

CC1
Électromagnétisme
28 Octobre 2021 — PréIng2

Durée : 1h (1h20 en cas de tiers temps)

Consignes :

- *les documents sont interdits ;*
- *tous les objets électroniques (calculatrice, téléphone, tablette, ordinateur) de même que les montres connectées sont interdits ;*
- *les déplacements et les échanges sont interdits.*

Instructions pour répondre :

- *vérifier que le sujet est composé de 8 pages ;*
- *Veillez à ne pas dégrafer les feuilles ;*
- *chaque question ne comporte qu'une seule réponse vraie ;*
- *il n'y a pas de point négatif pour une mauvaise réponse ;*
- *remplir en noir la case correspondant à la bonne réponse ;*
- *utiliser un crayon à papier pour colorier les cases et faire les schémas ;*
- *une case simplement cochée ne sera pas comptabilisée.*

Identification

Veillez coder votre numéro d'étudiant à gauche, et compléter la case à droite. Ce numéro se trouve après votre date de naissance sur votre carte étudiante. La première colonne code le premier chiffre, ...

- 0 0 0 0 0 0 0 0
- 1 1 1 1 1 1 1 1
- 2 2 2 2 2 2 2 2
- 3 3 3 3 3 3 3 3
- 4 4 4 4 4 4 4 4
- 5 5 5 5 5 5 5 5
- 6 6 6 6 6 6 6 6
- 7 7 7 7 7 7 7 7
- 8 8 8 8 8 8 8 8
- 9 9 9 9 9 9 9 9

Nom et prénom :
Groupe :

Questions de cours (7 points)

(1 pt) **Q.1** En s'aidant de la figure sur la *loi de Coulomb*, donner l'expression de la force $\vec{F}_{1/2}$ exercée par la charge ponctuelle q_1 sur la charge ponctuelle q_2 , située à la distance r_{12} :

Aucune de ces réponses n'est correcte.

$\vec{F}_{2/1} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$

$\vec{F}_{1/2} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$

$\vec{F}_{1/2} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$

(0,5 pt) **Q.2** Un volume V a une *distribution volumique de charges* de densité ρ , la charge totale Q vaut alors :

$Q = \iint_S \rho dV$

$Q = \iint_V \rho dV$

$Q = \iiint_V \rho dV$

(0,5 pt) **Q.3** Le *volume élémentaire en coordonnées sphériques* s'écrit :

$dV = r \sin \theta dr d\theta d\varphi$

$dV = r^2 dr d\theta d\varphi$

$dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\varphi$

(0,5 pt) **Q.4** Soit une distribution surfacique de charges, de densité σ uniforme et constante. La charge totale Q pour une surface d'aire S devient :

$Q = \rho S$

$Q = \sigma V$

$Q = \sigma S$

(0,5 pt) **Q.5** Le facteur k dans la loi de Coulomb, dépend du milieu. Et dans le vide, il vaut :

$k = 1/(4\pi\epsilon_0)$

$k = 1/(4\pi\epsilon)$

$k = 1/(\pi\epsilon_0)$

(1 pt) **Q.6** En étudiant les plans de *symétrie pour la distribution des charges*, on trouve que

la direction du champ électrostatique \vec{E} en M est celle de la droite orthogonale à un plan Π de symétrie, passant par M .

la direction du champ électrostatique \vec{E} en M est celle de la droite intersection d'au moins deux plans d'anti-symétrie, passant par M .

le champ électrostatique \vec{E} en M est contenu dans tout plan Π de symétrie, passant par M .

