

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES  
PILOTE DE LIGNE

---

**EPREUVE DE PHYSIQUE**

---

Durée : 2 Heures  
Coefficient : 1

Le sujet comprend :

- 1 page de garde,
- 2 pages (recto-verso) d'instructions pour remplir le QCM,
- 1 page avertissement,
- 6 pages numérotées de 1 à 6

**CALCULATRICE AUTORISEE**

## 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.

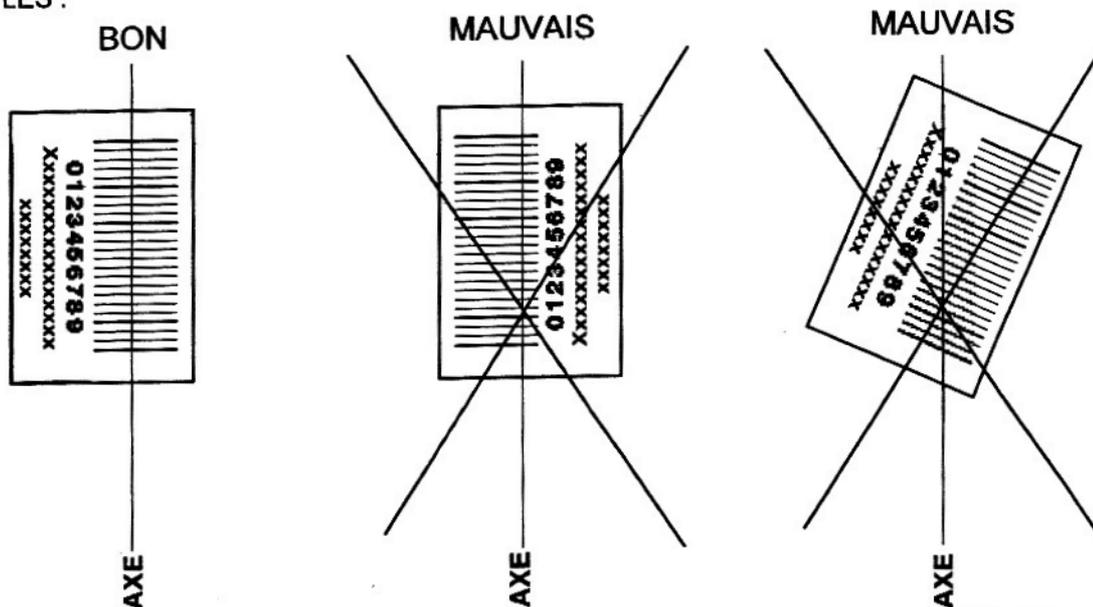
## ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 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.**

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

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

MAUVAIS  
MAUVAIS  
BON

#### 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 - on des arrondis peu précis - sur les résultats intermédiaires).

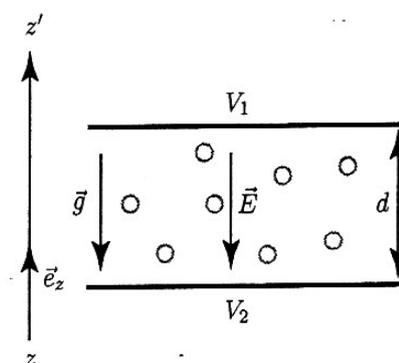
2 - Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment différentes de la valeur exacte pour que d'éventuelles différences d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.

#### 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]

1. — On disperse un brouillard de fines gouttelettes sphériques d'huile, de masse volumique  $\rho_h = 1,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , dans l'espace séparant les deux plaques horizontales d'un condensateur plan distantes de  $d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ . Les gouttelettes obtenues sont chargées négativement en raison des frottements qu'elles subissent à la sortie du pulvérisateur et sont supposées ne pas avoir de vitesses initiales (cf. figure ci-contre). Toutes les gouttelettes sphériques ont même rayon  $R$  mais n'ont pas forcément la même charge  $-q$ . En l'absence de champ électrique  $E$ , une gouttelette est soumise à son poids (on prendra pour l'accélération de la pesanteur la valeur  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ), à la poussée d'Archimède de la part de l'air ambiant de masse volumique  $\rho_a = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  et à une force de frottement visqueux  $f$ , proportionnelle et opposée à sa vitesse  $v$  de norme  $f = 6\pi\eta R \|v\|$  où  $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ S.I.}$  est le coefficient de viscosité de l'air.



