



Module M 1.4 : Electrostatique - Electrocinétique

T.D N° 2 : Champ et potentiel électrostatique créée par des distributions de charges continues

Exercice 2.1. Champ électrostatique créé à une distance r de son axe par un fil uniformément chargé

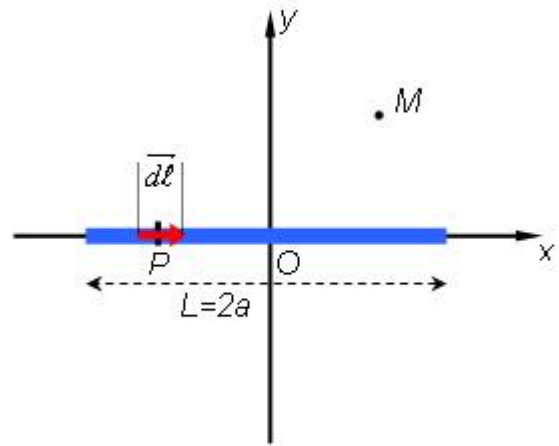
Soit un fil de longueur $L = 2a$ et de diamètre négligeable est disposé le long de l'axe $x'Ox$, de façon que O soit en son milieu.

Ce fil porte la charge positive Q uniformément répartie selon sa longueur.

On étudie le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ qu'il crée en un point $M(x,y)$ du plan xOy .

On donne $a = 1,0\text{ m}$ et $Q = 4,0\text{ nC}$.

1. Evaluer numériquement la densité linéique de charge λ .
2. Donner l'expression algébrique du champ élémentaire $d\vec{E}$ créée au point M par un élément de longueur $d\ell$ de fil au point P repéré par son abscisse ℓ ($-a < \ell < a$).
3. Donner l'expression algébrique du potentiel élémentaire dV créée au point M par l'élément de longueur $d\ell$ de fil au point P .
4. Ecrire les intégrales permettant de donner les composantes E_x et E_y du champ créé par l'ensemble du fil au point M . (On ne cherchera pas à calculer ces intégrales).
5. Calculer $\vec{E}(M)$, quand la distance OM est grande devant L . Comparer à l'expression du champ dû à une charge ponctuelle en O . Commenter.
6. A quelle condition peut-on considérer que le fil est infiniment long? Quelle est alors la direction de \vec{E} ? En déduire la direction de \vec{E} quand la distance OM est petite devant L .
7. Donner l'allure des lignes de champ dans le plan xOy dans le cas d'un fil de longueur L .



Exercice 2.2. Champ électrostatique et potentiel créé par un demi-cercle ^[*]

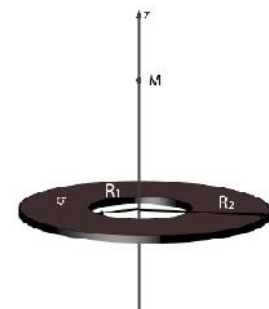
Un demi-cercle de rayon R porte une distribution continue de charges, dont la densité linéique λ est uniforme. O étant le centre de ce demi cercle. L'espace est réduit à deux dimensions (O, \vec{e}_x, \vec{e}_y).

1. Calculer le champ \vec{E} et le potentiel V au point O .
2. Que deviennent les expressions obtenues quand le demi cercle est remplacé par un cercle.

Exercice 2.3. Champ électrostatique créé sur son axe par une rondelle plane chargée uniformément

Une rondelle métallique de rayon extérieur R_2 et de rayon intérieur R_1 porte une charge répartie uniformément (densité surfacique de charge σ).

1. En paramétrant la position d'un point P de la rondelle par ses coordonnées polaires (r, θ) , déterminer l'expression du champ électrostatique sur l'axe de la rondelle à la distance z de son centre en fonction de σ, R_1, R_2 et z .



[*] (A faire comme devoir à la maison)

2. Retrouver le résultat à partir du calcul du potentiel. En coordonnées cylindriques, le gradient s'écrit :

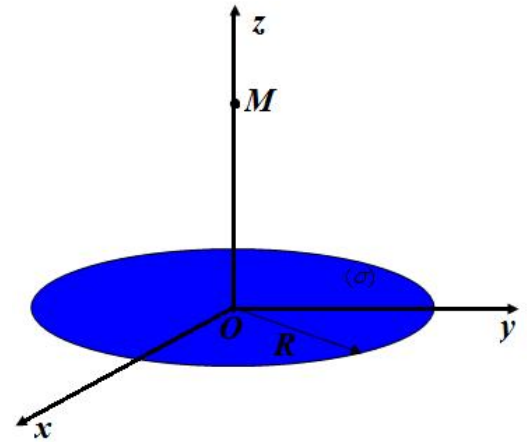
$$\vec{\text{grad}}(V) = \vec{\nabla}(V) = \frac{\partial V}{\partial r} \vec{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \vec{e}_\theta + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{e}_z.$$

3. Etudier le cas particulier $R_I = 0$. Quel est le champ créé par un plan chargé infini.

Exercice 2.4. Distribution de charge surfacique non uniforme

On considère un disque de centre O et de rayon R , chargé avec la densité de charge $\sigma = A.r^2$, ou A est une constante.

1. Donner les dimensions de la constante A , puis l'unité dans le système international.
2. Quelle est la charge totale Q portée par le disque ?
3. Trouver le champ électrostatique créé par cette distribution de charges en un point M quelconque de l'axe Oz .



Exercice 2.5. Directions du champ d'un dipôle électrostatique et symétries

1. Un dipôle de moment dipolaire $\vec{p} = p \vec{e}_x$ est placé en O origine du repère. Déterminer l'expression du champ électrostatique créé par ce dipôle aux points suivants:

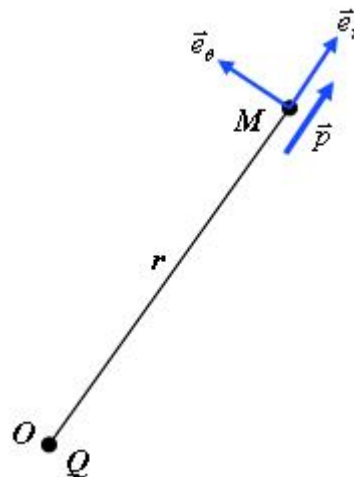
$M_1(x = r, y = 0)$, $M_2(x = 0, y = r)$, $M_3(x = 0, y = -r)$ et $M_4(x = -r, y = 0)$.

2. Faire une représentation graphique du champ en chacun des quatre points.

Exercice 2.6. Interaction d'une charge et d'un dipôle [*]**

On place une charge positive Q à l'origine du repère de centre O et un dipôle électrostatique de moment dipolaire \vec{p} en un point M à la distance r de O .

Le dipôle est dans la direction et est de même sens que \vec{OM} . Calculer la force exercée sur le dipôle par la charge ponctuelle ainsi que la force exercée par le dipôle sur la charge ponctuelle.



[***] (A faire comme devoir à la maison)