

**CONCOURS DE RECRUTEMENT  
D'ÉLÈVES PILOTE DE LIGNE**

---

**ÉPREUVE DE PHYSIQUE**

---

**Durée : 2 Heures  
Coefficient : 1**

Ce sujet comporte :

- 1 page de garde,
- 2 pages (recto-verso) d'instructions pour remplir le QCM,
- 1 page d'avertissement
- 5 pages de texte numérotées de 1 à 5.

**CALCULATRICE AUTORISÉE**

## ÉPREUVE DE PHYSIQUE

## A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve de physique de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

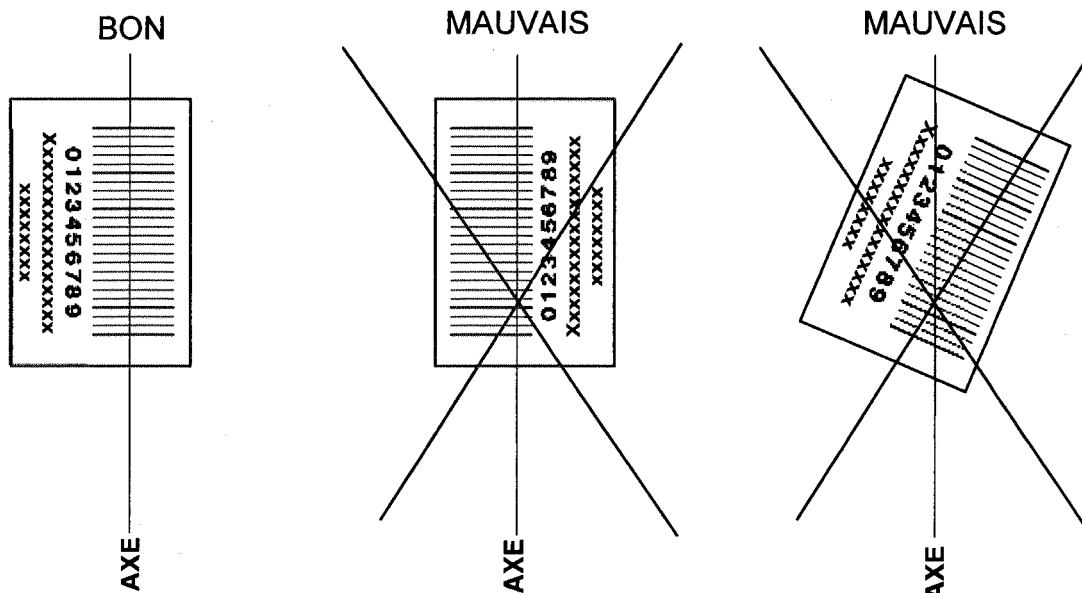
## ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, **l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez**, c'est-à-dire épreuve de physique (voir modèle ci-dessous).

## POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code à barres (en haut à droite de votre QCM) doit traverser la totalité des barres de ce code.

EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
- 3) Utilisez le sujet comme brouillon et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
- 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
- 5) Cette épreuve comporte 36 questions, certaines, de numéros consécutifs, sont liées. La liste des questions est donnée au début du texte du sujet.  
**Chaque candidat devra choisir au plus 24 questions parmi les 36 proposées.**

Il est inutile de répondre à plus de 24 questions : la machine à lecture optique lira les réponses en séquence en partant de la ligne 1, et s'arrêtera de lire lorsqu'elle aura détecté des réponses à 24 questions, quelle que soit la valeur de ces réponses.

**Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.**

**Tournez la page S.V.P.**

6) A chaque question numérotée entre 1 et 36, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 37 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.

Pour chaque ligne numérotée de 1 à 36, vous vous trouvez en face de 4 possibilités :

- ▶ soit vous décidez de ne pas traiter cette question, la ligne correspondante doit rester vierge.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse, vous devez noircir l'une des cases A, B, C, D.
- ▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes, vous devez noircir deux des cases A, B, C, D et deux seulement.
- ▶ soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne, vous devez alors noircir la case E.