Montrer que la vitesse  $v(t)$  des gouttelettes peut se mettre sous la forme :  $\vec{v}(t) = -v_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] \vec{e}_z$ .

Exprimer  $\tau$ .

A)  $\tau = \frac{9R^3 \rho_h}{2\eta}$

B)  $\tau = \frac{2R\rho_a}{3\eta}$

C)  $\tau = \frac{4R^2 \rho_a}{9\eta}$

D)  $\tau = \frac{2R^2 \rho_h}{9\eta}$

2.— Exprimer  $v_0$ .

A)  $v_0 = \frac{2R^2}{9\eta} (\rho_h - \rho_a) g$

B)  $v_0 = \frac{9R^2}{2\pi\eta} (\rho_h - \rho_a) g$

C)  $v_0 = \frac{9R^2}{2\eta} (\rho_a - \rho_h) g$

D)  $v_0 = \frac{4\pi R^3}{3\eta} (\rho_h + \rho_a) g$

3.— On mesure une vitesse limite  $v_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ . Calculer le rayon  $R$  des gouttelettes d'huile.

A)  $R = 2,53 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

B)  $R = 7,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

C)  $R = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

D)  $R = 4,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

4. — On applique une différence de potentiel  $U = V_1 - V_2 > 0$  aux bornes du condensateur de façon à ce que le champ électrique  $E$  uniforme et constant qui apparaît dans l'espace compris entre les armatures soit dirigé suivant la verticale descendante (cf. figure ci-dessus).

Exprimer la relation qui existe entre  $U$  et la norme  $E$  du champ électrique.

A)  $U = \frac{E}{d}$

B)  $U = Ed$

C)  $U = \frac{d}{E}$

D)  $U = 2 \frac{E}{d}$

5. — Une gouttelette est immobilisée pour  $U = 3200 \text{ V}$ . Calculer la valeur absolue  $q$  de sa charge.

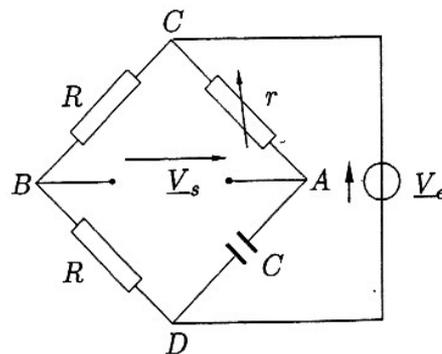
A)  $q = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

B)  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

C)  $q = 8,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

D)  $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

6. — On considère le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre. Un pont dont les quatre branches sont constituées par trois résistors et un condensateur est alimenté par une source de tension sinusoïdale  $v_e(t) = v_C - v_D = V_{E0} \cos(\omega t)$ , de pulsation  $\omega$ , connectée aux bornes de la diagonale CD. On désigne par  $v_s(t) = v_A - v_B = V_{s0} \cos(\omega t + \varphi_1)$  la tension de sortie recueillie aux bornes de la diagonale AB.



On définit la fonction de transfert  $T(j\omega)$  du circuit par le rapport de l'amplitude complexe  $\underline{V}_s$  associée à la tension de sortie sur l'amplitude complexe  $\underline{V}_e$ , associée à la tension d'entrée.

Exprimer  $T_1(j\omega) = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$

A)  $T_1(j\omega) = 1 - jrC\omega$

B)  $T_1(j\omega) = \frac{1}{1 + jrC\omega}$

C)  $T_1(j\omega) = \frac{11 - jrC\omega}{21 + jrC\omega}$

D)  $T_1(j\omega) = \frac{1 + jrC\omega}{1 - jrC\omega}$

7. — Déterminer l'impédance interne  $\underline{Z}_{th}$  de la représentation de Thévenin du générateur équivalent au circuit du point de vue de ses bornes de sortie A et B.

