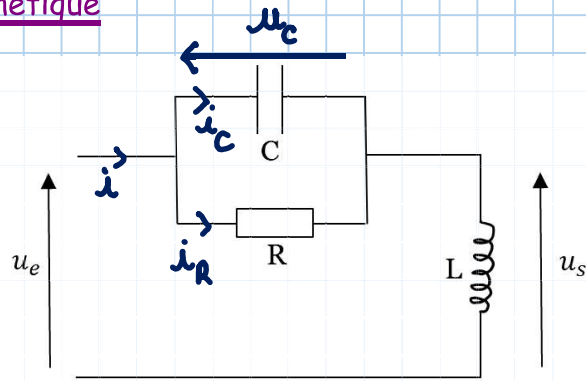


QCM de Physique

Electrocinétique



Q1) Continuité de la tension aux bornes du condensateur :
 $u_c(0^+) = u_c(0) = 0$

Loi des mailles : $u_e = u_c + u_s \Rightarrow u_s(0^+) = E$

Réponse B

Q2) On a $i_c = C \frac{du_c}{dt} = C \frac{d(u_e - u_s)}{dt}$

D'après Q1 : $i_R(0^+) = \frac{u_c(0^+)}{R} = 0$

Continuité du courant traversant une bobine $i(0^+) = i(0) = 0$
 loi des noeuds $i = i_R + i_c$

$$\Rightarrow i_c(0^+) = 0 \Rightarrow \frac{du_s}{dt}(0^+) = \frac{du_e}{dt}(0^+)$$

Pour $t > 0$, on a $u_e(t) = E = ct$ donc $\frac{du_e}{dt}(0^+) = 0$

$\Rightarrow \frac{du_s}{dt}(0^+) = 0$ Réponse A

Q3) En régime permanent (temps très long), $u_s = L \frac{di}{dt} = 0$

Réponse A

Q4) Association R et C en dérivation : $Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C}$

$$Z_{eq} = \frac{R}{1 + jRC\omega}$$

Pont diviseur de tension : $u_s = \frac{j\omega L}{Z_{eq} + j\omega L} u_e$

$$u_s = \frac{j\omega L(1 + jRC\omega)}{R + j\omega L(1 + jRC\omega)} u_e$$

$$(R + j\omega L - RLC\omega^2) u_s = (j\omega L - RLC\omega^2) u_e$$

Retour aux notations réelles :

$$RLC \frac{d^2 u_s}{dt^2} + L \frac{du_s}{dt} + R u_s = L \frac{du_e}{dt} + RLC \frac{d^2 u_e}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 u_s}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{du_s}{dt} + \frac{1}{LC} u_s = \frac{1}{RC} \frac{du_e}{dt} + \frac{d^2 u_e}{dt^2}$$

Par identification : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ Réponse B

Q5) On a $\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \frac{1}{Q} \Rightarrow Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$

Réponse C

Q6) $A = 0$ Réponse A

Q7) $B = \frac{1}{RC}$ Réponse D

Q8) $D = 1$ Réponse A

Q9) $\frac{du_e}{dt} = 0$ et $\frac{d^2 u_e}{dt^2} = 0$; polynôme caractéristique :
 $x^2 + \frac{\omega_0}{Q} x + \omega_0^2 = 0$

Discriminant : $\Delta = \frac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2 = \omega_0^2 \left(\frac{1}{Q^2} - 4 \right)$

$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} = 10^3 \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-3}}} = 1 \Rightarrow \Delta = -3\omega_0^2 < 0$

On est en régime pseudo-périodique Réponse B

Physique quantique

Q10) En mécanique classique $E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + V(x)$
 $\Rightarrow E \geq V(x)$ dans les zones accessibles ≥ 0

Par conséquent, les zones I et II sont classiquement inaccessibles

Réponses B et D

Q11) Régions I et III : équation de Schrödinger indépendante du temps :

$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2mE}{\hbar^2} \psi = 0$ On pose $k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$

Région II : équation de Schrödinger indépendante du temps :

