

CC1
Électromagnétisme
09 Novembre 2023 — PréIng2

Durée : 1h30 minutes (2h en cas de tiers temps)

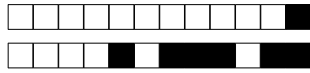
Sont interdits :

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

Consignes :

1. Vérifiez que le sujet est composé de 14 pages et 24 questions ;
2. Seules les dernières feuilles doivent être rendues ;
3. Complétez avec vos nom, prénom et groupe ces dernières feuilles dès le début officiel de l'épreuve ;
4. Les détails des calculs demandés doivent être portés sur ces dernières feuilles à l'emplacement correspondant à la question ;
5. Dans la grille, les cases correspondant à la bonne réponse doivent être remplies complètement au stylo noir ;
6. Chaque question ne comporte qu'une seule réponse possible ;
7. Il n'y a pas de point négatif pour une mauvaise réponse ;
8. Une case simplement cochée ne sera pas comptabilisée.

Le barème est donné à titre indicatif.



Questions de cours (5 points)

Question 1 (0.5 point)

Le volume élémentaire en coordonnées sphériques s'écrit :

- A $dV = r^2 dr d\theta d\varphi$
- B $dV = r^2 \sin\theta dr d\theta d\varphi$
- C $dV = r \sin\theta dr d\theta d\varphi$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 2 (0.5 point)

En s'aidant de la figure 1 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 (k constante positive) :

- A $\vec{F}_{2/1} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r^2} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$
- B $\vec{F}_{1/2} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r^3} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$
- C $\vec{F}_{1/2} = k \left(\frac{q_1 q_2}{r^2} \right) \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 3 (0.5 point)

Le facteur k dans la loi de Coulomb dépend du milieu. Et dans le vide, il vaut :

- A $k = 1/(4\pi\epsilon)$
- B $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$
- C $k = 1/(\pi\epsilon_0)$
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 4 (0.5 point)

L'unité de la densité surfacique de charges σ est :

- A C m⁻³
- B C m⁻²
- C C m⁻¹
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 5 (0.5 point)

Un volume V a une distribution volumique de charges de densité ρ non uniforme, la charge totale Q vaut alors :

- A $Q = \iint_S \rho dV$
- B $Q = \rho V$
- C $Q = \iiint_V \rho dV$
- D $Q = \iint_V \rho dV$
- E Aucune des réponses précédentes n'est correcte

**Question 6 (0.5 point)**

Le champ électrostatique créé par une distribution volumique de charges peut s'écrire :

A

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

B

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

C

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

D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 7 (0.5 point)

En étudiant les plans de symétrie pour la distribution des charges, on trouve que

A 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.

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

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

D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 8 (0.5 point)

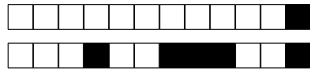
Puisque le champ électrostatique \vec{E} est à circulation conservative, on définit la fonction potentiel électrostatique V par :

A $\vec{V} = \overrightarrow{\text{grad}}E$

B $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$

C $\vec{E} = \overrightarrow{\text{grad}}V$

D Aucune des réponses précédentes n'est correcte



Question 9 (0.5 point)

À partir de la figure 2, on peut écrire le champ électrostatique créé par une distribution volumique quelconque de charges de densité ρ comme :

A

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

B

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

C

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

D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 10 (0.5 point)

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

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

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

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

D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

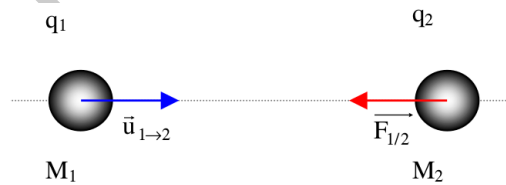


FIGURE 1 – Loi de Coulomb pour deux charges opposées.