**En cas de réponse fausse, aucune pénalité ne sera appliquée.**

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- A)  $\lim_{P \rightarrow 0}(PV) = RT$ , quelle que soit la nature du gaz.
- B)  $PV = RT$  quelles que soient les conditions de pression et température.
- C) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.
- D) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique  $\sigma$ , la forme locale de la loi d'OHM est :

- A)  $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\sigma}$
- B)  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$
- C)  $\vec{E} = \sigma^2 \vec{j}$
- D)  $\vec{j} = \sigma^2 \vec{E}$

Exemple III : Question 3 :

- A) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.
- B) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.
- C) Le rendement du cycle de CARNOT est  $1 + \frac{T_2}{T_1}$ .
- D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

**Vous marquerez sur la feuille réponse :**

1	<input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>

## **AVERTISSEMENT**

**Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Nous attirons leur attention sur les points suivants :**

**1 – Les résultats sont arrondis en respectant les règles habituelles (il est prudent d'éviter les arrondis – ou des arrondis peu précis – sur les résultats intermédiaires).**

**2 – Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment différentes de la valeur exacte pour que d'éventuelles différences d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.**

---

### **QUESTIONS LIEES**

[1, 2, 3, 4, 5, 6]

[7, 8, 9, 10, 11, 12]

[13, 14, 15, 16, 17, 18]

[19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]

[26, 27, 28, 29, 30, 31]

[32, 33, 34, 35, 36]

---



optique  $A$  et  $A'$  des plans de fronts contenant l'objet et l'image sont respectivement repérées par rapport aux foyers objet  $F$  et image  $F'$ .

A)  $\frac{\overline{FA}}{\overline{F'A'}} = \frac{f}{f'}$

B)  $\frac{\overline{FA}}{\overline{F'A'}} = \frac{f'}{f}$

C)  $\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -ff'$

D)  $\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = ff'$

8. — Exprimer la relation de Newton donnant le grandissement transversal  $G_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$  de la lentille en fonction de la position  $\overline{FA}$  de l'objet par rapport au foyer objet  $F$  et de la distance focale image  $f'$ .

A)  $G_t = \frac{\overline{FA}}{f'}$

B)  $G_t = \frac{f'}{\overline{FA}}$

C)  $G_t = -\frac{f'}{\overline{FA}}$

D)  $G_t = -\frac{\overline{FA}}{f'}$

9. — Une lunette de Galilée destinée à observer les objets terrestres est constituée d'un objectif convergent assimilable à une lentille mince  $\mathcal{L}_1$  de centre optique  $O_1$ , de distance focale image  $f'_1 = 25$  cm et d'un oculaire divergent que l'on peut également assimiler à une lentille mince  $\mathcal{L}_2$  de centre optique  $O_2$  et de distance focale image  $f'_2 = -5$  cm. Les axes optiques des deux lentilles sont confondus et définissent l'axe optique de l'instrument.

Calculer numériquement la distance  $e = O_1O_2$  entre les centres optiques des lentilles pour que le système soit afocal, c'est-à-dire pour qu'un observateur dont l'œil est normal puisse voir en accommodant à l'infini l'image que donne la lunette d'un objet situé à l'infini.

A)  $e = 10$  cm

B)  $e = 20$  cm

C)  $e = 30$  cm

D)  $e = 25$  cm

10. — Un rayon lumineux entre dans l'instrument en faisant un angle  $\alpha_1$  avec l'axe optique. Exprimer l'angle  $\alpha_2$  que fait avec l'axe optique, le rayon qui émerge de la lunette.

A)  $\alpha_2 = -\frac{f'_1}{f'_1 + f'_2} \alpha_1$

B)  $\alpha_2 = \frac{f'_1 + f'_2}{f'_2} \alpha_1$

C)  $\alpha_2 = -\frac{f'_2}{f'_1} \alpha_1$

D)  $\alpha_2 = -\frac{f'_1}{f'_2} \alpha_1$

11. — On définit le grossissement  $G$  d'un instrument par le rapport  $G = \alpha_i / \alpha_o$  de l'angle  $\alpha_i$  sous lequel un observateur voit un objet à travers l'instrument sur l'angle  $\alpha_o$  sous lequel il voit le même objet à l'œil nu. Calculer le grossissement  $G$  de la lunette dans le cas de l'observation d'un objet à l'infini par un œil normal qui n'accomode pas.