$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m(E - E_0)}{\hbar^2} \psi = 0$ On pose $\alpha = \frac{\sqrt{2m(E_0 - E)}}{\hbar}$

Réponses A et D

Q12) Dans la région III, il y a une onde incidente et une onde réfléchie donc $A_3 \neq 0$ et $B_3 \neq 0$

Dans la région I, il y a une onde transmise uniquement, se propageant dans le sens des x décroissants :
 $\Rightarrow A_1 = 0$

Réponse A

Q13) Facteur de transmission : $T = \frac{|B_1|^2}{|B_3|^2}$

$T = \frac{4}{4 \cosh^2(\alpha L) + 4 M^2 \sinh^2(\alpha L)}$

Barrière épaisse : $\cosh^2(\alpha L) \sim \sinh^2(\alpha L) \sim \frac{e^{2\alpha L}}{2}$

$\Rightarrow T = \frac{4}{1+M^2} e^{-2\alpha L}$

$T_0 = \frac{4}{1+M^2}$ et $\eta = -2$

Réponses A et D

Q14) D'après ce que précède : $T = 4 \cdot 10^{-4} = T_0 \times 10^{-4}$
 $\Rightarrow T_0 = 4$

$T_0 E_0^2 - 16 E E_0 + 16 E^2 = 0$

$\Delta = 16^2 E^2 - 4 \times T_0 \times 16 E^2 = 0$

$\Rightarrow E_0 = + \frac{16E}{2T_0} = \frac{16 \times 5}{2 \times 4} \text{ eV} \Rightarrow E_0 = 10 \text{ eV}$

Réponse D

Q15) $q_f = T q_s = 4 \times 10^{-4} \times 10^5 \Rightarrow q_f = 40 \text{ s}^{-1}$

Réponse B

Q16) D'après l'inégalité d'Heisenberg, il n'est pas possible de mesurer simultanément la position et la vitesse d'une particule quantique.

L'effet tunnel est un effet purement quantique.

Réponse E

Electromagnétisme

Q17) Maxwell - Gauss : $\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

Equation locale de conservation de la charge : $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div } \vec{j} = 0$

Loi d'Ohm locale : $\vec{j} = \gamma \vec{E}$

Equation différentielle vérifiée par p :

$$\frac{1}{\gamma} \operatorname{div} \vec{j} = \frac{p}{\epsilon_0} \Rightarrow \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\gamma}{\epsilon_0} p = 0 \quad \tau = \frac{\epsilon_0}{\gamma}$$

Réponse D

Q18) Courant de déplacement $\vec{j}_D = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

Courant de conduction $\vec{j} = \gamma \vec{E}$

Raisonnement en ordre de grandeur: $\frac{\|\vec{j}_D\|}{\|\vec{j}\|} \sim \frac{\epsilon_0 \omega E}{\gamma E} = \frac{\epsilon_0 \omega}{\gamma} = \omega \tau$

loi d'Ohm locale valable: $\omega \tau \ll 1$

$\Rightarrow \|\vec{j}_D\|$ négligeable devant $\|\vec{j}\|$ et $\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ (Maxwell - Ampère)

Maxwell - Gauss: $\operatorname{div} \vec{E} = 0$ Maxwell - Faraday: $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Réponse B

Q19) MG $\operatorname{div} \vec{E} = 0 \Rightarrow \operatorname{div} \vec{j} = 0$

MF $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Rightarrow \operatorname{rot} \vec{j} = -\gamma \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

MΦ $\operatorname{div} \vec{B} = 0$

MA $\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$

$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{j} = \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{j} - \Delta \vec{j} = -\Delta \vec{j}$

$$\stackrel{\text{MF}}{=} -\gamma \operatorname{rot} \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\gamma \frac{\partial}{\partial t} (\operatorname{rot} \vec{B})$$

$$\stackrel{\text{MF}}{=} -\gamma \mu_0 \frac{\partial \vec{j}}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \Delta \vec{j} - \gamma \mu_0 \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = \vec{0} \quad C_1 = \gamma \mu_0 = \frac{\gamma}{\epsilon_0 c^2} \quad \text{Réponse A}$$