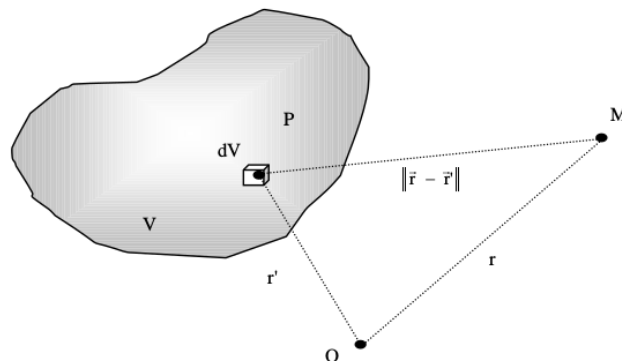
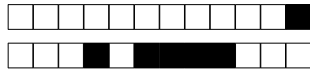


FIGURE 2 – Distribution volumique quelconque de charges.



Charges ponctuelles (5 points)

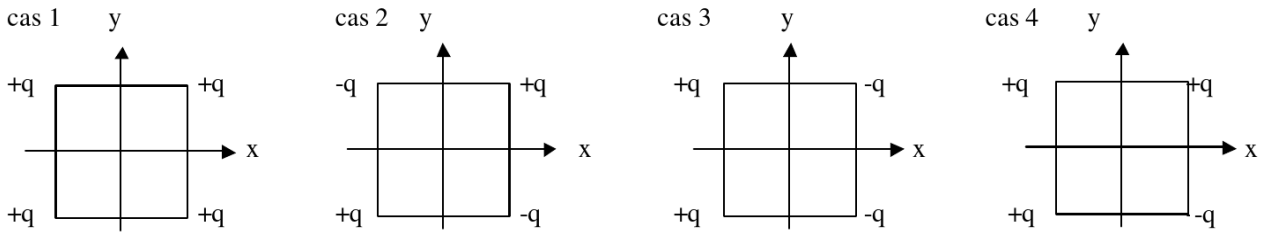


FIGURE 3 – Quatre configurations pour les charges ponctuelles.

Soit quatre charges ponctuelles disposées aux sommets d'un carré dont la longueur de la diagonale est $2a$. On prendra la charge q positive.

On cherche à exprimer les composantes du champ électrostatique $\vec{E}(O)$, à l'origine du repère noté O du carré dans les configurations détaillées sur la figure 3.

Question 11 (1 point)

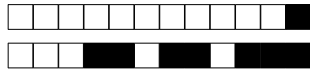
Dans le cas 1, les composantes de $\vec{E}(O)$ valent :

- A $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- B $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- C $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = 0$
- D $E_x(O) = +\frac{q}{\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = 0$
- E $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- F $E_x(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- G *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 12 (1 point)

Dans le cas 2, les composantes de $\vec{E}(O)$ valent :

- A $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = 0$
- B $E_x(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- C $E_x(O) = +\frac{q}{\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = 0$
- D $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- E $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- F $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$
- G *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

**Question 13 (1 point)**

Dans le cas 3, les composantes de $\vec{E}(O)$ valent :

A $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$

B $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = 0$

C $E_x(O) = 0$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$

D $E_x(O) = +\frac{q}{\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = 0$

E $E_x(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$

F $E_x(O) = +\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$ et $E_y(O) = -\frac{q}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2}$

G *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 14 (2 points)

Donner l'expression des composantes du champ électrique \vec{E} pour le cas 4, en détaillant.
Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.



Sphère chargée en surface (5 points)

On considère une sphère de rayon R , de centre O et chargée uniformément avec une densité surfacique de charges σ .

Question 15 (0.5 point)

Le champ électrostatique \vec{E} créé par cette distribution est alors :

- A continu en tout point de l'espace, sauf sur les charges.
- B continu en tout point de l'espace.
- C continu en tout point de l'espace sauf à la traversée de la surface chargée de la sphère.
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 16 (0.5 point)

La direction du champ électrostatique \vec{E} , au point M , créé par cette distribution est radiale car :

- A les plans $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ et $(M, \vec{u}_\theta, \vec{u}_\phi)$ sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- B tous les plans passant par O et par M sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- C les plans $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ et $(M, \vec{u}_\theta, \vec{u}_z)$ sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 17 (1 point)

En utilisant le théorème de Gauss, on trouve que le champ électrostatique \vec{E} vaut pour $r < R$:

- A $\vec{E} = \frac{2\sigma}{3\epsilon_0} \vec{u}_r$
- B $\vec{E} = \frac{2\sigma R^2}{3\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$
- C $\vec{E} = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$
- D $\vec{E} = \vec{0}$
- E $\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_r$
- F Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 18 (1 point)

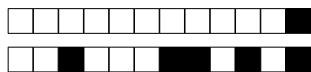
En utilisant le théorème de Gauss, on trouve que le champ électrostatique \vec{E} vaut pour $r > R$:

- A $\vec{E} = \vec{0}$
- B $\vec{E} = \frac{2\sigma}{3\epsilon_0} \vec{u}_r$
- C $\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_r$
- D $\vec{E} = \frac{2\sigma R^2}{3\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$
- E $\vec{E} = \frac{\sigma R^2}{2\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$
- F Aucune des réponses précédentes n'est correcte.

