DS-5 (CCINP-e3a) - Barème

	👎	👍	👍👍
Connaissance du cours			
Quantité de questions traitées			
Détail de la rédaction			
Rigueur de la rédaction			
Soin de la rédaction			
Commentaires pertinents			

	PHYSIQUE 1 : Étude d'un cyclotron	élève	prof	max
Q.1.a)	• Schéma • PDF ou TEM au proton dans $\mathcal{R}_{galiléen}$ • $t_1 = \sqrt{\frac{2m}{eU_0}}d$ • $v_1 = \dot{y}(t_1) = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$			2
Q.1.b)	• $t_1 < \frac{T}{2}$ • $U_{\min} = \frac{8\mathrm{md}^2}{eT^2}$			1
Q.2.a)	• $\mathcal{P}(\overrightarrow{F}_m = e\overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B}) = \overrightarrow{F}_m \cdot \overrightarrow{v} = \overrightarrow{0}$ car $\overrightarrow{F_m} \perp \overrightarrow{v}$ • TPM (ou TPC) au proton $\Rightarrow \frac{dE_c}{dt} = \mathcal{P}(\overrightarrow{F_m}) = 0$ et $E_c = cste$			1
Q.2.b)	• PFD au proton dans $\mathcal{R}_{galiléen}$ • $\ddot{x} = \frac{eB}{m}\dot{y}$, $\ddot{y} = -\frac{eB}{m}\dot{x}$ et $\ddot{z} = 0$ • intégration puis substitution avec $\omega = \frac{eB}{m}$ • $\ddot{x} + \omega^2 x = \omega v_1$ • $x(t) = \frac{v_1}{\omega}(1 - \cos(\omega t))$ • $y(t) = \frac{v_1}{\omega}\sin(\omega t) + \frac{d}{2}$			3
Q.2.c)	• Schéma avec A et S • demi-cercle orienté • $t_S = \frac{\pi}{\omega}$ • $y_S = \frac{d}{2}$ • $x_S = \frac{2v_1}{\omega}$			2.5
Q.3.a)	• $R = \frac{v}{\omega}$			0.5
Q.3.b)	• demi-cercle parcouru à vitesse constante • $\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega}$ • BONUS si condition pas tout à fait vérifiée sans négliger la phase dans $\overrightarrow{E}$			$1_{(+0.5)}$
Q.3.c)	• TEC pour un passage dans le champ accélérateur : $\Delta E_c = eU_0$ • Pour n passages $\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_n^2 - 0 = neU_0$ • $v_n = \sqrt{n}\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$			1.5
Q.4	• $v_{ej} = \omega R_{max} = \frac{eB}{m}R_{\max}$ • $v_{ej} = 4,0 \cdot 10^7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ • BONUS si vitesse quasi-relativiste et mécanique relativiste nécessaire • Après N accélérations $R_{max} = \frac{v_N}{\omega} = \frac{m}{eB}\sqrt{N}\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$ • $N = \frac{R_{\max}^2 B^2 e}{2mU_0}$ • $N = 8290$ accélérations • $N_{tours} = 4145 tours$			$3_{(+0.5)}$
	Total			15.5