A)  $\underline{Z}_{th} = \frac{R}{2(1 + jrC\omega)}$

B)  $\underline{Z}_{th} = \frac{r}{1 + jrC\omega}$

C)  $\underline{Z}_{th} = \frac{R}{2}$

D)  $\underline{Z}_{th} = \frac{R}{2} + \frac{r}{jrC\omega + 1}$

8. — Exprimer le déphasage  $\varphi_1$  de la tension de sortie  $v_s(t)$  par rapport à la tension d'entrée  $v_e(t)$ .

A)  $\varphi_1 = -2 \arctan(rC\omega)$

B)  $\varphi_1 = \arctan(rC\omega)$

C)  $\varphi_1 = \arctan(2rC\omega)$

D)  $\varphi_1 = -\arctan\left(\frac{rC\omega}{2}\right)$

9. — On donne  $\omega = 1000 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ . Quelle valeur  $r_0$  doit-on donner à r pour que  $\varphi_1 = -\frac{\pi}{2}$  ?

A)  $r_0 = 5000 \Omega$

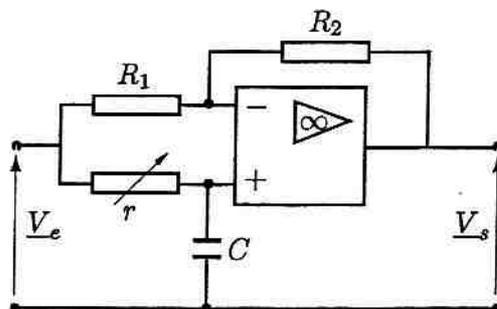
A)  $r_0 = 1000 \Omega$

A)  $r_0 = 3000 \Omega$

A)  $r_0 = 2000 \Omega$

10. — On connecte une charge  $R_u = \frac{R}{2} = 500 \Omega$  entre les bornes A et B du circuit. Quelle est la nouvelle valeur  $\varphi'_1$  du déphasage de la tension de sortie  $v_s(t)$  par rapport à la tension d'entrée  $v_e(t)$  pour

11. — On envisage maintenant d'utiliser le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre dans lequel l'amplificateur opérationnel idéal fonctionne en régime linéaire. Exprimer la fonction de transfert  $T_2(j\omega) = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$ , du montage.



$$\begin{array}{ll} \text{A) } T_2(j\omega) = \frac{R_2 - jrR_1C\omega}{R_2 + jrR_2C\omega} & \text{B) } T_2(j\omega) = \frac{R_1 - jrR_2C\omega}{R_2 + jrR_2rC\omega} \\ \text{C) } T_2(j\omega) = \frac{r - jR_1R_2C\omega}{R_1 + jrR_2C\omega} & \text{D) } T_2(j\omega) = \frac{R_1 - jrC\omega R_2}{R_1(1 + jrC\omega)} \end{array}$$

12. — Quelle doit être la relation entre  $R_1$  et  $R_2$  pour que le module de la fonction de transfert soit égal à l'unité :  $|T_2(j\omega)| = 1$

$$\text{A) } R_1 = R_2 \quad \text{B) } R_1 = 2R_2 \quad \text{C) } R_1 = \frac{R_2}{2} \quad \text{D) } R_1 = 3R_2$$

13. — Donner, dans ce cas, l'expression du déphasage  $\varphi_2(\omega)$  de la tension de sortie  $v_s(t)$  par rapport à la tension d'entrée  $v_e(t)$ .

$$\begin{array}{ll} \text{A) } \varphi_2 = \arctan(rC\omega) & \text{B) } \varphi_2 = -2\arctan(rC\omega) \\ \text{B) } \varphi_2 = \arctan(2rC\omega) & \text{C) } \varphi_1 = -\arctan(rC\omega) \end{array}$$

14. — On dispose un objet  $\overline{A_0B_0}$  orthogonalement à l'axe optique d'une lentille *divergente*  $L_1$  de distance focale image  $f_1 = -20$  cm. Quelle doit être la valeur  $\overline{O_1A_0}$  de la position de l'objet par rapport au centre optique  $O_1$  de  $L_1$  pour que le grandissement transversal  $Gt$  soit égal à  $\frac{1}{2}$  ?