Question 19 (2 points)

Démontrer l'expression du champ électrique \vec{E} pour $r > R$, en détaillant les calculs (symétries, invariances, surface de Gauss, flux, charges q_{int} ...).

Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.



Cylindre chargé en volume (5 points)

On considère un cylindre de rayon R , de hauteur infinie et chargé uniformément avec une densité volumique de charges ρ .

Question 20 (0.5 point)

Le champ électrostatique \vec{E} créé par cette distribution est alors :

- A continu en tout point de l'espace, sauf sur les charges.
- B continu en tout point de l'espace.
- C continu en tout point de l'espace sauf à la traversée de la surface chargée du cylindre.
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 21 (0.5 point)

La direction du champ électrostatique \vec{E} , au point M , créé par cette distribution est radiale car :

- A les plans $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ et $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_\phi)$ sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- B les plans $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ et $(M, \vec{u}_r, \vec{u}_z)$ sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- C tous les plans passant par O et par M sont des plans de symétrie de la distribution de charges.
- D Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 22 (1 point)

En utilisant le théorème de Gauss, on trouve que le champ électrostatique \vec{E} vaut pour $r < R$:

- A $\vec{E} = \vec{0}$
- B $\vec{E} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} r \vec{u}_r$
- C $\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \frac{R^2}{r} \vec{u}_r$
- D $\vec{E} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \frac{R^2}{r} \vec{u}_r$
- E $\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} r \vec{u}_r$
- F Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 23 (1 point)

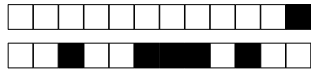
En utilisant le théorème de Gauss, on trouve que le champ électrostatique \vec{E} vaut pour $r > R$:

- A $\vec{E} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \frac{R^2}{r} \vec{u}_r$
- B $\vec{E} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} r \vec{u}_r$
- C $\vec{E} = \vec{0}$
- D $\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} r \vec{u}_r$
- E $\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \frac{R^2}{r} \vec{u}_r$
- F Aucune des réponses précédentes n'est correcte

Question 24 (2 points)

Démontrer l'expression du champ électrique \vec{E} pour $r > R$, en détaillant les calculs (symétries, invariances, surface de Gauss, flux, charges q_{int} ...).

Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.



Électromagnétisme - PréIng2 - CC1 - 2023/2024

NOM :

Prénom :

n° Groupe :

Nom du chargé de TD :

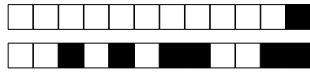
CODAGE DU N° ÉTUDIANT *horizontalement*
(DANS LE SENS DE LECTURE)

Premier chiffre du n° étudiant

Dernier chiffre du n° étudiant

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

SENS DE REMPLISSAGE
→
DU N° ÉTUDIANT



Les réponses au QCM ne doivent être apportées que sur cette feuille.
La copie ne sera corrigée que si :

- elle comporte vos nom, prénom et groupe ;
- les cases sont complètement coloriées avec un stylo noir ;
- la feuille-réponse ne comporte pas de ratures.

