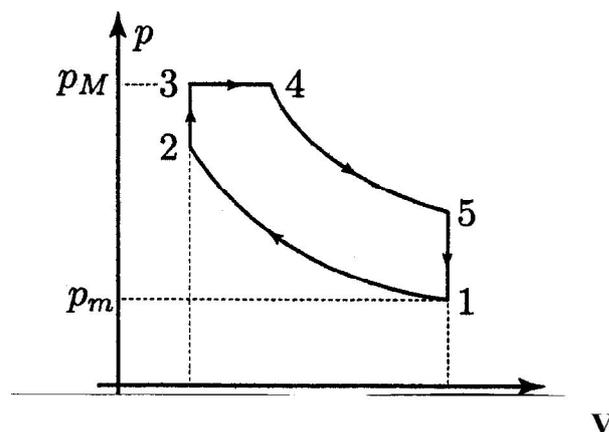


19. — Dans les moteurs Diesel à double combustion, le cycle décrit par l'air est celui représenté en coordonnées de Clapeyron (p, V) par le diagramme de la figure ci-contre. Après la phase d'admission qui amène l'air au point 1 du cycle, celui-ci subit une compression adiabatique réversible jusqu'au point 2. Après injection du carburant en 2, la combustion s'effectue d'abord de façon isochore de 2 à 3 puis se poursuit de façon isobare de 3 à 4. La phase de combustion est suivie d'une détente adiabatique réversible de 4 à 5 puis d'une phase d'échappement isochore de 5 à 1. Au point 1 du cycle, la pression $p_m = 1$ bar et la température $T_m = 293$ K sont minimales.



La pression maximale (aux points 3 et 4) est $p_M = 60$ bar et la température maximale (au point 4) est $T_M = 2073$ K. On suppose que l'air est un gaz parfait diatomique et on notera respectivement C_p et C_v ses capacités thermiques molaires à pression et à volume constants.

On donne : Le rapport volumétrique de compression : $\beta_v = \frac{V_M}{v_m} = 17$, la masse molaire de l'air : $M = 29$ g.mol⁻¹,

la constante des gaz parfaits : $R = 8,31$ J.K⁻¹.mol⁻¹ et $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$

Calculer la température T_2 au point 2 du cycle.

- A) $T_2 = 910$ K B) $T_2 = 1325$ K C) $T_2 = 574$ K D) $T_2 = 1591$ K

20. — Calculer la température T_3 au point 3 du cycle.

- A) $T_3 = 798$ K B) $T_3 = 1411$ K C) $T_3 = 1034$ K D) $T_3 = 1201$ K

21. — Calculer la température T_5 au point 5 du cycle.

- A) $T_5 = 712$ K B) $T_5 = 1005$ K C) $T_5 = 478$ K D) $T_5 = 882$ K

22. — Quelle est, en kJ.kg⁻¹, la quantité de chaleur Q_c reçue par un kg d'air au cours de la phase de combustion entre les points 2 et 4 ?

- A) $Q_c = 945$ kJ.kg⁻¹ B) $Q_c = 1131$ kJ.kg⁻¹ C) $Q_c = 1531$ kJ.kg⁻¹ D) $Q_c = 1943$ kJ.kg⁻¹

23. — Quelle est, en kJ.kg⁻¹, la quantité de chaleur Q_f échangée avec le milieu extérieur par un kg d'air entre les points 5 et 1 ?

- A) $Q_f = -292$ kJ.kg⁻¹ B) $Q_f = -768$ kJ.kg⁻¹ C) $Q_f = -422$ kJ.kg⁻¹ D) $Q_f = -1106$ kJ.kg⁻¹

24. — En déduire, en kJ.kg⁻¹, le travail W échangé par un kg d'air avec le milieu extérieur au cours d'un cycle.

- A) $W = -709$ kJ.kg⁻¹ B) $W = -267$ kJ.kg⁻¹ C) $W = -329$ kJ.kg⁻¹ D) $W = -1283$ kJ.kg⁻¹

25. — Un disque *infinitement mince*, de centre 0, d'axe Oz et de rayon a , porte une charge totale Q *uniformément répartie* sur sa surface.

Calculer le potentiel $V_1(z)$ en tout point $M(z, 0, 0)$ de l'axe Oz dans le cas où z est positif.

