

DS-4 - Barème

	Pas assez	Adapté	Trop
Quantité de questions traitées			
Détail de la rédaction			
Soin de la rédaction			
Commentaires pertinents			

	Problème 1 : Simulation du dosage de l'acide citrique	élève	prof	max
Q.1	① $\leftrightarrow pH$, ② $\leftrightarrow A^{3-}$, ③ $\leftrightarrow HA^{2-}$, ④ $\leftrightarrow H_2A^-$, ⑤ $\leftrightarrow H_3A$ BONUS si justification avec A^{3-} l'espèce la plus basique ou H_3A la plus acide BONUS si commentaire 1ère acidité faible car H_3A partiellement dissocié			0.5
Q.2	à l'équivalence, $n_{base\ versée} = n_{acide\ initialement\ présent}$; $= 3n_{H_3A}$ $c_B V_{eq} = 3cV_0$; $c = 0.015\ mol.L^{-1}$			2
Q.3	$pK_{Ai} = pH + \log\left(\frac{[base_i]}{[acide_i]}\right)$; $pH = pK_{Ai}$ lorsque $[base_i] = [acide_i]$ $pK_A(H_3A/H_2A^-) = 3.3$, $pK_A(H_2A^-/HA^{2-}) = 4.8$, $pK_A(HA^{2-}/A^{3-}) = 6.4$			1.5
Q.4	3 acidités dosées simultanément car 1 seul saut de pH tracé échelle des pK_A ; écriture des trois réactions $K_1 = 10^{10.7}$, $K_2 = 10^{9.2}$, $K_3 = 10^{7.6}$; dosages simultanés car $\Delta pK_A < 3$ BONUS si cohérent car $K_i \gg 1$ pour des réactions de dosage			2.5
Total				6.5

	Problème 2 : Phénomènes d'induction électromagnétique	élève	prof	max
Q.I.1	Schéma; symétries et des invariances; théorème d'Ampère avec contour orienté $\vec{B}_1(M) = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r} \vec{u}_\theta$			2
Q.I.2	cercles orientés dans le sens positif			0.5
Q.I.3	$\phi_1 = \frac{\mu_0 i_1 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$; BONUS si > 0 avec l'orientation selon ABCD			0.5
Q.II.1	$\phi_1 = cste \Rightarrow e = 0$			0.5
Q.II.2.a)	BONUS si cas d'induction de Neumann convention exploitée (schéma); $e = -\frac{\mu_0 a L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$ schéma électrique équivalent; $e = Ri_2 \Rightarrow i_2 = -\frac{\mu_0 a L}{2\pi R} \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$ $i_2 < 0$ normal d'après Lenz; $\vec{B}_{induit}$ qui s'oppose à la variation du flux			3
Q.II.2.b)	$i_2 = 0$; $e = V_P - V_Q = -\frac{\mu_0 a L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right) < 0$			1.5
Q.II.3.a)	$i_2 = -\frac{\mu_0 I_m L \omega_1 \cos(\omega_1 t)}{2\pi R} \ln\left(\frac{d+\ell}{d}\right)$			0.5
Q.II.3.b)	2 sinusoïdes en quadrature; i_2 d'amplitude plus faible que i_1 ; i_2 en retard			1.5
Q.II.4.a)	$\phi_1 = cste \Rightarrow e = 0$			0.5
Q.II.4.b)	BONUS si cas d'induction de Lorentz $e = \frac{\mu_0 i_1 v L}{2\pi} \frac{\ell}{(d_0+vt)(d_0+\ell+vt)}$; prise en compte de B non uniforme BONUS si commentaire $e > 0$ et $i > 0$ contrairement aux cas précédents, car le flux diminue ici lors de l'éloignement			1
Total				11.5

