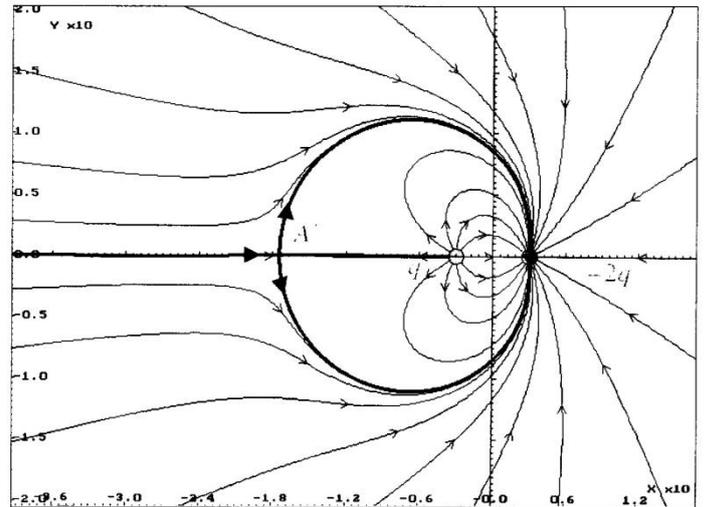
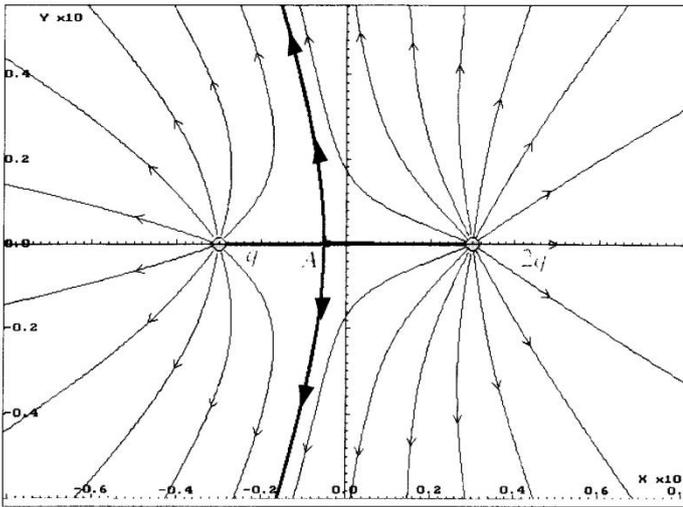
1. Deux lignes de champ *ne peuvent se couper* en un point M de l'espace que :
 - si le champ est nul en ce point M
 - ou si le champ n'est pas défini en ce point M

En dehors de ces deux cas particuliers, *deux lignes de champ ne peuvent pas se couper*.

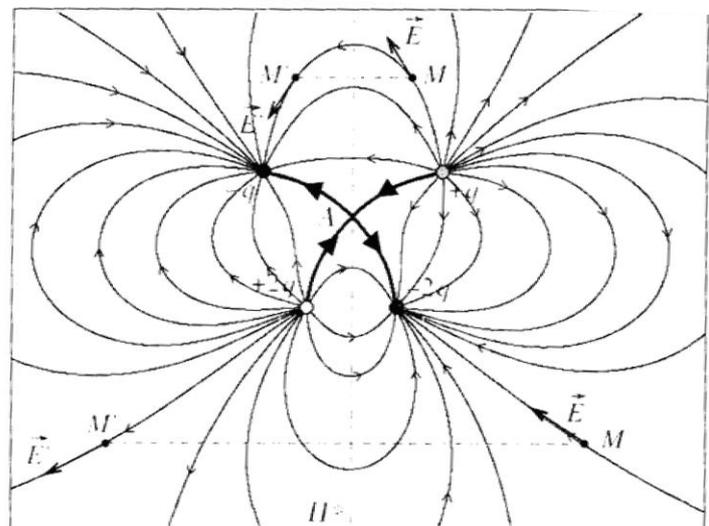
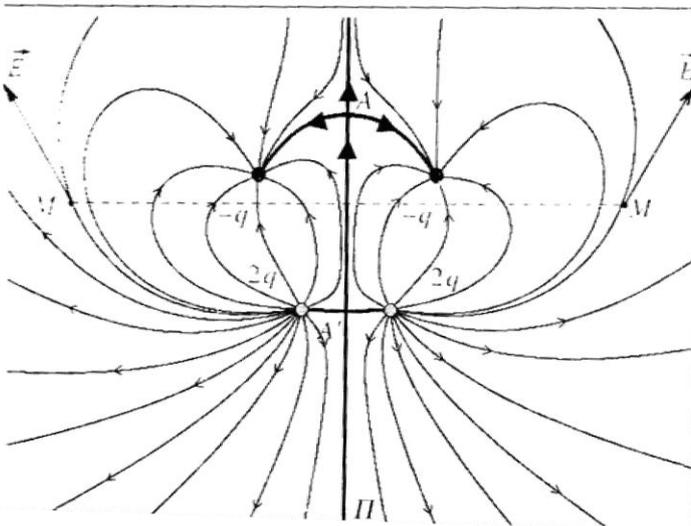
2. D'après l'expression du champ généré par une charge ponctuelle, les lignes de champ *divergent depuis une charge positive, et convergent vers une charge négative*.
3. Une ligne de champ *ne peut pas se refermer sur elle-même*. En effet, le champ électrostatique est à circulation conservative. Une ligne de champ peut commencer sur une charge $+$ et finir sur une charge $-$, ou commencer à l'infini et finir à l'infini.