A)  $G = 5$

B)  $G = -2$

C)  $G = -4$

D)  $G = 6$

12. — La lunette étant toujours afocale, un objet de dimension  $\overline{AB}$  est disposé dans le plan de front orthogonal à l'axe optique à une distance finie  $\overline{O_1A}$  de l'objectif de la lunette. L'objectif en donne une image intermédiaire  $\overline{A'B'}$  reprise par l'oculaire qui en donne une image définitive  $\overline{A''B''}$  observable par un œil qui doit maintenant accommoder. Calculer dans ces conditions le grandissement transversal de la lunette défini par le rapport  $\gamma = \overline{A''B''} / \overline{AB}$ .

A)  $\gamma = -\frac{f'_2 + f'_1}{f'_1}$

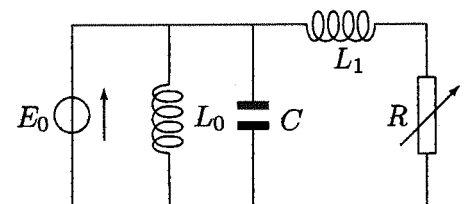
B)  $\gamma = -\frac{f'_2}{f'_1 + f'_2}$

C)  $\gamma = -\frac{f'_2}{f'_1}$

D)  $\gamma = -\frac{f'_1}{f'_2}$

13. — Le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre est alimenté par une source de tension de force électromotrice sinusoïdale de pulsation  $\omega = 100\pi$  rad.s<sup>-1</sup> et de valeur efficace  $E_0 = 220$  V. La résistance  $R$  est variable et  $L_0 = 1$  H.

Exprimer la puissance moyenne  $P$  calculée sur une période qui est absorbée par la résistance  $R$ .



A)  $P = \frac{RE_0^2}{R^2 + L_0^2\omega^2}$

B)  $P = \frac{RE_0^2}{R^2 + L_1^2\omega^2}$

C)  $P = \frac{RE_0^2}{L_1^2\omega^2 + L_0^2\omega^2}$

D)  $P = \frac{RC\omega E_0^2}{\sqrt{R^2 + L_0^2\omega^2}}$

14. — Calculer la valeur  $R_0$  de  $R$  pour laquelle la puissance  $P$  est maximale.

A)  $R_0 = (L_1 + L_0)\omega$       B)  $R_0 = \frac{L_0}{L_1 C \omega}$       C)  $R_0 = L_1 \omega$       D)  $R_0 = \frac{L_1}{L_0 C \omega}$

15. — Calculer  $L_1$  lorsque  $P$  a sa valeur maximale  $P_M$  sachant que  $R_0 = 12 \Omega$ .

A)  $L_1 = 7,37 \cdot 10^{-2} \text{ H}$       B)  $L_1 = 3,82 \cdot 10^{-2} \text{ H}$       C)  $L_1 = 1,72 \cdot 10^{-1} \text{ H}$       D)  $L_1 = 5,15 \cdot 10^{-1} \text{ H}$

16. — Calculer dans ces conditions la valeur maximale  $P_M$  de  $P$ .

A)  $P_M = 2017 \text{ W}$       B)  $P_M = 4810 \text{ W}$       C)  $P_M = 7340 \text{ W}$       D)  $P_M = 987 \text{ W}$

17. — Pour une valeur  $R_1$  de  $R$  ( $R_1 > R_0$ ), la puissance délivrée par le générateur vaut  $P_1 = 1936 \text{ W}$ . Calculer  $R_1$  en adoptant désormais pour  $L_1$  la valeur trouvée précédemment.

A)  $R_1 = 70 \Omega$       B)  $R_1 = 45 \Omega$       C)  $R_1 = 34 \Omega$       D)  $R_1 = 16 \Omega$

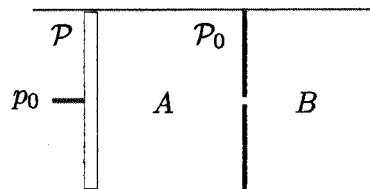
18. — Calculer la valeur de  $C$  pour que, lorsque  $R = R_1$ , la tension aux bornes du générateur soit en phase avec le courant qu'il débite.