- A) $V_1(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 - \frac{z^2}{a^2}} + \frac{z}{a} \right)$ B) $V_1(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{a^2}{z^2}} - \frac{z}{a} \right)$

$$C) V_1(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} - \frac{z}{a} \right)$$

$$D) V_1(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} + \frac{z}{a} \right)$$

26. — Calculer le potentiel $V_2(z)$ en tout point $M(z, 0, 0)$ de l'axe Oz dans le cas où z est négatif.

$$A) V_2(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} + \frac{z}{a} \right)$$

$$B) V_2(z) = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 - \frac{z^2}{a^2}} - \frac{z}{a} \right)$$

$$C) V_2(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{a^2}{z^2}} + \frac{z}{a} \right)$$

$$D) V_2(z) = -\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{1 + \frac{z^2}{a^2}} - \frac{z}{a} \right)$$

27. — On désigne par e_z le vecteur unitaire porté par l'axe Oz . Exprimer le champ électrique $E(z)$ en tout point $M(z, 0, 0)$ de l'axe Oz dans le cas où z est positif.

$$A) E_1(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} - 1 \right) e_z$$

$$B) E_1(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(-\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} + 1 \right) e_z$$

$$C) \vec{E}_1(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} + 1 \right) \vec{e}_z$$

$$D) \vec{E}_1(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2} \left(-\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} - 1 \right) \vec{e}_z$$

28. — Exprimer le champ électrique $E_2(z)$ en tout point $M(z, 0, 0)$ de l'axe Oz dans le cas où z est négatif.

$$A) E_2(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} - 1 \right) e_z$$

$$B) E_2(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(-\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} + 1 \right) e_z$$

$$C) \vec{E}_2(z) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{z/a}{\sqrt{1 - (z/a)^2}} + 1 \right) \vec{e}_z$$

$$D) \vec{E}_2(z) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2} \left(-\frac{z/a}{\sqrt{1 + (z/a)^2}} - 1 \right) \vec{e}_z$$

29. — Calculer la variation du champ électrique à la traversée de la distribution : $\delta E = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} (E_1(\epsilon) - E_2(\epsilon))$

$$A) \delta E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} e_z$$

$$B) \delta E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2} e_z$$

$$C) \delta E = 0$$

$$D) \delta E = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 a^2} e_z$$

30. — On perce dans le disque un trou circulaire de rayon b centré en θ . Calculer la variation du champ électrique lors du passage d'un point $M_1(\epsilon, 0, 0)$ au point $M_2(\epsilon, 0, 0)$ quand $\epsilon \rightarrow 0$

$$A) \delta E_0 = 0$$

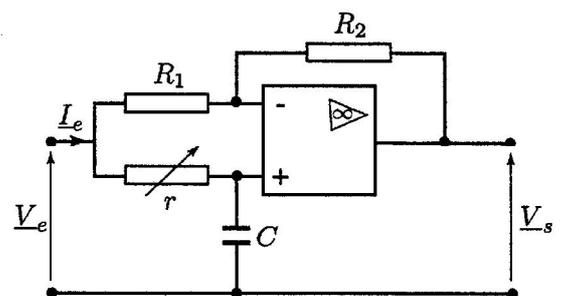
$$B) \delta E = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 (a-b)^2} e_z$$

$$C) \delta E = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 b^2} e_z$$

$$D) \delta E = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 a^2} e_z$$

31. — On considère le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre dans lequel l'amplificateur opérationnel idéal fonctionne en régime linéaire. Ce circuit est alimenté à l'entrée par une source délivrant une tension sinusoïdale $v_e(t) = V_e \sin(\omega t)$ de pulsation ω . On désigne par \underline{V}_e et \underline{V}_s les amplitudes des tensions complexes associées respectivement aux tensions d'entrée $v_e(t)$ et de sortie $v_s(t)$.