$$\text{A) } \overline{O_1A_0} = -20\text{cm} \quad \text{B) } \overline{O_1A_0} = 10\text{cm} \quad \text{C) } \overline{O_1A_0} = -10\text{cm} \quad \text{D) } \overline{O_1A_0} = -40\text{cm}$$

15. — Quelle est alors la position  $\overline{O_1A_i}$  de l'image  $\overline{A_iB_i}$  par rapport à  $O_1$  ?

$$\text{A) } \overline{O_1A_i} = -20\text{cm} \quad \text{B) } \overline{O_1A_i} = -10\text{cm} \quad \text{C) } \overline{O_1A_i} = 15\text{cm} \quad \text{D) } \overline{O_1A_i} = 40\text{cm}$$

16. — On place après  $L_1$  un viseur constitué d'une lentille *convergente*  $L_2$ , de même axe optique que  $L_1$ , de distance focale image  $f_2 = 40$  cm et d'un écran  $E$  disposé orthogonalement à l'axe optique a une distance  $\overline{O_2E} = 80$  cm du centre optique  $O_2$  de  $L_2$ . Calculer la distance  $\overline{O_1O_2}$  entre les centres optiques des lentilles  $L_1$  et  $L_2$  pour que l'on observe sur l'écran une image nette de l'objet

$$\text{A) } \overline{O_1O_2} = 50 \text{ cm} \quad \text{B) } \overline{O_1O_2} = 10 \text{ cm} \quad \text{C) } \overline{O_1O_2} = 70 \text{ cm} \quad \text{D) } \overline{O_1O_2} = 5 \text{ cm}$$

17. — On désire utiliser le système optique constitué par l'association de la lentille  $L_1$  suivie de la lentille  $L_2$ , pour transformer un faisceau cylindrique de rayons parallèles à l'axe optique et de diamètre  $d$  à l'entrée du système, en un faisceau cylindrique de rayons parallèles à l'axe optique et de diamètre  $D$  à la sortie du système. Calculer la distance  $\overline{O_1O_2}$  qui permet de réaliser un tel système.

$$\text{A) } \overline{O_1O_2} = 30 \text{ cm} \quad \text{B) } \overline{O_1O_2} = 10 \text{ cm} \quad \text{C) } \overline{O_1O_2} = 40 \text{ cm} \quad \text{D) } \overline{O_1O_2} = 20 \text{ cm}$$

18. — Calculer le rapport  $\frac{D}{d}$  des diamètres

A)  $\frac{D}{d} = 1$

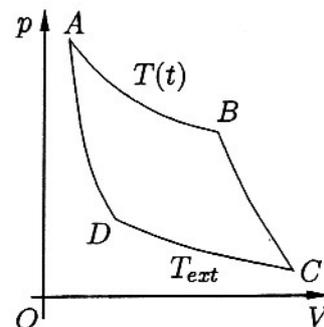
B)  $\frac{D}{d} = 2$

C)  $\frac{D}{d} = 3$

D)  $\frac{D}{d} = 4$

Le fluide d'une pompe à chaleur décrit de façon réversible un cycle de Carnot constitué de deux évolutions adiabatiques  $AD$  et  $BC$  et de deux évolutions isothermes  $AB$  et  $DC$  (cf. le diagramme  $p$  (pression),  $V$  (volume) représenté sur la figure ci-contre).

Au cours de chaque évolution isotherme  $AB$ , le système échange la quantité de chaleur  $\delta Q_c$  avec une source chaude constituée par l'air ambiant d'une pièce de capacité thermique totale  $C$  que l'on désire chauffer. La température de la pièce à l'instant  $t$  est notée  $T(t)$ . Au cours de chaque évolution isotherme  $DC$ , le système échange la quantité de chaleur  $\delta Q_f$  avec une source froide constituée par l'air extérieur à la pièce dont la température constante est notée  $T_{ext}$ . On peut considérer que la température  $T(t)$  de la source chaude reste constante au cours d'un cycle (de durée  $dt$ ) et qu'elle augmente de  $dT$  à chaque cycle. On désigne par  $P$  la puissance mécanique totale constante fournie au système.