Q.7 Une particule ponctuelle de charge q' , en un point M de l'espace, est soumise à une force \vec{F} (autre que son poids et nulle si $q' = 0$). Alors, le champ électrostatique \vec{E} au point M est tel que :

$\vec{F} = q\vec{E}$

$\vec{F} = q'\vec{E}$

$\vec{F} = \vec{E}/q'$

Q.8 Le *champ électrostatique créé par une distribution volumique de charges* peut s'écrire :

$$\vec{E}(M) = \iiint_{P \in V} \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}$$

$$\vec{E}(M) = \iiint_{M \in V} \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}$$

$$\vec{E}(M) = \iiint_{P \in V} \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{u}$$

Q.9 Soient les charges q' en M et q en P , le champ électrostatique en M s'écrit :

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q'}{(PM)^3} \overrightarrow{PM}$

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(PM)^3} \overrightarrow{PM}$

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(PM)^2} \overrightarrow{PM}$

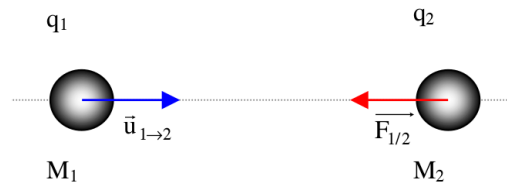
Q.10 À partir du schéma correspondant, on peut écrire le champ électrostatique créé par une *distribution quelconque de charges* comme :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{P \in V} \frac{\vec{r} - \vec{r}'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^2} \rho(r') dV$$

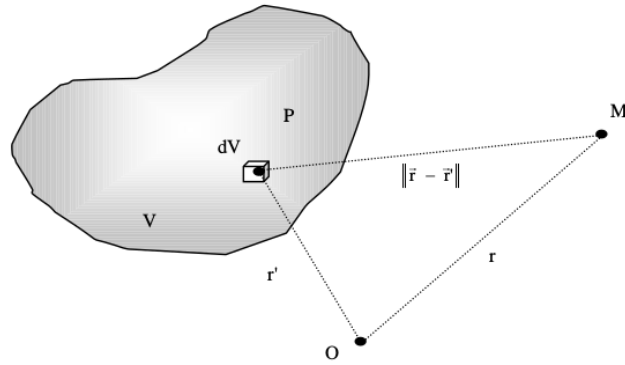
$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{P \in V} \frac{\vec{r} - \vec{r}'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} \rho(r') dV$$

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{P \in V} \frac{\vec{r} - \vec{r}'}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} \rho(r) dV$$

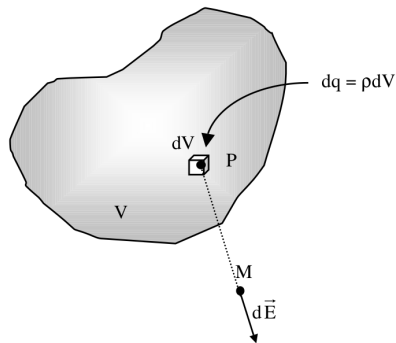
CORRECTION



Cours : Loi de Coulomb.

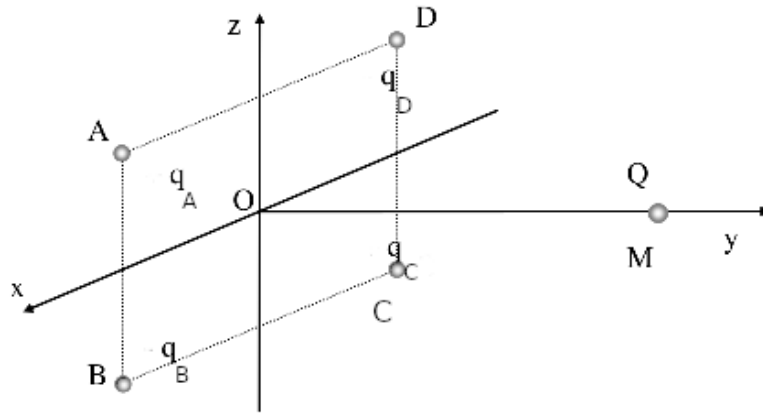


Cours : Champ électrostatique pour une distribution quelconque de charges.



Cours : Distribution volumique de charges et champ électrostatique créé.

Exercice 1 - Quatres charges électricques (7 points)



Quatre charges électricques ponctuelles q_A (située en A), q_B (située en B), q_C (située en C) et q_D (située en D) sont placées au sommet d'un carré $ABCD$.

