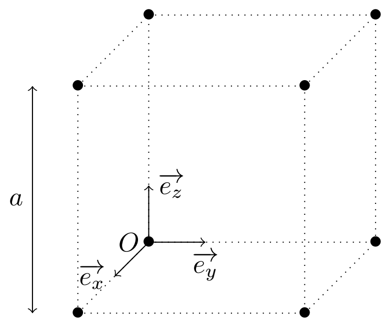
# CC2 Électrostatique

## Exercice 1 -Question de cours - Discontinuité du champ (1 point)

On travaille en coordonnées cartésiennes. Un objet chargé de forme cubique de coté $a$ est positionné de sorte que ses arêtes soient parallèles aux axes choisis, l'un de ses sommets coïncidant avec le point $O$.




**Tirage A-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $A$ de coordonnées $(a/2, a/2, 0)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage B-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $B$ de coordonnées $(a/2, a/2, 0)$ si le cube est uniformément chargé en volume ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage C-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $C$ de coordonnées $(a/2, a/2, a)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage D-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $D$ de coordonnées $(a/2, 0, a/2)$ si le cube est uniformément chargé en volume ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage E-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $E$ de coordonnées $(a/2, a, a/2)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage F-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $F$ de coordonnées $(a/2, 0, a/2)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage G-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $G$ de coordonnées $(0, a/2, a/2)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

**Tirage H-** Quelles sont les composantes du champ électrique qui présentent une discontinuité à la traversée de la surface du cube au point $H$ de coordonnées $(a, a/2, a/2)$ si le cube est uniformément chargé en surface ?

| | | | |
|---|---|---|---|
| **a.** $E_x$ | **c.** $Ez$ | **e.** $E_y$ et $E_z$ | **g.** $E_x$, $E_y$ et $E_z$ |
| **b.** $E_y$ | **d.** $E_x$ et $E_y$ | **f.** $E_x$ et $E_z$ | **h.** Aucune |

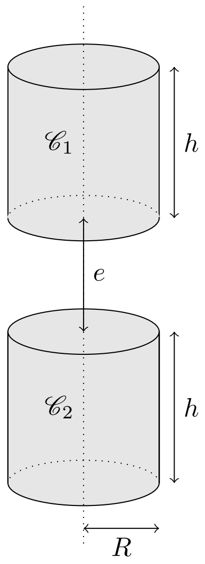
# Exercice 2 - Question de cours - Conducteurs (1 point)

Le conducteur $\mathscr{C}_1$ est un cylindre plein de rayon $R$, d'axe $(Oz)$ et de hauteur $h$. Au départ $\mathscr{C}_1$ est isolé et porte la charge totale $Q_1$.

Le conducteur $\mathscr{C}_2$ est un cylindre plein identique au précédent, de rayon $R$, d'axe $(Oz)$ et de hauteur $h$. Au départ $\mathscr{C}_2$ est isolé et porte une charge totale $Q_2$.

On rapproche la base de ces deux cylindres jusqu'à les positionner à une distance $e$, petite devant $R$, de manière à établir une forte influence électrostatique entre les deux conducteurs. Le champ électrique au centre de $\mathscr{C}_1$ est noté $\overrightarrow{E_1}$. Le champ électrique au centre de $\mathscr{C}_2$ est noté $\overrightarrow{E_2}$.

On cherche à décrire qualitativement l'évolution du module du champ électrique $\overrightarrow{E_1}$, noté $E_1$, et du module du champ électrique $\overrightarrow{E_2}$, noté $E_2$, lorsque les conducteurs $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ sont rapprochés l'un de l'autre et s'influencent mutuellement.