1.4. Exemples de cartes de champ

- Discuter des différents aspects discutés précédemment sur la carte de champ ci-dessous :



- Faire de même pour la carte ci-dessous, en discutant aussi des propriétés de symétrie plane (ou d'antisymétrie plane) du champ :



2. Surfaces équipotentielles

2.1. Définition d'une équipotentielle

Une équipotentielle est le lieu des points de même potentiel V_0 . A chaque valeur de potentiel V_0 considérée correspond une équipotentielle : $V(M) = V_0$.

Dans une zone de champ non nul, on va montrer que ce sont des surfaces.

Deux surfaces équipotentiennes différentes ne peuvent pas se couper.

2.2. Surfaces équipotentiennes et lignes de champ

Une ligne de champ est localement (en un point M) **orthogonale** aux surfaces équipotentiennes. Cela n'est vrai que si le champ est non nul au point M considéré.

Le potentiel décroît le long d'une ligne de champ.

Si les lignes de champ convergent en un point où le potentiel est défini, le potentiel admet un *minimum local* en ce point.

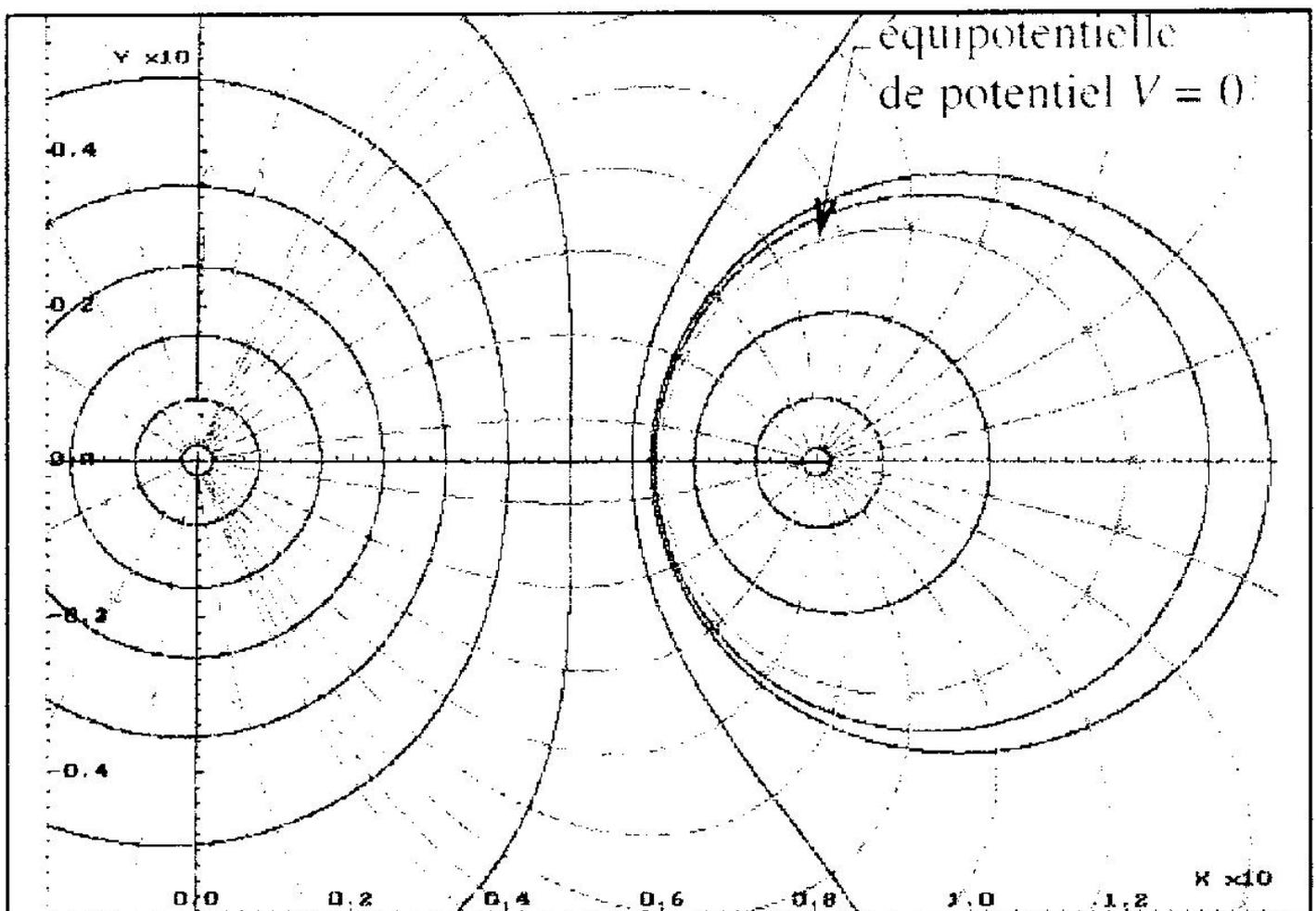
Si les lignes de champ divergent à partir d'un point où le potentiel est défini, le potentiel admet un *maximum local* en ce point.

- Pour les trois exemples traités précédemment, tracer l'allure des équipotentiennes.

On vérifie bien les propriétés d'invariances et de symétries du potentiel, énoncées au chapitre précédent.

2.3. Exemples de cartes de champ

- Une charge + à gauche de valeur absolue 3 fois supérieure à la charge négative à droite. Orienter les



lignes de champ.

- Trois charges aux sommets d'un triangle équilatéral. Quels sont leur signe ? D'après les symétries des lignes de champ et des équipotentielles, que peut-on dire des valeurs respectives de ces charges ?
- Que peut-on dire du champ et du potentiel au centre du triangle ? Trouver trois points de champ nul. Que peut-on dire du potentiel en ces points ?