19. — Pour que la machine fonctionne en pompe à chaleur qui réchauffe la pièce,

A) D faut que le cycle soit décrit dans le sens  $ADCBA$

B) E faut que le cycle soit décrit dans le sens  $ABCD$

C) Le sens du cycle n'a pas d'importance

D) On doit nécessairement avoir :  $T(0) > T_{ext}$

20. — L'efficacité thermique  $\eta(t)$  de la pompe est définie par le rapport  $\eta(t) = -\frac{\delta Q_c}{\delta W}$  où  $\delta W$  est le travail échangé au cours d'un cycle. Exprimer  $\eta(t)$ .

A)  $\eta(t) = \frac{T_{ext}}{T(t) - T_{ext}}$

B)  $\eta(t) = \frac{T(t)}{T_{ext}}$

C)  $\eta(t) = \frac{T(t) - T_{ext}}{T_{ext}}$

D)  $\eta(t) = \frac{T(t)}{T(t) - T_{ext}}$

21. — On suppose, dans un premier temps, que la pièce est thermiquement isolée de l'extérieur et que sa température initiale est  $T(0) = T_0 > T_{ext}$ . Calculer l'intervalle de temps  $t_1$  pendant lequel la pompe à chaleur doit fonctionner, à puissance mécanique constante, pour que la température de la pièce atteigne la valeur  $T_1 > T_0$ .

A)  $t_1 = \frac{C}{P} \left( T_{ext} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right) \right)$

B)  $t_1 = \frac{C}{P} \left( (T_1 - T_0) - T_{ext} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right) \right)$

C)  $t_1 = \frac{C}{P} \left( T_1 - T_0 \ln \left( \frac{T_{ext}}{T_1} \right) \right)$

D)  $t_1 = \frac{C}{P} \left( T_0 - T_1 \ln \left( \frac{T_{ext}}{T_0} \right) \right)$

22. — On suppose maintenant que la puissance  $P$  est directement fournie à une résistance chauffante de capacité thermique négligeable et que la pièce est initialement à la température  $T_0$ . Calculer l'intervalle de temps  $t_2$  au bout duquel la température de la pièce atteint la valeur  $T_2$ .

$$A) t_2 = \frac{C(T_1 - T_0)^2}{P(T_1 + T_0)} \quad B) t_2 = \frac{C(T_1 + T_0)}{2P} \quad C) t_2 = \frac{C(T_1 - T_0)}{2P} \quad D) t_2 = \frac{C(T_1 - T_0)}{P}$$

23. — On suppose maintenant que la pièce présente une fuite thermique. Lorsque sa température est  $T(t)$ , elle échange avec l'extérieur, pendant l'intervalle de temps  $dt$ , une quantité de chaleur  $\delta Q = -kC(T(t) - T_{ext}) dt$  où  $k$  est une constante.

La pompe est arrêtée lorsque la température de la pièce vaut 295 K alors que  $T_{ext} = 290$  K. On constate qu'au bout de 3 heures la température de la pièce a chuté de 3°C. Calculer la valeur de  $k$ .

$$A) k = 17,2 \cdot 10^{-5} s \quad B) k = 32,4 \cdot 10^{-5} s \quad C) k = 84,8 \cdot 10^{-5} s \quad D) B) k = 46,8 \cdot 10^{-5} s$$

24. — Montrer que la température maximale  $T_{max}$  qu'il est possible d'obtenir dans la pièce en présence de la fuite thermique lorsque la pompe fonctionne et que le régime permanent est établi se déduit de la relation :

$$A) T_{max}^2 - T_{ext} \left( 2T_{ext} + \frac{P}{kC} \right) + T_{ext}^2 = 0 \quad B) T_{ext}^2 - T_{max} \left( T_{ext} + \frac{P}{kC} \right) = 0$$

$$C) T_{max}^2 - T_{ext} \left( 2T_{ext} + \frac{P}{kC} \right) + T_{ext}^2 = 0 \quad D) \left( 2T_{ext} + \frac{P}{kC} \right) T_{max} - T_{ext}^3 = 0$$

Du point de vue du potentiel et du champ électrique qu'ils créent, les noyaux de certains atomes légers peuvent être modélisés par une distribution volumique de charge à l'intérieur d'une sphère de centre  $O$  et de rayon  $a$ . On désigne par  $r = OP$ , le vecteur position d'un point  $P$  quelconque de l'espace. Pour  $r < a$ , la charge volumique  $\rho(P)$  qui représente le noyau varie en fonction de  $r$  suivant la loi :

$$\rho = \rho_0 \left( 1 - \frac{r^2}{a^2} \right)$$

où  $\rho_0$  est une constante positive.