Q20) Notations complexes dans l'équation précédente:

$$\Delta \vec{j} = \frac{d^2 \vec{j}}{dz^2} e^{-i\omega t} \vec{e}_x \quad \text{et} \quad \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = -i\omega \vec{j} e^{-i\omega t} \vec{e}_x$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 \vec{j}}{dz^2} - C_1 (-i\omega) \vec{j} = 0 \quad (\text{projection sur } \vec{e}_x)$$

$$\frac{d^2 \vec{j}}{dz^2} + i\omega C_1 \vec{j} = 0 \quad C_2 = i\omega C_1 \quad \text{Réponse C}$$

Q21) Equation caractéristique: $r^2 = -i\omega \frac{1}{C_2}$

$$\text{racines} \quad r = \pm e^{-i\pi/4} \frac{1}{C} \sqrt{\frac{\omega}{2}} = \pm (1-i) \frac{1}{C} \sqrt{\frac{\omega}{2}}$$

Propagation dans le sens des z croissants et pas de divergence de l'amplitude:

$$r = -(1-i) \frac{1}{C} \sqrt{\frac{\omega}{2}} = -(1-i) \frac{1}{\delta} \quad \delta = c \sqrt{\frac{2\epsilon_0}{\omega}}$$

Solution $f(z) = j_m \exp\left(-\frac{z}{\delta} + i\frac{z}{\delta}\right)$ Réponse B

Q22) $\vec{j} = f(z) e^{-i\omega t} \vec{e}_x$

$$= j_m e^{-z/\delta} \exp i\left(\frac{z}{\delta} - \omega t\right) \vec{e}_x$$

$$\vec{j}(z,t) = \operatorname{Re}(\vec{j}(z,t)) \Rightarrow \vec{j}(z,t) = j_m e^{-z/\delta} \cos\left(\frac{z}{\delta} - \omega t\right) \vec{e}_x$$

Réponse A

Q23) Puissance volumique dissipée dans le conducteur

$$P = \vec{j} \cdot \vec{E} \quad (\text{notations réelles})$$

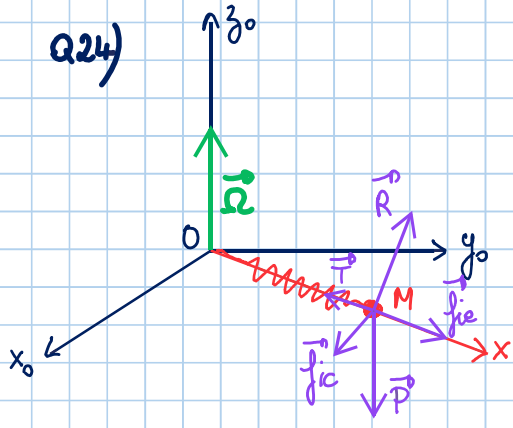
$$P = \frac{j^2}{\gamma} = \frac{j_m^2}{\gamma} e^{-2z/\delta} \cos^2\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)$$

Puissance volumique moyenne:

$$P_m = \langle P \rangle \Rightarrow \langle P_m \rangle = \frac{j_m^2}{2\gamma} e^{-2z/\delta} \quad \text{Réponse D}$$

Mécanique

Q24)



Système : $\{M\}$
Référentiel : lié à la tige non galiléen

- Bilan des forces :
- poids \vec{P}
 - réaction de la tige \vec{R}
 - tension du ressort : \vec{T}
 - forces d'inertie
 - d'entraînement \vec{f}_{ie}
 - de Coriolis \vec{f}_{ic}

$$\vec{T} = -k(x - L_0) \vec{e}_x ; \quad \vec{f}_{ie} = -m \vec{a}_e = m \times \omega^2 \vec{e}_x ;$$

$$\vec{f}_{ic} = -m \vec{a}_c = -2m \omega \vec{e}_{z_0} \wedge \dot{x} \vec{e}_x = -2m \omega \dot{x} \vec{e}_y ;$$

$$\vec{R} = R_y \vec{e}_y + R_z \vec{e}_z \quad (\text{absence de frottement})$$

Etude de l'équilibre : ($\vec{f}_{ic} = \vec{0}$) $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f}_{ie} = \vec{0}$

