

## Distributions continues de charges

Séance 4 en Distanciel – PHY104 : Electrostatique et Electrocinétique

Ing. Agbassou Guenoukpati, Département du Génie Electrique, ENSI, Université de Lome, Togo

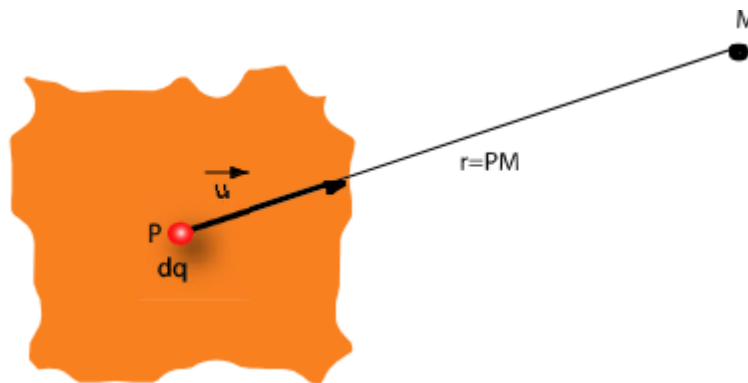
### Objectif du cours

Au cours de cette presentation, vous apprendrez ce qui suit :

- Calculer le champ électrostatique pour des distributions de charges discrète et continues ;
- Déterminer les lignes de champ ;

### 4.1. Introduction

En pratique, cette expression est rarement utilisable puisque nous sommes la plupart du temps amenés à considérer des matériaux comportant un nombre gigantesque de particules. C'est simplement dû au fait que l'on ne considère que des échelles spatiales très grandes devant les distances inter-particulaires, perdant ainsi toute possibilité de distinguer une particule de l'autre. Il est dans ce cas plus habile d'utiliser des distributions continues de charges.



Soit P un point quelconque d'un conducteur et  $dq(P)$  la charge élémentaire contenue en ce point. Le champ électrostatique total créé en un point M par cette distribution de charges est :

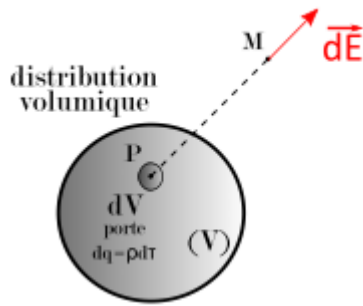
$$\vec{E}(M) = \int_{Dist} \vec{dE}(M)$$

avec

$$\vec{dE}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}$$

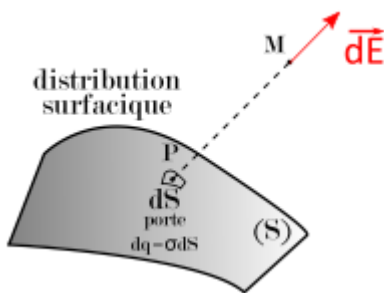
Mathématiquement, tout se passe donc comme une charge ponctuelle  $dq$  était située en un point P de la distribution, créant au point M un champ électrostatique  $\vec{dE}(M)$ , avec  $r = PM$  et  $\vec{PM} = PM\vec{u}$ . Il s'agit évidemment d'une approximation, permettant de remplacer une somme presque infinie par une intégrale

On définit  $\rho = \frac{dq}{dv}$  étant la densité volumique de charges (unités :  $\text{Cm}^{-3}$ ).. Le champ électrostatique créé par une telle distribution est donc



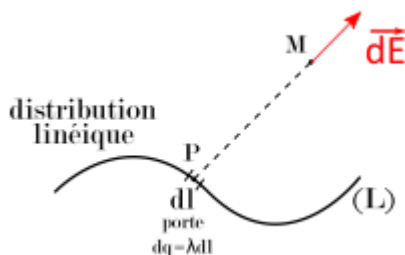
$$\vec{E}(M) = \iiint_V \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho}{r^2} \vec{u} dv$$

Lorsque l'une des dimensions de la distribution de charges est beaucoup plus petite que les deux autres (ex : un plan ou une sphère creuse), on peut généralement faire une intégration sur cette dimension. On définit alors la densité surfacique de charges par  $\sigma = \frac{dq}{dS}$  (unités :  $\text{Cm}^{-2}$ ). Le champ électrostatique créé par une telle distribution est donc



$$\vec{E}(M) = \iint_S \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma}{r^2} \vec{u} dS$$