**Tirage A-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est nulle et $Q_2$ positive ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ diminue

**Tirage B-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est positive et $Q_2$ négative ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ augmente

**Tirage C-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est négative et $Q_2$ positive ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ diminue

**Tirage D-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est positive et $Q_1 = Q_2$ ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ varie

**Tirage E-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est négative et $Q_1 = Q_2$ ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ varie

**Tirage F-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_1$ est nulle et $Q_2$ négative ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_1$ reste constant et $E_2$ augmente

**Tirage G-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_2$ est nulle et $Q_1$ négative ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_2$ reste constant et $E_1$ augmente

**Tirage H-** Comment évoluent $E_1$ et $E_2$ si au départ $Q_2$ est nulle et $Q_1$ positive ?

**a.** $E_1$ augmente et $E_2$ diminue
**b.** $E_1$ augmente et $E_2$ augmente
**c.** $E_1$ diminue et $E_2$ diminue
**d.** $E_1$ diminue et $E_2$ augmente
**e.** $E_1$ et $E_2$ restent constants
**f.** $E_2$ reste constant et $E_1$ diminue

# Exercice 3 - Question de cours - Équations locales (1 point)

On souhaite exprimer le plus précisément possible l'équation locale du champ électrique qui relie la divergence du champ à la densité de charge en un point particulier de l'espace.

**Tirage A-** La distribution de charge étudiée en coordonnées cartésiennes $(x, y, z)$ est un plan épais infini perpendiculaire à l'axe $(Oz)$, situé entre les plans $z = -a$ et $z = +a$ et chargé en volume avec une densité volumique de charge non-uniforme $\rho(z) = \rho_0 \left(1 - \frac{z}{a}\right)$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $A$ situé à la cote $z_A$ avec $z_A > a$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage B-** La distribution de charge étudiée en coordonnées sphériques $(r, \theta, \varphi)$ est une sphère de centre $O$, de rayon $R$, chargée en surface avec une densité surfacique de charge non-uniforme $\sigma = \sigma_0 \sin\theta$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $B$ situé à une distance $r_B$ de $O$ avec $r_B < R$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage C-** La distribution de charge étudiée en coordonnées sphériques $(r, \theta, \varphi)$ est une boule de centre $O$, de rayon $R$, chargée en volume avec une densité volumique de charge non-uniforme $\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $C$ situé à une distance $r_C$ de $O$ avec $r_c > R$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage D-** La distribution de charge étudiée en coordonnées sphériques $(r, \theta, \varphi)$ est une sphère de centre $O$, de rayon $R$, chargée en surface avec une densité surfacique de charge non-uniforme $\sigma = \sigma_0 \sin\varphi$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $D$ situé à une distance $r_D$ de $O$ avec $r_D < R$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage E-** La distribution de charge étudiée en coordonnées cartésiennes $(x, y, z)$ est un plan épais infini perpendiculaire à l'axe $(Oz)$, situé entre les plans $z = -a$ et $z = +a$ et chargé en volume avec une densité volumique de charge non uniforme $\rho(z) = \rho_0 \left(1 - \frac{z}{a}\right)$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $K$ situé à la cote $z_K$ avec $z_K < -a$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage F-** La distribution de charge étudiée en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ est un cylindre infini d'axe $(Oz)$, de rayon $b$, chargé en surface avec une densité surfacique de charge non-uniforme $\sigma = \sigma_0 \sin\theta$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $F$ situé à une distance $r_F$ de l'axe $(Oz)$ avec $r_F < b$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage G-** La distribution de charge étudiée en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ est un cylindre infini d'axe $(Oz)$, de rayon $b$, chargé en volume avec une densité volumique de charge non-uniforme $\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{b}\right)$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $G$ situé à une distance $r_G$ de l'axe $(Oz)$ avec $r_G > b$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

**Tirage H-** La distribution de charge étudiée en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ est un cylindre infini d'axe $(Oz)$, de rayon $b$, chargée en surface avec une densité surfacique de charge non-uniforme $\sigma(\theta) = \sigma_0 \cos\theta$. Donner la valeur de $\operatorname{div}\overrightarrow{E}$ en un point $H$ situé à une distance $r_H$ de l'axe $(Oz)$ avec $r_H < b$.
*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse.*