Projection sur (Ox) : $-k(x_{eq} - L_0) + m x_{eq} \omega^2 = 0$

$$\Rightarrow x_{eq} = \frac{k L_0}{k - m \omega^2} \quad \text{Réponse E}$$

Q25) Projection du principe d'inertie

sur (Oy) $R_y = 0$
sur (Oz) $-mg + R_z = 0 \Rightarrow R_z = mg$

Réaction à l'équilibre : $\vec{R} = mg \vec{e}_z$ Réponse D

Q26) PFD (M est en mouvement) :

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} + \vec{f}_{ie} + \vec{f}_{ic} = m \vec{a}$$

Projection sur (Ox) $-k(x - L_0) + m \omega^2 x = m \ddot{x}$

$$m \ddot{x} + (k - m \omega^2) x = k L_0$$

Réponse B

Q27) Cas où $\omega < \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \Omega_1^2 = \frac{k - m \omega^2}{m} > 0$

$$\rightarrow \ddot{x} + \Omega_1^2 x = \frac{k}{m} L_0$$

Solution générale : $x(t) = x_{eq} + A \cos(\Omega_1 t) + B \sin(\Omega_1 t)$

CI : $\begin{cases} x(0) = L_0 \\ \dot{x}(0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L_0 = x_{eq} + A \\ B = 0 \end{cases}$

$$x(t) = x_{eq} + (L_0 - x_{eq}) \cos(\Omega_1 t) \quad \text{Réponse A}$$

Q28) Projection du PFD :

sur (Oy) $-2m \omega \dot{x} + R_y = 0 \Rightarrow R_y = 2m \omega \dot{x} = -2m \omega \Omega_1 (L_0 - x_{eq}) \sin(\Omega_1 t)$
sur (Oz) $-mg + R_z = 0 \Rightarrow R_z = mg$

$$\vec{R} = mg \vec{e}_z - 2m \omega \Omega_1 (L_0 - x_{eq}) \sin(\Omega_1 t) \vec{e}_y \quad \text{Réponse E}$$

Q29) $\begin{cases} x(t) = x_{eq} + (L_0 - x_{eq}) \cos(\Omega_1 t) \\ \dot{x}(t) = -(L_0 - x_{eq}) \Omega_1 \sin(\Omega_1 t) \end{cases}$ Ellipse centrée sur $(x_{eq}, 0)$

A $t=0, x(0) = L_0$ puis $x(t) = (x_{eq} - L_0) \Omega_1 \sin(\Omega_1 t)$

$x_{eq} = \frac{k L_0}{k - m \omega^2}$ avec $0 < \omega < \sqrt{\frac{k}{m}}$
 $= \frac{L_0}{1 - \frac{m \omega^2}{k}} \Rightarrow x_{eq} > L_0$

Réponse B

Q30) Cas où $\omega > \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \ddot{x} - \Omega_2^2 x = \frac{k}{m} L_0$

Solution générale: $x(t) = x_{eq} + A \operatorname{ch}(\Omega_2 t) + B \operatorname{sh}(\Omega_2 t)$

CI: $\begin{cases} x(0) = L_0 \\ \dot{x}(0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L_0 = x_{eq} + A \\ B = 0 \end{cases}$

$x(t) = x_{eq} + (L_0 - x_{eq}) \operatorname{ch}(\Omega_2 t)$ Réponse C

Thermodynamique

Q31) Relation de Mayer $C_{pm} - C_{vm} = R$ et $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$

$\Rightarrow C_{vm} = \frac{R}{\gamma - 1}$ et $C_{pm} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$ Réponse E

Q32) U est une fonction extensive

$\Delta U = \Delta U_I + \Delta U_{II} = n C_{vm} (T_f - T_1) + n C_{vm} (T_f - T_2)$