Question 1 : A B C D

Question 2 : A B C D

Question 3 : A B C D

Question 4 : A B C D

Question 5 : A B C D E

Question 6 : A B C D

Question 7 : A B C D

Question 8 : A B C D

Question 9 : A B C D

Question 10 : A B C D

Question 11 : A B C D E F G

Question 12 : A B C D E F G

Question 13 : A B C D E F G

Question 15 : A B C D

Question 16 : A B C D

Question 17 : A B C D E F

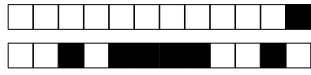
Question 18 : A B C D E F

Question 20 : A B C D

Question 21 : A B C D

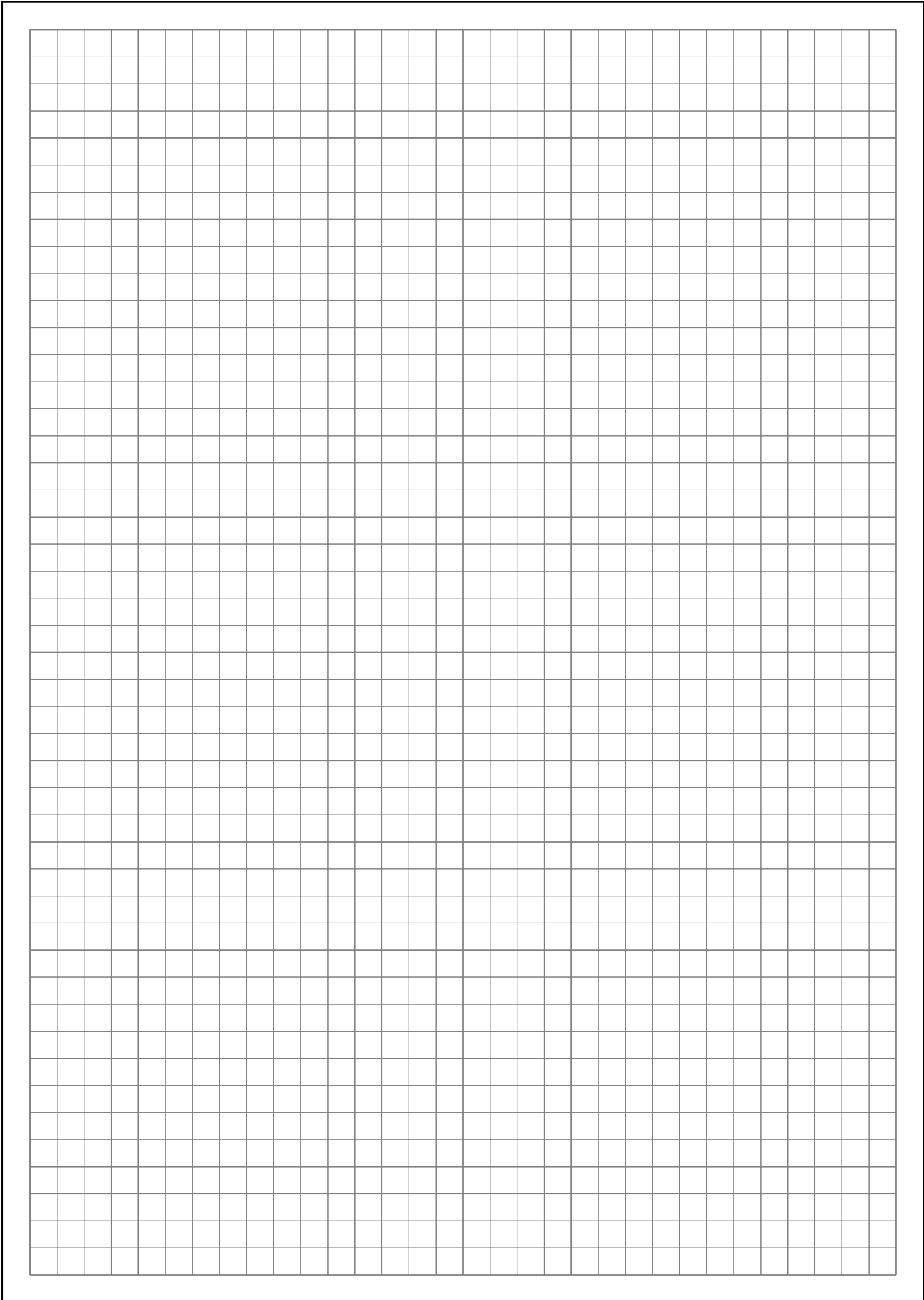
Question 22 : A B C D E F

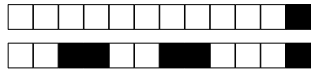
Question 23 : A B C D E F



Question 14 :