A)  $C = 38 \cdot 10^{-6} \text{ F}$       B)  $C = 106 \cdot 10^{-6} \text{ F}$       C)  $C = 340 \cdot 10^{-6} \text{ F}$       D)  $C = 507 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

19. —  $n$  moles d'un gaz parfait évoluent d'un état initial  $p_i, V_i, T_i$  vers un état final  $p_f, V_f, T_f$ . On désigne par  $\gamma = c_p/c_v$  le rapport des capacités thermiques molaires respectivement à pression et à volume constants. Exprimer la variation  $\Delta U$  de son énergie interne.

A)  $\Delta U = \frac{p_i V_i - p_f V_f}{n\gamma}$       B)  $\Delta U = 0$   
 C)  $\Delta U = \frac{p_f V_f - p_i V_i}{nR}$       D)  $\Delta U = \frac{p_f V_f - p_i V_i}{\gamma - 1}$

20. — Un récipient cylindrique horizontal muni d'un piston mobile  $\mathcal{P}$  qui peut coulisser sans frottement le long du cylindre est séparé en deux compartiments  $A$  et  $B$  par une paroi fixe  $\mathcal{P}_0$ . L'ensemble constitué par le cylindre, le piston et les parois est adiabatique. Sur la face externe du piston s'exerce la pression atmosphérique  $p_0$  que l'on suppose uniforme et constante. Dans la situation initiale, le compartiment  $A$  de volume  $V_A$  contient  $n$  moles d'un gaz parfait à la pression  $p_0$ , le compartiment  $B$ , de volume  $V_B$  est vide (pression négligeable).



On perce dans la paroi fixe  $\mathcal{P}_0$ , un orifice suffisamment petit pour que le piston se déplace infiniment lentement. On suppose, dans un premier temps, que  $V_B$  est suffisamment petit pour que dans l'état d'équilibre final le piston n'arrive pas en butée sur  $\mathcal{P}_0$ . Calculer le volume  $\Delta V$  balayé par le piston lors de l'évolution du gaz vers l'état d'équilibre final caractérisé par le volume final  $V_{f1}$  de l'ensemble des deux compartiments.

A)  $\Delta V = V_A + V_B - V_{f1}$       B)  $\Delta V = V_{f1} - V_A + V_B$   
 C)  $\Delta V = V_{f1} + V_A - V_B$       D)  $\Delta V = V_{f1} - V_B$

21. — Calculer, en appliquant le premier principe de la thermodynamique, le volume final  $V_{f1}$  du gaz.

A)  $V_{f1} = V_A + \frac{\gamma - 1}{\gamma} V_B$       B)  $V_{f1} = V_B + \frac{\gamma - 1}{\gamma} V_A$   
 C)  $V_{f1} = V_B + \frac{\gamma}{\gamma - 1} V_A$       D)  $V_{f1} = \gamma V_A + \frac{V_B}{\gamma - 1}$

22. — Calculer la température finale  $T_{f1}$  du gaz.

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

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

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

23. — Calculer la variation d'entropie  $\Delta S_1$  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  $P_0$ . 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  $\Phi$  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)  $V_0(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

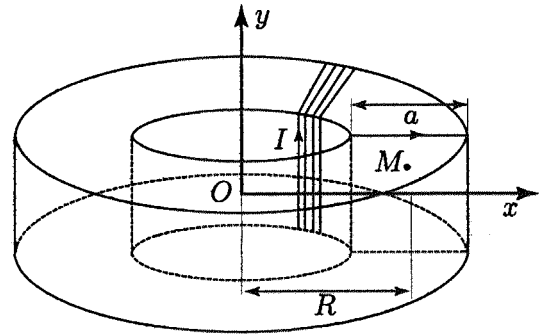
B)  $V_0(r) = -\frac{q}{\epsilon_0 r} \exp(-r/a_0)$

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