## Exercice 4 - Charge portée par un objet (2 points)

**Tirage A-** On considère en coordonnées sphériques notées $(r, \theta, \varphi)$ une sphère de rayon $R$ chargée en surface avec une densité non-uniforme $\sigma(r, \theta, \varphi) = \sigma_0 \sin^2 \varphi$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage B-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un disque de rayon $2R$ chargé en surface avec une densité non-uniforme égale à $\sigma(r, \theta, z) = \sigma_0 \sin^2 \theta$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage C-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un cylindre de rayon $R$ et de hauteur $2R$ dont la surface latérale est chargée avec une densité non-uniforme égale à $\sigma(r, \theta, z) = \sigma_0 \sin^2 \theta$. Les surfaces supérieures et inférieures ne sont pas chargées. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage D-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un disque de rayon $R$ chargé en surface avec une densité non-uniforme $\sigma(r, \theta, z) = 4\sigma_0 \cos^2 \theta$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage E-** On considère en coordonnées sphériques notées $(r, \theta, \varphi)$ une sphère de rayon $R$ chargée en surface avec une densité non-uniforme $\sigma(r, \theta, \varphi) = \sigma_0 \cos^2 \varphi$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage F-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un disque de rayon $2R$ chargé en surface avec une densité non-uniforme égale à $\sigma(r, \theta, z) = \sigma_0 \cos^2 \theta$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage G-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un cylindre de rayon $R$ et de hauteur $2R$ dont la surface latérale est chargée avec une densité non-uniforme égale à $\sigma(r, \theta, z) = \sigma_0 \cos^2 \theta$. Les surfaces supérieures et inférieures ne sont pas chargées. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**Tirage H-** On considère en coordonnées cylindriques notées $(r, \theta, z)$ un disque de rayon $R$ chargé en surface avec une densité non-uniforme $\sigma(r, \theta, z) = 4\sigma_0 \sin^2 \theta$. Exprimer la charge totale $Q$ portée par cet objet.
*Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

## Exercice 5 - Charges ponctuelles (4 points)

**Tirage A-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{\pi}{4}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{3\pi}{4}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -\frac{3q_0}{\sqrt{2}}$ et $q_2 = +\frac{3q_0}{\sqrt{2}}$.

**Tirage B-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{7\pi}{4}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{5\pi}{4}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -\frac{3q_0}{\sqrt{2}}$ et $q_2 = +\frac{3q_0}{\sqrt{2}}$.

**Tirage C-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{\pi}{6}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{5\pi}{6}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -\frac{3q_0}{\sqrt{3}}$ et $q_2 = +\frac{3q_0}{\sqrt{3}}$.

**Tirage D-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{11\pi}{6}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{7\pi}{6}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -\sqrt{3}\, q_0$ et $q_2 = \sqrt{3}\, q_0$.

**Tirage E-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{\pi}{3}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{2\pi}{3}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -3q_0$ et $q_2 = +3q_0$.

**Tirage F-** On considère deux charges ponctuelles $q_1$ et $q_2$ situées respectivement en deux points $A_1$ et $A_2$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\left(R, \frac{5\pi}{3}, 0\right)$ et $A_2\left(R, \frac{4\pi}{3}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = -3q_0$ et $q_2 = +3q_0$.

**Tirage G-** On considère quatre charges ponctuelles $q_1$, $q_2$, $q_3$ et $q_4$ situées respectivement en quatre points $A_1$, $A_2$, $A_3$ et $A_4$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\,(R, 0, 0)$, $A_2\left(R, \frac{\pi}{2}, 0\right)$, $A_3\,(R, \pi, 0)$ et $A_4\left(R, \frac{3\pi}{2}, 0\right)$.