	Problème 3 : A propos de la résonance magnétique nucléaire (RMN) - d'après CCINP- MP - 2017	élève	prof	max
Q.1	$\vec{m} = I \vec{S} = I \pi R^2 \vec{e}_z$			0.5
Q.2.a)	TEC/TPC (ou PFD) à l'électron dans le référentiel galiléen de l'atome mouvement circulaire $\Rightarrow \vec{v} = r \dot{\theta} \vec{u}_\theta$ $\frac{dE_c}{dt} = \vec{F}_{el} \cdot \vec{v} = 0$ (ou $\dot{\theta} = 0$) $\Rightarrow v = cste$			1.5
Q.2.b)	$I = e/T$; justification claire du signe; $\vec{m} = \frac{e}{T} \pi r_B^2 \vec{e}_z$ $T = \frac{2\pi r_B}{v} \Rightarrow \vec{m} = \frac{e}{2} v r_B \vec{e}_z$			2
Q.2.c)	$\vec{L}_O = -m_e r_B v \vec{e}_z$			0.5
Q.2.d)	$\gamma_e = -\frac{e}{2m_e}$; $\gamma_e = -8,8.10^{10} C.kg^{-1}$; unité correcte BONUS si ODG cohérent avec γ_p (énoncé)			1.5
Q.3	décomposition en charges élémentaire décrivant des cercles; $\vec{m}_{tot} \parallel \vec{e}_z$			1
Q.4	$\ \vec{m}\ = \gamma_p \hbar/2$; $\ \vec{m}\ = 1,4.10^{-26} A.m^2$; unité correcte BONUS si très faible, cohérent < magnéton de Bohr $\mu_B \simeq 10^{-23} A.m^2$			1.5
Q.5	petite spire de courant à l'échelle d'observation			0.5
Q.6	$\vec{\Gamma} = \vec{0}$ à l'eq; $\vec{m} \parallel +\vec{B}_0$ avec $E_p = -mB_0$ stable $\vec{m} \parallel -\vec{B}_0$ avec $E_p = mB_0$ instable			1.5
Q.7	$\Delta E_p = 2mB_0$; $\Delta E_p = 2,8.10^{-26} J$; $\Delta E_p = 1,7.10^{-7} eV$ BONUS si cohérent car $\ll \Delta E \simeq 1 eV$ dans le spectre de l'Hydrogène			1.5
Q.8	TMC $\Rightarrow \frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{m} \wedge \vec{B}_0$; $\vec{\omega}_0 = -\gamma_p \vec{B}_0$ BONUS si commentaire sur dimension d'une pulsation			1
Q.9	multiplication scalaire par $\vec{m} \Rightarrow \ m\ = cste$ multiplication scalaire par $\vec{e}_z \Rightarrow m_z = cste$ $\vec{m} \cdot \vec{B}_0 = m_z B_0 = \ \vec{m}\ B_0 \cos \alpha \Rightarrow \cos \alpha = cste$ BONUS si $\vec{m}$ décrit un cône de demi-angle au sommet α			1.5
Q.10.a)	$\dot{m}_x = \gamma_p B_0 m_y$ et $\dot{m}_y = -\gamma_p B_0 m_x$ dérivation $\Rightarrow \dot{m}_x + \omega_0^2 m_x = 0$; O.H. avec $\omega_0 = \gamma_p B_0$; idem pour m_y			2
Q.10.b)	C.I. : $m_x(0) = m_0 \sin \alpha$ et $m_y(0) = 0$ $\dot{m}_x(0) = \omega_0 m_y(0) = 0$ et $\dot{m}_y(0) = -\omega_0 m_x(0) = -\omega_0 m_0 \sin \alpha$ $m_x(t) = m_0 \sin \alpha \cos(\omega_0 t)$; $m_y(t) = -m_0 \sin \alpha \sin(\omega_0 t)$			2
Q.10.c)	$m_x^2 + m_y^2 = (m_0 \sin \alpha)^2$; cercle de rayon $m_0 \sin \alpha$ parcouru à ω_0 schéma; sens horaire en utilisant t_1 tq $\omega_0 t_1 = \pi/2$			2
Q.11.a)	$\frac{dM_z}{dt} + \frac{M_z}{T_1} = \frac{M_0}{T_1}$			0.5
Q.11.b)	$M_z(0) = 0$; $M_z(t) = M_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) \right]$			1
Q.12.a)	$\frac{d\vec{M}_\perp}{dt} = \vec{\omega}_0 \wedge \vec{M}_\perp - \frac{\vec{M}_\perp}{T_2}$			0.5
Q.12.b)	$\frac{d\vec{M}_1}{dt} = \vec{\omega}_0 \wedge \vec{M}_1$			0.5
Q.12.c)	idem Q.10 où $M_{1x} \leftrightarrow m_x$ et $M_{1y} \leftrightarrow m_y$ $M_{1y}(0) = -M_0$ et $\dot{M}_{1y}(0) = \omega_0 M_{1x}(0) = 0$; $M_{1y}(t) = -M_0 \cos(\omega_0 t)$ $\dot{M}_{1x} = -\omega_0 M_{1y} = M_0 \cos(\omega_0 t)$; $M_{1x}(t) = M_0 \sin(\omega_0 t)$ $\vec{M}_\perp(t) = \vec{M}_1 e^{-t/T_2} = -M_0 e^{-t/T_2} [-\sin(\omega_0 t) \vec{e}_x + \cos(\omega_0 t) \vec{e}_y]$ $M_\perp(t) = M_0 e^{-t/T_2}$; décroissance exp avec $\tau = T_2$ conforme au doc 1			4