Exprimer la fonction de transfert \underline{T} du circuit définie par le



$$C) T_{f1} = \frac{p_0}{nR} \left(V_B + \frac{\gamma}{\gamma-1} V_A \right)$$

$$D) T_{f1} = \frac{p_0}{nR} \left(\gamma V_A + \frac{V_B}{\gamma-1} \right)$$

23. — Calculer la variation d'entropie ΔS_1 du gaz.

$$A) \Delta S_1 = n\gamma R \ln \left[1 + \frac{(\gamma-1)V_B}{\gamma V_A} \right]$$

$$B) \Delta S_1 = \frac{n\gamma R}{\gamma-1} \ln \left[1 + \frac{(\gamma-1)V_B}{\gamma V_A} \right]$$

$$C) \Delta S_1 = \frac{n\gamma R}{\gamma-1} \ln \left[1 + \frac{\gamma V_A}{(\gamma-1)V_B} \right]$$

$$D) \Delta S_1 = \frac{nR}{\gamma} \ln \left[1 + \frac{\gamma V_A}{(\gamma-1)V_B} \right]$$

24. — On suppose maintenant que V_B est suffisamment grand pour que dans l'état d'équilibre final le piston soit en butée sur \mathcal{P}_0 . Calculer la pression finale p_{f2} du gaz.

$$A) p_{f2} = \gamma p_0 \frac{V_B}{V_A}$$

$$B) p_{f2} = (\gamma-1) p_0 \frac{V_A}{V_B}$$

$$C) p_{f2} = \frac{p_0 V_B}{\gamma V_A}$$

$$D) p_{f2} = \gamma p_0 \frac{V_A}{V_B}$$

25. — Calculer la température finale T_{f2} du gaz.

$$A) T_{f2} = \frac{\gamma p_0 V_A}{nR}$$

$$B) T_{f2} = \frac{(\gamma-1) p_0 V_A}{nR}$$

$$C) T_{f2} = \frac{p_0 V_A}{n\gamma R}$$

$$D) T_{f2} = \frac{p_0 V_B}{n(\gamma-1)R}$$

Une distribution de charges présentant une symétrie sphérique autour d'un point O crée en un point M quelconque de l'espace situé à une distance $OM = r$ de O , un potentiel électrostatique de la forme :

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \exp(-r/a_0)$$

où a_0 et q sont des constantes positives.

26. — Quelle est la dimension de la constante a_0 ?

A) a_0 a la dimension d'un temps

B) a_0 a la dimension de l'inverse d'une longueur

C) a_0 a la dimension d'une longueur

D) a_0 a la dimension d'un potentiel

27. — Exprimer le champ électrique \vec{E}

$$A) \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r} \exp(-r/a_0)$$

$$B) \vec{E} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2} \left(\frac{2}{a_0} + \frac{1}{r} \right) \vec{r} \exp(-r/a_0)$$

$$C) \vec{E} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2} \left(\frac{1}{a_0} + \frac{2}{r} \right) \vec{r} \exp(-r/a_0)$$

$$D) \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(\frac{1}{a_0} + \frac{1}{r} \right) \vec{r} \exp(-r/a_0)$$

28. — Calculer le flux sortant $\Phi(R)$ du champ électrique \vec{E} à travers une sphère de rayon R centrée sur O .

$$A) \Phi(R) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{R}{a_0} + 2 \right) \exp(-R/a_0)$$

$$B) \Phi(R) = \frac{q}{\epsilon_0} \left(\frac{R}{a_0} + 1 \right) \exp(-R/a_0)$$

$$C) \Phi(R) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{R}{a_0} + 1 \right) \exp(-R/a_0)$$

$$D) \Phi(R) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \exp(-R/a_0)$$

29. — Les limites $\Phi(0)$ et $\Phi(\infty)$ du flux Φ quand R tend respectivement vers zéro et vers l'infini sont :

$$A) \Phi(0) = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \text{et} \quad \Phi(\infty) = 0$$

$$B) \Phi(0) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \quad \text{et} \quad \Phi(\infty) = 0$$

$$C) \Phi(0) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{et} \quad \Phi(\infty) = 0$$

$$D) \Phi(0) = \frac{q}{2\epsilon_0} \quad \text{et} \quad \Phi(\infty) = 0$$

30. — On en déduit que la distribution de charges qui crée ce potentiel est constituée :

A) d'une charge q placée en O et d'une charge $-q$ répartie dans tout l'espace

- B) d'une charge $-q$ placée en O et d'une charge $+q$ répartie dans tout l'espace
 C) d'une charge $-q$ répartie dans tout l'espace
 D) d'une charge q placée en O et d'une charge $2q$ répartie dans tout l'espace

31. — Calculer le potentiel $V_0(r)$ créé par la distribution de charge répartie dans tout l'espace.