Les valeurs des charges sont $q_1 = \frac{-3q_0}{2}$, $q_2 = \frac{-3q_0}{2}$, $q_3 = \frac{+3q_0}{2}$ et $q_4 = \frac{-3q_0}{2}$.

**Tirage H-** On considère quatre charges ponctuelles $q_1$, $q_2$, $q_3$ et $q_4$ situées respectivement en quatre points $A_1$, $A_2$, $A_3$ et $A_4$ repérés en coordonnées cylindriques $(r, \theta, z)$ par $A_1\,(R, 0, 0)$, $A_2\left(R, \frac{\pi}{2}, 0\right)$, $A_3\,(R, \pi, 0)$ et $A_4\left(R, \frac{3\pi}{2}, 0\right)$.

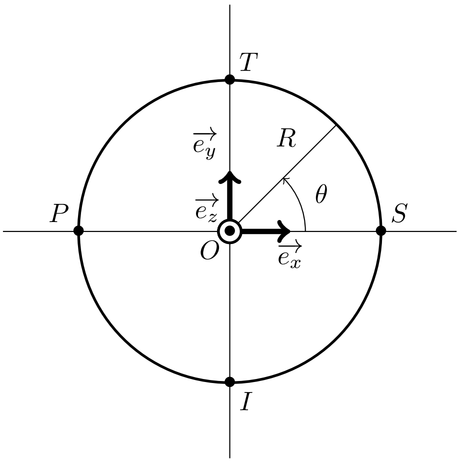
Les valeurs des charges sont $q_1 = \frac{-3q_0}{2}$, $q_2 = \frac{+3q_0}{2}$, $q_3 = \frac{+3q_0}{2}$ et $q_4 = \frac{+3q_0}{2}$.

**5.1.** À l'aide d'un schéma, prévoir la direction et le sens du vecteur champ électrostatique généré par cette superposition de charges au point $O(0, 0, 0)$. *Cocher la bonne case dans la feuille réponse.*

**5.2.** Exprimer le module du champ électrostatique $\vec{E}$ généré au point $O$ par cette superposition de charges. *Remplir les champs textuels dans la feuille réponse.*

**5.3.** Effectuer l'application numérique dans le cas où $q_0 = 10$ pC $= 10 \times 10^{-12}$ C et $R = 30$ cm. On rappelle que $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9$ m.F$^{-1}$. *Remplir les champs textuels "Valeur" et "Unité" dans la feuille réponse.*

## Exercice 6 - Calcul direct du champ électrostatique (4 points)




On définit dans le plan $(xOy)$ un cercle de rayon $R$ centré sur l'origine du repère $O$. Ce cercle passe par les points S, T, P et I de coordonnées cartésiennes respectives $(R, 0, 0)$, $(0, R, 0)$, $(-R, 0, 0)$ et $(0, -R, 0)$.

L'objectif de l'exercice est de calculer le champ généré au point $O$ par un demi-anneau, appelé $\mathscr{A}$, inclus dans ce cercle et qui porte une densité linéique de charge uniforme.

**Tirage A-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{IST}$ chargé avec une densité linéique $+\lambda_0$ positive. Le demi-anneau $\widehat{TPI}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage B-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{TPI}$ chargé avec une densité linéique $+\lambda_0$ positive. Le demi-anneau $\widehat{IST}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage C-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{STP}$ chargé avec une densité linéique $+\lambda_0$ positive. Le demi-anneau $\widehat{PIS}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage D-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{PIS}$ chargé avec une densité linéique $+\lambda_0$ positive. Le demi-anneau $\widehat{STP}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage E-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{TPI}$ chargé avec une densité linéique $-\lambda_0$ négative. Le demi-anneau $\widehat{IST}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage F-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{IST}$ chargé avec une densité linéique $-\lambda_0$ négative. Le demi-anneau $\widehat{TPI}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage G-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{PIS}$ chargé avec une densité linéique $-\lambda_0$ négative. Le demi-anneau $\widehat{STP}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

