

L2 - Physique pour les Sciences de l'Univers

TD N°4

Jeudi 4 mai 2006

Exercice 1 : Calculer des champs électriques

Pour les distributions de charge suivantes, choisir un système de coordonnées adapté à la symétrie de l'objet :

1) Une circonférence C de rayon a , de centre O et d'axe Ox porte une charge Q uniformément répartie : champ électrique en tout point de l'axe ? (potentiel?)

2) Un fil de longueur $2a$ est uniformément chargé (densité linéique λ) : quel est le champ électrique à une distance r , au niveau du milieu du fil ? On pourra essayer par calcul intégral (difficile) ou en passant par l'expression du potentiel, puis en déduire le champ. Que devient ensuite l'expression du champ si $r \ll a$? Si $r/a = 1\%$ et qu'on considère le fil comme infini, quelle est l'erreur sur le calcul du champ ?

3) Un disque de rayon a est uniformément chargé en surface (densité surfacique σ). Calculer le potentiel électrique en un point situé sur l'axe passant par le centre et orthogonal au disque, à une distance r . En déduire le champ électrique en ce point (essayer pour comparer la méthode de calcul intégral directement pour le champ). Extrapoler pour un disque "infini" ($a \gg r$).

4) Deux plans "infinis" sont chargés uniformément en surface, de charges surfaciques opposées : calculer le champ électrique entre ces deux plans, et à l'extérieur des 2 plans ?

Exercice 2 : Théorème de Gauss

1) Calculer les champs précédents, pour le fil infini, puis le plan infini, en utilisant le théorème de Gauss avec une surface judicieusement choisie.

2) Une sphère de rayon a est uniformément chargée en volume (densité de charge ρ). Quel est le champ électrique à la distance r du centre, si $r > a$? Et pour $r < a$? Pouvez-vous faire le lien avec l'accélération de la pesanteur g , qui résulte aussi d'une force en $1/r^2$, quand on cherche à la calculer à l'intérieur et à l'extérieur d'une sphère (la Terre) ?

Application : Le champ électrique à la surface de la Terre peut être mesuré avec des appareils électroniques très sensibles : il est d'environ 100 N/C (V/m), orienté perpendiculairement à la surface de la Terre, vers l'intérieur. Quelle est la charge de la Terre, surfacique ou totale ? En déduire le déficit ou l'excès d'électrons correspondant. Que peut-on dire alors sur l'atmosphère terrestre ?

3) Une sphère est chargée uniformément en surface, de charge totale Q . On veut connaître le champ et le potentiel à l'intérieur et à l'extérieur de cette sphère, en faisant le moins de calculs possibles.