Enfin, si deux des dimensions de la distribution sont négligeables devant la troisième on peut définir une densité linéique de charges  $\lambda = \frac{dq}{dl}$  (unités :  $\text{Cm}^{-1}$ ), associé au champ



$$\vec{E}(M) = \int_L \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r^2} \vec{u} dl$$

### Définition et continuité du champ électrique

Mathématiquement, les intégrales écrites précédemment impliquent certaines contraintes en terme de définition et de continuité des champs :

- dans le cas d'une distribution linéique de charges, le champ est défini et continu en tout point de l'espace sauf sur la distribution elle-même ;

- dans le cas d'une distribution surfacique de charges, le champ est défini et continu en tout point de l'espace sauf sur la distribution elle-même. Il est donc discontinu à la traversée de la surface ;
- dans le cas d'une distribution volumique de charges, le champ est défini et continu en tout point de l'espace, sans restriction.

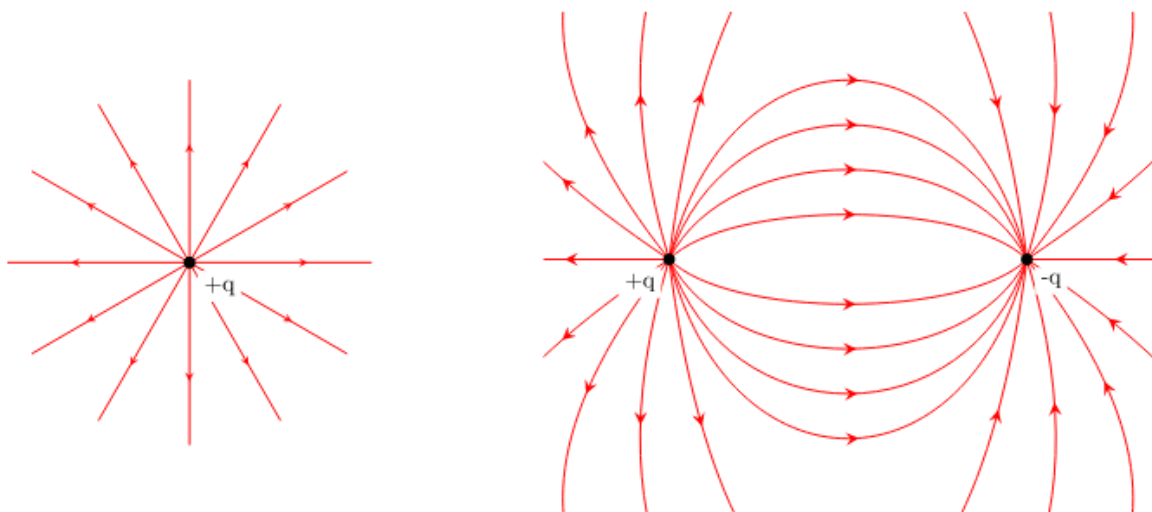
### Visualisation d'un champ électrique : lignes de champ

La présence d'un champ électrique n'est pas quelque chose de facile à visualiser. Grâce aux lignes de champ, on a une idée de la cartographie du champ électrique dans une portion d'espace.

Une ligne de champ est une ligne orientée dans le sens du champ électrique, en chaque point de celle-ci, le champ électrique est tangent.

La valeur du champ  $\vec{E}$  peut varier le long d'une ligne de champ, les lignes de champ ne permettent donc de connaître que la direction du champ.

Cependant, dans une région vide de charge, plus les lignes de champs sont serrées, plus le champ électrique est intense. Sur la figure ci-dessous sont représentées les lignes de champs pour deux distributions de charges.



### Références

- [1] Electromagnétisme PCSIP. Krempf - Editions Bréal 2003
- [2] Physique Cours compagnon PCSI T. Cousin / H.Perodeau - Editions Dunod 2009
- [3] Electromagnétisme 1ère année MPSI-PCSI-PTSI - JM.Brébec - Editions Hachette
- [4] Cours de physique, électromagnétisme, 1.Electrostatique et magnétostatique - D.Cordier - Editions Dunod
- [5] La physique en fac cours et exercices corrigés - Emile Amzallag - Joseph Cipriani - Jocelyne Ben Aïm - Norbert Piccioli
- [6] [http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées\\_polaires\\_et\\_cylindriques](http://wiki.sillages.info/index.php/Coordonnées_polaires_et_cylindriques)
- [7] <http://epiphys.emn.fr>
- [8] <http://turrier.fr/maths-physique/coordonees/systemes-de-coordonnees.html>
- [9] <https://nptel.ac.in/courses/115/106/115106122/>