25. — Exprimer la charge totale  $Q$  du noyau.

$$A) Q = \frac{1}{3} \pi \epsilon_0 \rho_0 a^3 \quad B) Q = \frac{8}{15} \pi \rho_0 a^3 \quad C) Q = \frac{3}{5} \pi \epsilon_0 \rho_0 a^2 \quad D) Q = \frac{\rho_0 a^2}{2\pi}$$

26. — Les propriétés de symétrie du champ électrostatique permettent d'affirmer que :

- A) Le champ électrique est contenu dans les plans de symétries des charges.
- B) Le champ électrique est orthogonal aux plans d'anti-symétries des charges.
- C) Le champ électrique est orthogonal aux plans de symétries des charges.
- D) Le champ électrique est contenu dans les plans d'anti-symétries des charges.

27. — Calculer le champ électrique  $E_{ext}(P)$  en tout point  $P$  extérieur à la sphère ( $r > a$ ).

$$A) \vec{E}_{ext}(P) = \frac{\rho_0 2a^3}{15\epsilon_0 r^3} \vec{r} \quad B) \vec{E}_{ext}(P) = \frac{\rho_0 a^3}{2\pi\epsilon_0 r^2} \vec{r}$$

$$C) \vec{E}_{ext}(P) = \frac{\rho_0 2\pi a^2}{\epsilon_0 r^2} \vec{r} \quad D) E_{ext}(P) = 0$$

28. — Calculer le champ électrique  $E(P)$  en tout point  $P$  intérieur à la sphère ( $r < a$ ).

$$\text{A) } \vec{E}_{\text{int}}(P) = \frac{\rho_0}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{2}{3} - \frac{3r^2}{4a^2} \right) \vec{r}$$

$$\text{B) } \vec{E}_{\text{int}}(P) = \frac{3\rho_0}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{3}{4} - \frac{4r^2}{3a^2} \right) \vec{r}$$

$$\text{C) } \vec{E}_{\text{int}}(P) = \frac{\rho_0}{\epsilon_0} \left( \frac{1}{3} - \frac{r^2}{5a^2} \right) \vec{r}$$

$$\text{D) } E_{\text{int}}(P) = 0$$

29. — Exprimer le potentiel  $V_{\text{ext}}(P)$  créée par le noyau lorsque  $r > a$ .

$$\text{A) } V_{\text{ext}}(P) = \frac{\rho_0 a^2}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\text{B) } V_{\text{ext}}(P) = \frac{4\rho_0 a^2}{3\pi\epsilon_0 r}$$

$$\text{C) } V_{\text{ext}}(P) = \frac{\rho_0 2a^3}{15\epsilon_0 r}$$

$$\text{D) } V_{\text{ext}}(P) = \frac{\pi\rho_0 a^2}{3\epsilon_0 r}$$

30. — Exprimer le potentiel  $V_{\text{int}}(P)$  créée par le noyau lorsque  $r < a$ .

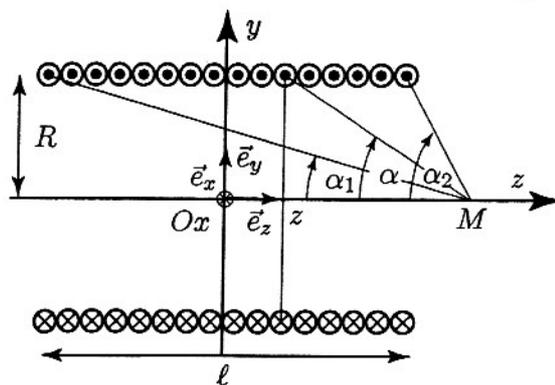
$$\text{A) } V_{\text{int}}(P) = \frac{\rho_0}{\epsilon_0} \left( \frac{a^2}{4} - \frac{r^2}{6} + \frac{r^4}{20a^2} \right)$$