A) $V_0(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

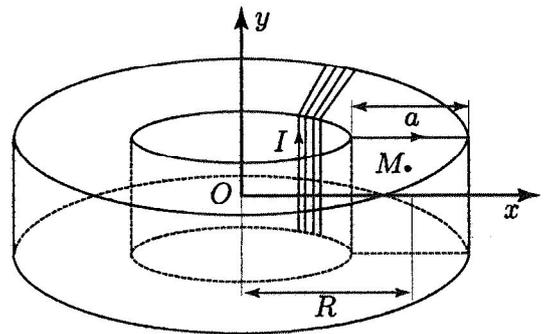
B) $V_0(r) = -\frac{q}{\epsilon_0 r} \exp(-r/a_0)$

C) $V_0(r) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r} [\exp(-r/a_0) + 1]$

D) $V_0(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} [\exp(-r/a_0) - 1]$

32. — Une bobine est constituée par un fil conducteur bobiné en spires jointives sur un tore circulaire à section carrée de côté a et de rayon moyen R (cf. figure ci-contre). On désigne par n le nombre total de spires et par I le courant qui les parcourt. Tout plan méridien du bobinage c'est-à-dire tout plan contenant l'axe de révolution Oy est :

- A) plan de symétrie de la distribution de courant
 B) plan d'antisymétrie de la distribution de courant
 C) plan d'antisymétrie du champ magnétique
 D) plan de symétrie du champ magnétique



33. — Il en résulte que les lignes de champ du champ magnétique passant par un point quelconque M situé à l'intérieur de la bobine sont :

- A) des cercles d'axe Oy
 B) des cercles de centre O
 C) des cercles dont le centre est le centre de la spire contenant M
 D) des carrés dont l'un des sommets contient M

34. — Calculer la norme du champ magnétique qui règne en un point $M(x, y)$ quelconque du plan xOy à l'intérieur du tore.

A) $B = \frac{\mu_0 n I}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}}$

B) $B = \frac{\mu_0 n I}{2\pi x}$

C) $B = \frac{\mu_0 n I}{2\pi y}$

D) $B = \frac{\mu_0 n I x}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}}$

35. — Calculer le flux φ du champ magnétique à travers la surface d'une spire dont la normale est orientée dans le sens du champ.

A) $\varphi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{2R + a}{2R - a}$

B) $\varphi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{R + a}{R - a}$

C) $\varphi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{R + 2a}{2R - 2a}$

D) $\varphi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{R}{a}$

36. — On désigne respectivement par B_{\max} et B_{\min} les valeurs maximum et minimum du champ magnétique à l'intérieur de la bobine. Calculer la valeur numérique du rapport $\frac{a}{R}$ pour une variation relative du champ de 10 % :

$$2 \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max} + B_{\min}} = 10\% :$$

A) $\frac{a}{R} = 0,100$

B) $\frac{a}{R} = 0,050$

C) $\frac{a}{R} = 0,075$

D) $\frac{a}{R} = 0,200$

30. Au cours de cette évolution :

- A) l'entropie de l'eau a diminué
 B) l'entropie de l'eau n'a pas varié
 C) l'entropie de l'eau a augmenté
 D) l'entropie de l'univers a augmenté

31. Une distribution de charge à symétrie sphérique est constituée d'une sphère de centre O_1 , de rayon R , de charge volumique uniforme ρ_e et d'une coquille sphérique, de même centre, de même rayon, d'épaisseur négligeable et de charge surfacique uniforme σ_e (cf. figure n° 1 ci-dessous).

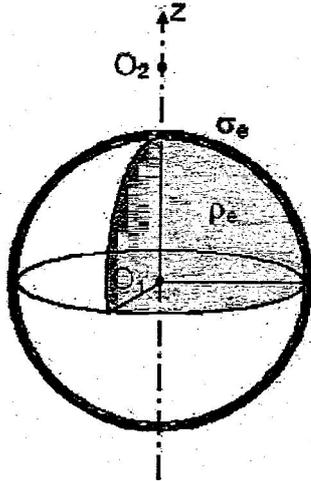


figure n°1

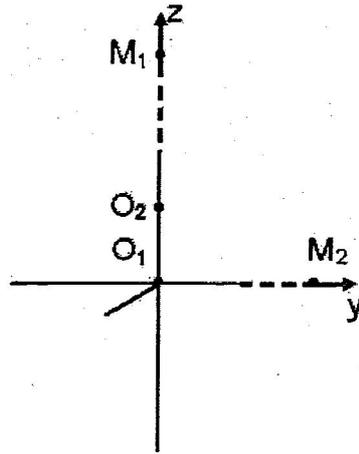


figure n°2

Déterminer l'expression du champ électrique créé par cette distribution en un point M intérieur à la sphère.