Le carré $ABCD$ est de centre O , de côté $2 \times a$ et appartient au plan Oxz . On s'intéresse alors à une charge Q , placée en un point M quelconque de l'axe (Oy) .

Q.11 (1 point) Donner l'expression littérale de la force totale $\vec{F}_{/Q}$ exercée sur la charge électricque Q par les charges q_A , q_B , q_C et q_D . On notera $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

-0.5 1 Réservé à l'enseignant(e)

$$\vec{F}_{/Q} = \vec{F}_{q_A \rightarrow Q} + \vec{F}_{q_B \rightarrow Q} + \vec{F}_{q_C \rightarrow Q} + \vec{F}_{q_D \rightarrow Q} = k \frac{Q}{r^3} [q_A \vec{AM} + q_B \vec{BM} + q_C \vec{CM} + q_D \vec{DM}]$$

avec... r... = $\|\vec{AM}\| = \|\vec{BM}\| = \|\vec{CM}\| = \|\vec{DM}\|$

Q.12 (2 points) Donner l'expression des vecteurs \vec{AM} , \vec{BM} , \vec{CM} et \vec{DM} dans le repère $(O; \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$.

-0.5 -1 2 Réservé à l'enseignant(e)

$$\vec{AM} = \begin{pmatrix} -a \\ y \\ -a \end{pmatrix}$$

4 x 0,5 point = (2 points)

$$\vec{BM} = \begin{pmatrix} -a \\ y \\ +a \end{pmatrix}$$

$$\vec{CM} = \begin{pmatrix} a \\ y \\ a \end{pmatrix}$$

$$\vec{DM} = \begin{pmatrix} a \\ y \\ -a \end{pmatrix}$$

CORRECTION

Q.13 (2 points) La norme des vecteurs \vec{AM} , \vec{BM} , \vec{CM} et \vec{DM} vaut donc :

- $\|\vec{AM}\| = \|\vec{BM}\| = \|\vec{CM}\| = \|\vec{DM}\| = \sqrt{2a^2 - y^2}$
 $\|\vec{AM}\| = \|\vec{BM}\| = \|\vec{CM}\| = \|\vec{DM}\| = \sqrt{4a^2 + y^2}$
 $\|\vec{AM}\| = \|\vec{BM}\| = \|\vec{CM}\| = \|\vec{DM}\| = \sqrt{a^2 + y^2}$
 $\|\vec{AM}\| = \|\vec{BM}\| = \|\vec{CM}\| = \|\vec{DM}\| = \sqrt{2a^2 + y^2}$
 Aucune de ces réponses n'est correcte.

Q.14 (2 points) Les quatre charges sont de signes différents et valent : $q_A = q_C = +q$ et $q_B = q_D = -q$. Montrer que la force subie par la charge électrique Q est nulle.

-0.5 -1 2 Réservé à l'enseignant(e)

(1 point)

$$\vec{F}_Q = \sum_i \vec{F}_{i \rightarrow Q} = k \frac{Q}{r^3} \left[\underbrace{q_A}_{+q} \vec{AM} + \underbrace{q_B}_{-q} \vec{BM} + \underbrace{q_C}_{+q} \vec{CM} + \underbrace{q_D}_{-q} \vec{DM} \right]$$

$$= \frac{kQq}{r^3} \left[\vec{AM} - \vec{BM} + \vec{CM} - \vec{DM} \right]$$

(1 point) $= \vec{0}$ d'où $\vec{F}_Q = \vec{0}$

... (avec schéma ou non)

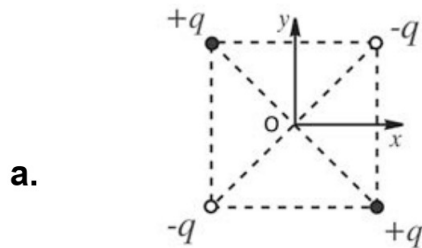
... (2 points) ... avec schémas et vecteurs $\vec{F}_{i \rightarrow Q}$ corrects

.....