$\Delta U = n C_{vm} (2T_f - T_1 - T_2)$ Réponse A

Q33) Transformation adiabatique: $Q = 0$

Transformation monobare: $W = -P_0 \Delta V = -P_0 (V_f - V_1 - V_2)$

$W = -nR(2T_f - T_1 - T_2)$ (utilisation de la loi des gaz parfaits)

Réponses B et C

Q34) Premier principe appliqué à l'ensemble des 2 gaz:

$\Delta U = W \Rightarrow \frac{nR}{\gamma - 1} (2T_f - T_1 - T_2) = nR(T_1 + T_2 - 2T_f)$

$2T_f - T_1 - T_2 = (\gamma - 1)(T_1 + T_2 - 2T_f)$

$2\gamma T_f = \gamma(T_1 + T_2) \Rightarrow T_f = \frac{T_1 + T_2}{2}$ Réponse D

Q35) Variation d'entropie pour l'ensemble des 2 gaz entre l'état initial et l'état final:

$\Delta S = \Delta S_I + \Delta S_{II} = n C_{pm} \ln\left(\frac{T_f}{T_1}\right) + n C_{pm} \ln\left(\frac{T_f}{T_2}\right)$

(car $\Delta S_{IF} = n C_{pm} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) - nR \ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)$ pour un gaz parfait)

$\Rightarrow \Delta S = n C_{pm} \ln\left(\frac{T_f^2}{T_1 T_2}\right) \stackrel{\uparrow}{=} S_e + S_c$
second principe

Evolution adiabatique: $S_e = 0 \Rightarrow \Delta S = S_c$

$\Rightarrow S_c = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1} \ln\left(\frac{T_f^2}{T_1 T_2}\right)$ Réponse C

Q36) Variation d'enthalpie: $\Delta H = \Delta H_I + \Delta H_{II} = n C_{pm} (2T_e - T_1 - T_2)$

Transformation monobare: $W' = -P_0 \Delta V = -nR(2T_e - T_1 - T_2)$

1^{er} principe: $\Delta H = Q' = n C_{pm} (2T_e - T_1 - T_2)$

$\Rightarrow Q' = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1} (2T_e - T_1 - T_2)$ Réponse A

Q37) Variation d'entropie: $\Delta S = \Delta S_I + \Delta S_{II} = n C_{pm} \ln\left(\frac{T_e}{T_1}\right) + n C_{pm} \ln\left(\frac{T_e}{T_2}\right)$

Second principe $\Delta S = S_e + S_c = \frac{Q'}{T_e} + S_c$

$\Rightarrow S_c = \frac{n\gamma R}{\gamma - 1} \ln\left(\frac{T_e^2}{T_1 T_2}\right) - \frac{Q'}{T_e}$ Réponse C

Moment magnétique

Q38) le champ magnétique est uniforme à l'intérieur d'un solénoïde infini

L'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre est

$50 \mu\text{T}$

Moment magnétique d'une spire $\mathcal{M} = IS = I \pi \frac{D^2}{4}$

Réponses A et C

Q39) Flux à travers une spire $\phi = \iint_{\text{spire}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = BS \cos(\vec{B}, \vec{S})$

Flux maximal : $|\phi| = BS$

Réponse A

Q40) Champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde infini:
 $\vec{B} = \mu_0 n I \vec{u}_z$

$$\Rightarrow [B] = [\mu_0] \frac{I}{L}$$

Analyse dimensionnelle du champ créé par une spire:

$$[B] = [\mu_0] \frac{I^\alpha}{L^{3-\beta}} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 1 \\ 3 - \beta = 1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha = 1 \\ \beta = 2 \end{cases}$$