- A) $E(M) = \left(\frac{\rho_e}{3\epsilon_0} - \frac{\sigma_e}{R\epsilon_0} \right) O_1M$
 B) $E(M) = \frac{2\rho_e + \sigma_e R}{3\epsilon_0} O_1M$
 C) $E(M) = \left(\frac{2\rho_e}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_e}{R\epsilon_0} \right) O_1M$
 D) $E(M) = \frac{\rho_e}{3\epsilon_0} O_1M$

32. Déterminer l'expression du champ électrique créé par cette distribution en un point M extérieur à la sphère.

- A) $E(M) = \left(\frac{R^3\rho_e}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_e R^2}{\epsilon_0} \right) \frac{O_1M}{\|O_1M\|^3}$
 B) $E(M) = \frac{\sigma_e R^2}{\epsilon_0} \frac{O_1M}{\|O_1M\|^3}$
 C) $E(M) = \left(\frac{R\rho_e}{3\epsilon_0} + \frac{\sigma_e}{\epsilon_0} \right) O_1M$
 D) $E(M) = \left(\frac{2R^3\rho_e}{3\epsilon_0} + \frac{2\sigma_e R^2}{\epsilon_0} \right) \frac{O_1M}{\|O_1M\|^3}$

33. En utilisant l'analogie entre le champ de gravitation et le champ électrique, déterminer l'intensité du champ de gravitation g_0 à la surface d'une planète modélisable par une sphère de rayon R de masse volumique uniforme ρ_m et une croûte de rayon R de masse surfacique σ_m , \mathcal{G} étant la constante de gravitation.

- A) $g_0 = 2\pi\mathcal{G} \left(\frac{R\rho_m}{3} + \sigma_m \right)$
 B) $g_0 = 4\pi\mathcal{G} \left(\frac{R\rho_m}{3} + \sigma_m \right)$
 C) $g_0 = 4\pi\mathcal{G} \left(\frac{R\rho_m}{6} + \frac{\sigma_m}{3} \right)$
 D) $g_0 = \pi\mathcal{G} \left(\frac{R\rho_m}{3} - \sigma_m \right)$

34. On place une charge q en un point O_2 à la distance $a > R$ de O_1 . Déterminer la valeur de cette charge afin que la distribution totale soit neutre. Cette valeur sera valable pour la suite de l'exercice.

A) $q = -\frac{4\pi R^5}{3a^2}\rho_0 + \frac{4\pi R^4}{a^2}\sigma_0$

C) $q = -\frac{4}{3}\pi R^3\rho_0 + 2\pi R^2\sigma_0$

B) $q = -\frac{4\pi R^3}{3a^2}\rho_0 - \frac{2\pi R^2}{a^2}\sigma_0$

D) $q = -\frac{4}{3}\pi R^3\rho_0 - 4\pi R^2\sigma_0$

35. Quelle est l'expression du champ total sur l'axe O_1O_2 en un point M_1 de côté $O_1M_1 = r$ telle que $r \gg a$ (cf. figure n° 2 précédente)?

A) $E(M_1) = -\frac{q}{2\pi r^2 \epsilon_0} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

C) $E(M_1) = \frac{qa}{2\pi r^3 \epsilon_0} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

B) $E(M_1) = -\frac{qa}{2\pi r^3 \epsilon_0} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

D) $E(M_1) = -\frac{qa}{4\pi r^3 \epsilon_0} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

36. Quelle est l'expression du champ total sur l'axe O_1y perpendiculaire à O_1O_2 en un point M_2 d'ordonnée y telle que $y \gg a$ (cf. figure n° 2 précédente)?

A) $E(M_2) = -\frac{qa}{4\pi \epsilon_0 r^3} \frac{O_1M_2}{\|O_1M_2\|}$

C) $E(M_2) = \frac{qa}{4\pi \epsilon_0 r^3} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

B) $E(M_2) = -\frac{qa}{4\pi \epsilon_0 r^3} \frac{O_1O_2}{\|O_1O_2\|}$

D) $E(M_2) = \frac{qa}{4\pi \epsilon_0 r^3} \frac{O_1M_2}{\|O_1M_2\|}$