**Tirage H-** $\mathscr{A}$ est le demi-anneau $\widehat{STP}$ chargé avec une densité linéique $-\lambda_0$ négative. Le demi-anneau $\widehat{PIS}$ n'est quant à lui pas chargé. Exprimer le champ électrostatique généré par le demi-anneau $\mathscr{A}$ au point $O$.
*Remplir les champs textuels au numérateur et au dénominateur dans la feuille réponse.*

## Exercice 7 - Théorème de Gauss (7 points)

**Tirage A-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 4Ar$ où $A$ est une constante.

**Tirage B-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 5Br^2$ où $B$ est une constante.

**Tirage C-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 6Cr^3$ où $C$ est une constante.

**Tirage D-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 7Dr^4$ où $D$ est une constante.

**Tirage E-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 8Kr^5$ où $K$ est une constante.

**Tirage F-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 9Fr^6$ où $F$ est une constante.

**Tirage G-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 10Gr^7$ où $G$ est une constante.

**Tirage H-** On considère une boule de rayon $a$ centrée sur l'origine du repère chargée avec une densité volumique non-uniforme $\rho$ définie en coordonnées sphériques par $\rho(r,\theta,\varphi) = 11Hr^8$ où $H$ est une constante.

On admet que l'analyse des invariances et symétries permet d'écrire que $\overrightarrow{E} = E_r(r)\overrightarrow{e_r}$.

**7.1. On considère un point $M_1$ situé à l'extérieur de la boule, c'est-à-dire tel que** $\boxed{r \geq a}$

**7.1.1** Pour déterminer le champ électrostatique $\overrightarrow{E}$ en $M_1$ en appliquant le théorème de Gauss, la surface à travers laquelle on devra calculer le flux de $\overrightarrow{E}$ est :

*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse avec la lettre correspondant à la bonne réponse.*

**a.** Un cylindre de rayon $r$ et de hauteur $H$
**b.** Un cylindre de rayon $r$ et de hauteur infinie
**c.** Une sphère de rayon $r$
**d.** Un cylindre de rayon $a$ et de hauteur $H$
**e.** Un cylindre de rayon $a$ et de hauteur infinie
**f.** Une sphère de rayon $a$

**7.1.2.** Exprimer le flux $\Phi_1$ du champ électrostatique à travers cette surface. *Remplir le champ textuel.*

**7.1.3.** Exprimer le champ électrostatique à l'extérieur de la boule. *Remplir les champs textuels.*

**7.2. On considère un point $M_2$ situé à l'intérieur de la boule, c'est-à-dire tel que** $\boxed{r \leq a}$

**7.2.1.** Pour déterminer le champ électrostatique $\overrightarrow{E}$ en $M_2$ en appliquant le théorème de Gauss, la surface à travers laquelle on devra calculer le flux de $\overrightarrow{E}$ est :

*Remplir le champ textuel dans la feuille réponse avec la lettre correspondant à la bonne réponse.*

**a.** Un cylindre de rayon $r$ et de hauteur $H$
**b.** Un cylindre de rayon $r$ et de hauteur infinie
**c.** Une sphère de rayon $r$
**d.** Un cylindre de rayon $a$ et de hauteur $H$
**e.** Un cylindre de rayon $a$ et de hauteur infinie
**f.** Une sphère de rayon $a$

**7.2.2.** Exprimer le flux $\Phi_2$ du champ électrostatique à travers cette surface. *Remplir le champ textuel.*

**7.2.3.** Exprimer le champ électrostatique à l'intérieur de la boule. *Remplir les champs textuels.*

**Bonus (+2 points)**

**7.3.** Exprimer le potentiel électrostatique à l'extérieur de la boule. *Remplir les champs textuels.*

**7.4.** Exprimer le potentiel électrostatique à l'intérieur de la boule. *Remplir les champs textuels.*