$$\text{B) } V_{\text{int}}(P) = \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{a^2}{3} + \frac{r^2}{2} - \frac{r^3}{a} \right)$$

$$\text{C) } V_{\text{int}}(P) = \frac{\rho_0}{\epsilon_0} \left( \frac{a^2}{6} - \frac{r^2}{3} + \frac{r}{3a} \right)$$

$$\text{C) } V_{\text{int}}(P) = \frac{4\pi\rho_0}{\epsilon_0} \left( \frac{r^2}{6} + \frac{r^4}{4a^2} \right)$$

Un solénoïde mince d'axe  $Oz$  et de longueur  $\ell$  est constitué de  $N$  spires circulaires jointives identiques de rayon  $R$  parcourues par un courant d'intensité  $I$ . On désigne par  $z$  la cote d'une spire vue sous un angle  $\alpha$  depuis un point  $M$  de l'axe  $Oz$  à la cote  $z_M$  (cf. figure ci-contre).



31. — Compte tenu de la symétrie des sources, on peut affirmer que :

- A) En tout point de l'axe  $Oz$ , le champ magnétique est porté par cet axe
- B) Le champ magnétique est orthogonal au plan  $xOy$  en tout point de ce plan
- C) Le champ magnétique est uniforme en tout point de l'espace
- D) Le champ magnétique est nul à l'extérieur du solénoïde

32. — Exprimer, en fonction de  $a$ , le champ magnétique créée en  $M$  par la spire située à la cote  $z$  sur l'axe  $Oz$ .

$$\text{A) } \vec{B}(z) = \frac{\mu_0 I}{R} \sin^2 \alpha \vec{e}_z$$

$$\text{B) } \vec{B}(z) = \frac{I}{2R\mu_0} \cos^3 \alpha \vec{e}_z$$

$$\text{C) } \vec{B}(z) = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \alpha \vec{e}_z$$

$$\text{D) } \vec{B}(z) = \frac{I}{\mu_0 R} \tan^3 \alpha \vec{e}_z$$

33. — Une variation  $dz$  de la cote  $z$  d'une spire entraîne une variation  $d\alpha$  de l'angle  $\alpha$ . Exprimer  $dz$  en fonction de  $\alpha$  et  $d\alpha$ .

$$\text{A) } dz = \frac{Rd\alpha}{\tan^2 \alpha}$$

$$\text{B) } dz = \frac{Rd\alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\text{C) } dz = \frac{Rd\alpha}{\sin^3 \alpha}$$

$$\text{D) } dz = \frac{Rd\alpha}{\sin^2 \alpha}$$

34. — Exprimer le nombre  $dN$  de spires contenues dans un élément de longueur  $dz$  de solénoïde.

$$\text{A) } dN = \frac{\ell}{N} dz$$

$$\text{B) } dN = \frac{N}{\ell} dz$$

$$\text{C) } dN = \frac{2N}{\ell} dz$$

$$\text{D) } dN = \frac{N}{2\ell} dz$$

35. — Exprimer le champ magnétique en tout point M de l'axe  $Oz$  en fonction des angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  définis sur la figure ci dessus.

$$\text{A) } B = \frac{N\mu_0 I}{2\ell} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

$$\text{B) } B = \frac{NI}{2\mu_0 \ell} (\sin^2 \alpha_1 - \sin^2 \alpha_2)$$

$$\text{C) } B = \frac{NI}{2\mu_0 \ell} (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$$

$$\text{D) } B = \frac{N\mu_0 I}{2\ell} (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$$

36. — Exprimer le champ magnétique en tout point M de l'axe  $Oz$  d'un solénoïde infini constitué de n spires par unité de longueur parcourues par un courant  $I$ .

$$\text{A) } \vec{B} = \frac{\mu_0 n I}{4\pi} \vec{e}_z$$

$$\text{B) } B = \mu_0 n I e_z$$

$$\text{C) } \vec{B} = \frac{nI}{\mu_0} \vec{e}_z$$

$$\text{D) } \vec{B} = \frac{nI}{2\mu_0} \vec{e}_z$$