Q.13	$\vec{j}$ uniforme donc $j a^2 = I_0$; $\vec{j} = \frac{I_0}{a^2} \vec{e}_\theta$			1
Q.14	invariance par rotation d'angle θ et par translation selon z			4
	$(M, \vec{e}_r, \vec{e}_\theta) = \Pi_{sym} \text{ des courants } ; \vec{B}_0(M) = B_0(r) \vec{e}_z$ schéma avec contour orienté; énoncé th. d'Ampère $I_{enlacé} = j\ell(R_2 - R_1)$; signe avec règle de la main droite $\vec{B}_0 = \mu_0 \frac{I_0}{a^2} (R_2 - R_1) \vec{e}_z$			
Q.15	$I_0 = 16 \text{ A}$; BONUS si valeur importante			0.5
Q.16	utilisation de (MA); $[\Lambda] = \frac{1}{[\mu_0] L^2}$; $[\Lambda] = H^{-1} . m^{-1}$			1.5
Q.17	$\vec{\text{rot}} \vec{\text{rot}}(\text{MA}); \vec{\Delta} \vec{B} - \mu_0 \Lambda \vec{B} = \vec{0} \Rightarrow \delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \Lambda}}$; $[\delta] = L$			1.5
Q.18	invariance du problème selon Oy et $Oz \Rightarrow \vec{B}$ indépendant de y et z			0.5
Q.19	$\frac{d^2 B_x}{dx^2} - \frac{B_x}{\delta^2} = 0$, idem pour B_y et B_z $B_x(x) = \lambda_x e^{-x/\delta} + \mu_x e^{x/\delta}$, idem pour B_y et B_z $\vec{B}$ ne peut diverger lorsque $x \rightarrow -\infty \Rightarrow \lambda_x = \lambda_y = \lambda_z = 0$ $B_x(0) = B_y(0) = 0$ et $B_z(0) = B_0 \Rightarrow \mu_x = \mu_y = 0$ et $\mu_z = B_0$ $\forall x \leq 0, B_x(x) = B_y(x) = 0$ et $B_z(x) = B_0 e^{x/\delta}$ $\vec{j} = \frac{\vec{\text{rot}} \vec{B}}{\mu_0} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{dB_z}{dx} \vec{e}_y$; $\vec{j} = -\frac{1}{\mu_0 \delta} B_0 e^{x/\delta} \vec{e}_y$			3.5
	$\vec{B}$ et $\vec{j}$ pratiquement nuls dans supra.; BONUS si $\Rightarrow \simeq$ surfaciques			0.5
Q.21	courbe sur laquelle figure B_0 pour $r > R_1$; décroissance exp. pour $R_1 < r < R_2$			1
Q.22	$\ \vec{B}_1\ = B_1 = \text{Cste}$; schéma avec représentation pour plusieurs instants cercle de rayon B_1 dans le sens horaire			1.5
Q.23	phénomènes de relaxation négligeables $\Rightarrow T_1 \rightarrow +\infty$ et $T_2 \rightarrow +\infty$			2
	$\frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{\omega}_0 \wedge \vec{M} + \vec{\omega}_1 \wedge \vec{M}$; $\vec{\omega}_0 = -\gamma_p B_0 \vec{e}_z = -\omega_0 \vec{e}_z$ $\vec{\omega}_1 = -\gamma_p \vec{B}_1 = -\omega_1 (\cos(\omega t) \vec{e}_x - \sin(\omega t) \vec{e}_y)$			
Q.24	$\vec{\omega}(R_1/R_0) = -\omega \vec{e}_z$; signe "-" car rotation horaire			1
Q.25	$\left(\frac{d\vec{M}}{dt}\right)_{R_0} = \left(\frac{d\vec{M}}{dt}\right)_{R_1} + \vec{\omega}(R_1/R_0) \wedge \vec{M} = \left(\frac{d\vec{M}}{dt}\right)_{R_1} - \omega \vec{e}_z \wedge \vec{M}$ or $\left(\frac{d\vec{M}}{dt}\right)_{R_0} = -\omega_0 \vec{e}_z \wedge \vec{M} - \omega_1 \vec{e}_1 \wedge \vec{M}$ donc $\left(\frac{d\vec{M}}{dt}\right)_{R_1} = \vec{M} \wedge [(\omega_0 - \omega) \vec{e}_z + \omega_1 \vec{e}_1]$ $\vec{B}_{\text{eff}} = \frac{\omega_0 - \omega}{\gamma_p} \vec{e}_z + \frac{\omega_1}{\gamma_p} \vec{e}_1 = \left(B_0 - \frac{\omega}{\gamma_p}\right) \vec{e}_z + B_1 \vec{e}_1$ schéma de $\vec{B}_{\text{eff}}$ avec composantes suivant $\vec{e}_z$ et $\vec{e}_1$			2.5
Q.26	précession de $\vec{M}$; autour de $\vec{B}_{\text{eff}}$			1
Q.27	alignement précession de $\vec{M}$ avec $\vec{B}_{\text{eff}}$; constante de temps T_1			2.5
	alignement de $\vec{M}$ avec $\vec{B}_{\text{eff}}$ ($M_\perp \rightarrow 0$); constante de temps T_2 $\vec{M}$ fini par être aligné avec $\vec{B}_{\text{eff}}$ et garde une norme M_0			
Q.28	pour basculement dans Oxy , il faut $\omega = \omega_0$			2.5
	$\omega_0 = 2,67.10^8 \text{ rad.s}^{-1}$; $f_0 = \omega/2\pi = 42,5 \text{ MHz}$; ondes radiofréquences. "résonance" car phénomène pour une fréquence caractéristique f_0			
Q.29	il faut $t_1 > \max(T_1, T_2)$; $t_1 \simeq \text{qq secondes}$ d'après Doc 3			1
Total				55

TOTAL

		73
--	--	----