



## TD EM11 : champ électrostatique

### Exercice 1 : forces d'interaction électrostatique

- Calculer la force électromagnétique qui lie un proton et un électron dans un atome.
- Comparer cette force avec la force gravitationnelle entre ces deux particules. Conclure.
- Calculer la force électromagnétique qui s'exerce entre deux protons au sein du noyau d'un atome. Pourquoi le noyau de l'atome n'explose-t-il pas ?

#### Données

- Charge élémentaire :  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Masse de l'électron :  $m_e = 9.31 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- Masse du proton :  $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- Rayon moyen d'un atome :  $R = 10^{-10} \text{ m}$
- Rayon moyen d'un noyau d'atome :  $r = 10^{-15} \text{ m}$
- Constante gravitationnelle :  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ SI}$
- Permittivité du vide :  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ SI}$

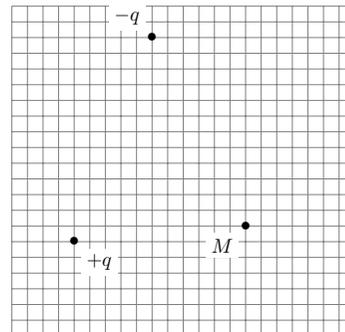
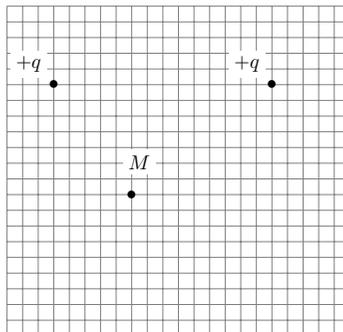
### Exercice 2 : densités de charges

Un objet sphérique de rayon 1,5 cm porte la charge  $Q = 3.3 \mu\text{C}$ .

- Que vaut sa densité volumique de charge si on considère l'objet uniformément chargé en volume ?
- Que vaut sa densité surfacique de charge si on considère l'objet uniformément chargé en surface uniquement ?
- A combien d'électrons correspond cette charge électrique  $Q$  ?

### Exercice 3 : champ électrique créé par deux charges ponctuelles

Représenter le champ électrique créé au point M dans les cas suivants :



### Exercice 4 : élément infinitésimal de surface et surface

- Exprimer la surface élémentaire  $dS$ , située dans le plan  $xOy$ , en fonction des coordonnées cartésiennes puis en fonction des coordonnées polaires.
- En déduire, par un calcul intégral, la surface d'un carré de côté  $a$  (avec les coordonnées cartésiennes) puis la surface d'un disque de rayon  $R$  (avec les coordonnées cylindriques).

### Exercice 5 : étude de symétries et d'invariances

- On considère un plan infini uniformément chargé en surface.
  - Quel est le système de coordonnées le plus approprié pour ce problème ? Comment l'orienter (faire un dessin) ?
  - Etudier les symétries et invariances de la distribution et donner l'expression du champ  $\vec{E}$  (variable(s) de dépendance et composante(s)) en un point  $M$  situé en dehors du plan.
    - Il existe un plan de symétrie particulier pour cette distribution.
      - Lequel est-ce ?
      - Quelle conséquence a son existence sur le champ électrique en deux points  $M$  et  $M'$  situés de part et d'autre du plan ? Faire un schéma et trouver une relation entre  $\vec{E}(M)$  et  $\vec{E}(M')$ .
- On considère une sphère uniformément chargée en volume.
  - Quel est le système de coordonnées le plus approprié pour ce problème ?
  - Etudier les symétries et invariances de la distribution et donner l'expression du champ  $\vec{E}$  (variable(s) de dépendance et composante(s)) en un point  $M$  situé en dehors de la sphère.

### Exercice 6 : champ créé par un disque uniformément chargé (méthode intégrale)

Soit un disque de centre  $O$ , de rayon  $R$ , uniformément chargé et portant la densité surfacique de charge  $\sigma$ . On cherche l'expression du champ électrique créé par cette distribution en tout point de l'axe de révolution du disque.

- Choisir le système de coordonnées adéquat pour étudier cette distribution.
- Étudier les invariances et symétries de la distribution afin de simplifier l'expression du champ électrique.
- Trouver l'expression du champ électrique en utilisant la méthode intégrale.
- Comment trouver, à partir de cette situation, l'expression du champ électrique créé par un plan infini chargé uniformément en surface ?

### Exercice 7 : champ créé par un cerceau uniformément chargé (méthode intégrale)

Soit un cerceau de rayon  $R$  uniformément chargé portant la densité linéique de charge  $\lambda$  : trouver l'expression du champ électrique créé en un point  $M$  situé sur l'axe passant par le centre du cerceau.