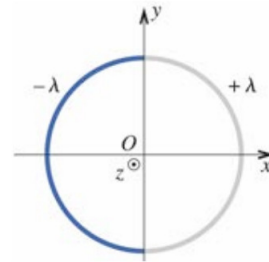
.....

.....

Exercice 2 - Symétrie et antisymétrie du champ électrique (6 points)



b.



Q.15 (1 point)

Sur la figure a., les plans de symétrie sont :

- les plans $(0yz)$, $y = x$ et $y = -x$
- les plans $(0yz)$ et $(0xz)$
- les plans $(0xy)$, $y = x$ et $y = -x$
- les plans $(0xy)$ et $(0xz)$
- Aucune de ces réponses n'est correcte.

Q.16 (1 point)

Sur la figure a., les plans d'antisymétrie sont :

- les plans $(0xy)$ et $(0xz)$
- les plans $(0xy)$, $y = x$ et $y = -x$
- Aucune de ces réponses n'est correcte.
- les plans $(0yz)$ et $(0xz)$
- les plans $(0yz)$, $y = x$ et $y = -x$

Q.17 (1 point)

Sur la figure b., les plans de symétrie sont :

- les plans $(0xy)$, $(0yz)$ et $(0xz)$
- le plan $(0yz)$
- Aucune de ces réponses n'est correcte.
- les plans $(0xy)$ et $(0xz)$

Q.18 (1 point)

Sur la figure b., les plans d'antisymétrie sont :

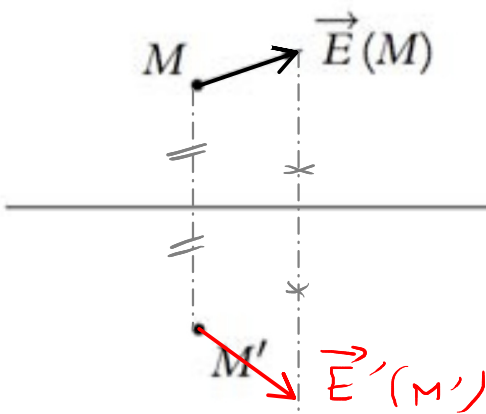
- Aucune de ces réponses n'est correcte.
- les plans $(0xy)$ et $(0xz)$
- les plans $(0xy)$, $(0yz)$ et $(0xz)$
- le plan $(0yz)$

Q.19 (2 points)

Sur la figure ci-dessous, tracer le champ électrique en M' , symétrique de M par rapport à Π ou Π^* .
 Π étant un plan de symétrie de la distribution de charges et Π^* un plan d'antisymétrie.

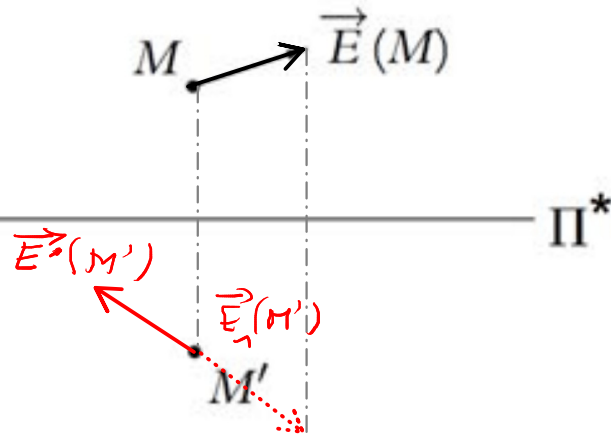
-0.5 -1 2 Réservé à l'enseignant(e)

(1 point)



$\vec{E}'(M')$ vecteur
symétrique de $\vec{E}(M)$
par rapport au plan Π

(1 point)



$\vec{E}'(M')$ obtenu en appliquant à $\vec{E}(M)$
une symétrie par rapport à Π^* donnant
 $\vec{E}_1(M')$ puis on prend $-\vec{E}_1(M')$

(car la distribution de charge change
de signe)

CORRECTION