Réponse A

Q41) Analyse dimensionnelle: $[B] = [\mu_0] \frac{I^\alpha L^{2\beta}}{L^3}$

$$\gamma = 1$$

Réponse B

Q42) Moment magnétique: $\vec{\mathcal{M}} = IS \vec{u}_z = -\frac{e\pi r^2}{T} \vec{u}_z$

$$\Rightarrow \mathcal{M}_z = -\frac{\pi e r^2}{T}$$

$$L_z = (r \vec{u}_r \wedge m_e r \dot{\theta} \vec{u}_\theta) \cdot \vec{u}_z = m_e r^2 \dot{\theta} \quad \text{avec } \dot{\theta} = \frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow L_z = \frac{2\pi r^2 m_e}{T}$$

Réponse A

$$Q43) \mathcal{M}_z = -e \frac{\pi r^2}{T} = -e \frac{L_z}{2m_e} \Rightarrow \mathcal{M}_z = -n \frac{e\hbar}{2m_e}$$

Réponse B

Diffusion thermique

Q44) $\|\vec{j}_{th}\|$ est une puissance surfacique

Réponses A et D

Q45) Conduction électrique $\vec{j} = \gamma \vec{E} = -\gamma \text{grad} V$
 $\Rightarrow T$ est analogue à V

Réponse B

$$I = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S} \quad \text{analogue à} \quad \phi_{th} = \iint \vec{j}_{th} \cdot d\vec{S} \quad (\text{puissance thermique})$$

Réponse C

Q46) $\|\vec{j}_{th}\|$ en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ $\|\text{grad} T\|$ en $\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$

$$\Rightarrow K \text{ en } \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Réponse D

Q47) A l'aide d'un bilan thermique entre t et $t+dt$ sur une tranche située entre x et $x+dx$, on obtient

Premier principe $dU = \rho c S dx \frac{\partial T}{\partial t} dt = \delta Q + \delta W$

$$\delta Q = [j_{th}(x,t) S - j_{th}(x+dx,t) S] dt = -\frac{\partial j_{th}}{\partial x} S dx dt$$

$$\Rightarrow \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial j_{th}}{\partial x} \quad \text{loi de Fourier } j_{th} = -K \frac{\partial T}{\partial x}$$

Equation de diffusion: $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

Réponse B

Q48) Analyse dimensionnelle de l'équation précédente:

$$\rho c \frac{\Delta T}{t} \sim K \frac{\Delta T}{L^2}$$

$$\Rightarrow \tau \sim \frac{\rho c L^2}{K}$$

Réponse D

Q49) En régime stationnaire, l'équation différentielle dans chaque barre est $\frac{d^2T}{dx^2} = 0$

loi de température dans les 2 barres:

$$T(x) = Ax + B \quad x \in [0, L] \quad \text{et} \quad T'(x) = A'x + B' \quad x \in [L, L+L']$$

$$\underline{CL} : \begin{cases} T(0) = T_1 \\ T'(L+L') = T_2 \\ T(L^-) = T'(L^+) \\ P_{th}(L^-) = P_{th}(L^+) \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{continuité de la température en } L \\ \text{continuité du flux thermique en } L \end{array}$$

$$\begin{cases} B = T_1 & (1) \\ A'(L+L') + B' = T_2 & (2) \\ AL + T_1 = A'L + B' & (3) \\ -K \frac{dT}{dx} \Big|_L \pi a^2 = K' \frac{dT}{dx} \Big|_L \pi a^2 & \Rightarrow KA = K'A' \quad (4) \end{cases}$$

$$(2) \Rightarrow B' = T_2 - A'(L+L')$$

$$(3) \Rightarrow \frac{K'}{K} AL + T_1 = A'L + T_2 - A'L - A'L'$$

$$\Rightarrow A' = \frac{K(T_2 - T_1)}{K'L + KL'} \quad \Rightarrow P_{th} = \frac{KK' \pi a^2 (T_2 - T_1)}{K'L + KL'}$$

Réponse c

Q50) Température de contact : $T_c = T(L) = AL + B$

$$T_c = \frac{K'(T_2 - T_1)}{K'L + KL'} L + T_1$$

$$\Rightarrow T_c = \frac{KL'T_1 + K'LT_2}{K'L + KL'}$$

Réponse A