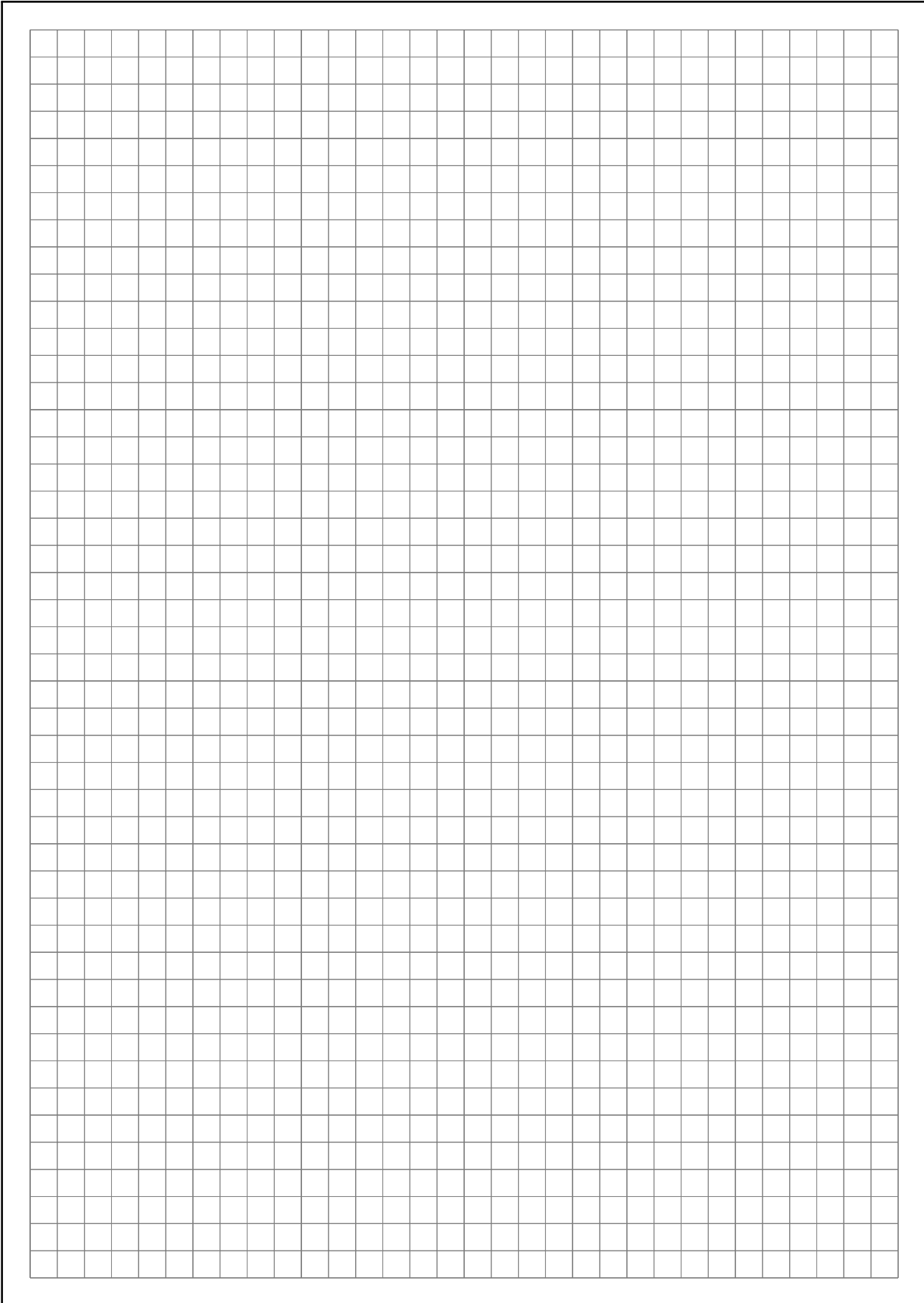
Quatre charges sur un carré .5 .5 1 *Réservé à l'enseignant(e)*

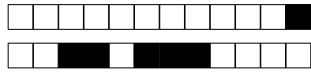




Question 19 :

Sphère chargée en surface .5 .5 1 *Réservé à l'enseignant(e)*





Question 24 :

Cylindre chargé en volume .5 .5 1 *Réservé à l'enseignant(e)*