	PHYSIQUE 2 : La structure interne de Jupiter (d'après e3a-MP-2021)	élève	prof	max
Q.16	• $\overrightarrow{F} = m\overrightarrow{G}$			0.5
Q.17	• (1) analogue de (MG) $div\overrightarrow{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ et (MF) $\overrightarrow{rot}\overrightarrow{E} = \overrightarrow{0}$ en stationnaire • $m > 0 \Rightarrow$ force gravitationnelle est toujours attractive			1
Q.18	• $\overrightarrow{rot}\overrightarrow{E} = \overrightarrow{0} \Rightarrow \exists\Phi$ tel que $\overrightarrow{G} = \pm\overrightarrow{grad}\Phi$ • $\Delta\Phi = div(\overrightarrow{grad}\Phi) = \pm div\overrightarrow{G}$ donc $\Delta\Phi = 4\pi\mathcal{G}\rho$ si $\overrightarrow{G} = -\overrightarrow{grad}\Phi$			1
Q.19	• Théorème de Gauss : $\oiint_{M\in\Sigma} \overrightarrow{E}\cdot\overrightarrow{dS} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$ • $\frac{1}{\epsilon_0}$ et Q_{int} analogues de $-4\pi\mathcal{G}$ et M_{int}			1
Q.20	• Invariance de la masse par rotation d'angles θ et $\varphi \Rightarrow \overrightarrow{G}(M) = \overrightarrow{G}(r)$ • $(M, \overrightarrow{u}_r, \overrightarrow{u}_\theta)$ et $(M, \overrightarrow{u}_r, \overrightarrow{u}_\varphi)$ sont Π_{sym} des masses $\Rightarrow \overrightarrow{G}(M)$ selon $\overrightarrow{u}_r$ • $\overrightarrow{G}(M) = -G(r)\overrightarrow{u}_r$ avec $G(r) > 0$ car force $\overrightarrow{F} = m\overrightarrow{G}(M)$ attractive vers O			1.5
Q.21	• Schéma • $M(r) = \int_0^r dm(r')$ avec $dm(r') = \rho(r')dV = \rho(r')4\pi r'^2 dr'$			1
Q.22	• Surface de Gauss détaillée ou sur le schéma précédent • $M_J = \int_0^R \rho(r')4\pi r'^2 dr'$ • $G(r > R) = \frac{\mathcal{G}M_J}{r^2}$ • Courbe $G(r)$ • présence de la valeur particulière $G(r = R) = \frac{\mathcal{G}M_J}{R^2}$ • $\Phi(r) = -\frac{\mathcal{G}M_J}{r}$			3
Q.23	• Schéma • Mouvement circulaire de rayon $r' = r\sin\theta$ du point P • $\overrightarrow{a}_{P/J} = -\omega_{sid}^2 r\sin\theta\overrightarrow{u}_{r'}$ où $\overrightarrow{u}_{r'}$ est le vecteur radial des coord. cyl.			1.5
Q.24	• $\mathcal{R}_J$ non galiléen • existence d'une force centrifuge $d\overrightarrow{f}_{ie}$ sur $d\tau$ • $d\overrightarrow{f}_{ie} = dm\omega_{sid}^2 r'\overrightarrow{u}'_r = \rho(r)\omega_{sid}^2 r\sin\theta\overrightarrow{u}'_r d\tau$ • $d\overrightarrow{f}_{ie}$ plus grande loin de l'axe (r grand) • ellipsoïde aplatie aux pôles			2.5
Q.25	• avec $\rho = \frac{4}{3}\pi R_J^3$ si Jupiter homogène et sphérique • $K = \frac{2}{5}$			1
Q.26	• K donne une indication sur la composition interne de Jupiter • si $K < \frac{2}{5}$, Jupiter plus dense au centre			1
Q.27	• Étude de la fonction $g(x) = x^2\exp -\frac{mx^2}{2k_BT}$ • maximale en $v_{prob} = \sqrt{\frac{2k_BT}{m}}$			1
Q.28	• Mouvement parabolique avec $E_m = 0$ pour libération • $v_{lib} = \sqrt{\frac{2\mathcal{G}M}{R}}$ • pour la Terre : $v_{lib,T} = 1,1.10^4\ m.s^{-1}$ • pour Jupiter : $v_{lib,J} = 6,0.10^4\ m.s^{-1}$ • pour la Terre (293 K) : $v_{prob,H,T} = 2,2.10^3 m.s^{-1}$ et $v_{prob,He,T} = 1,1.10^3 m.s^{-1}$ • pour Jupiter (170 K) : $v_{prob,H,J} = 1,7.10^3 m.s^{-1}$ et $v_{prob,He,T} = 8,4.10^2 m.s^{-1}$ • comparaison entre les vitesses • conclusion sur le fait que l'atm. de J. comporte + de H et He que T.			4
	Total			13

NOM - Prénom :

	PHYSIQUE 3 : Moteur synchrone	élève	prof	max
1.	• Schéma • Plan de sym courants $\vec{B} = B(r,\theta,z)\,\overrightarrow{e_z}$ • Invariances :$\vec{B} = B(r)\,\overrightarrow{e_z}$ • Courbe rectangle orientée • Circulation $B(r)\ell$ • $I_s = n\ell I$ • Champ uniforme			3.5
2.a)	• Droites parallèles à Oz			0.5
2.b)	• div$\vec{B} = 0 \Rightarrow \frac{\partial B}{\partial z} = 0$ • Écriture $\overrightarrow{rot}\vec{B}$ en coordonnées cartésiennes • $\frac{\partial B}{\partial x} = \frac{\partial B}{\partial y} = 0$			1.5
2bis.a)	• Tout plan contenant Oz est Π_{sym} de $\vec{B}$ • $\vec{B}$ colinéaire à $\overrightarrow{e_z}$			1
2bis.b)	• $\theta_1 \to 0$ et $\theta_2 \to \pi$			0.5
2bis.c)	• $\cos(\pi - \theta_1) = \frac{z-\ell/2}{\sqrt{R^2+(z-\ell/2)^2}} = -\cos\theta_1$ et $\cos(\pi-\theta_2) = \frac{z+\ell/2}{\sqrt{R^2+(z+\ell/2)^2}} = -\cos\theta_2$ • $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 NI}{2\ell}\left[\frac{z+\ell/2}{\sqrt{R^2+(z+\ell/2)^2}} - \frac{z-\ell/2}{\sqrt{R^2+(z-\ell/2)^2}}\right]\overrightarrow{e_z}$			1
2bis.c)	• $\cos(\pi - \theta_1) = \frac{z-\ell/2}{\sqrt{R^2+(z-\ell/2)^2}} = -\cos\theta_1$ et $\cos(\pi-\theta_2) = \frac{z+\ell/2}{\sqrt{R^2+(z+\ell/2)^2}} = -\cos\theta_2$ • $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 NI}{2\ell}\left[\frac{z+\ell/2}{\sqrt{R^2+(z+\ell/2)^2}} - \frac{z-\ell/2}{\sqrt{R^2+(z-\ell/2)^2}}\right]\overrightarrow{e_z}$			1
2bis.d)	• $\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 NI}{2\sqrt{R^2+(\ell/2)^2}}$ • A.N. $I = 8{,}5$ A • BONUS Courant élevé • Augmenter N mais encombrement • Baisser résistance bobine • $\lVert\vec{B}(z = 10\text{ cm})\rVert = 8{,}1$ mT • BONUS Forte décroissance de B sur les bords			2.5(+1)
3.a)	• $(M, \overrightarrow{e_r}, \overrightarrow{e_z})$ est $\Pi_{antisym}$ des courants donc Π_{sym} de $\vec{B}$ contenant M : $B_\theta = 0$ • Invariance par rotation autour de Oz : B_r et B_z indépts de θ			1
3.b)	• (Oxy) est Π_{sym} des courants donc $\Pi_{antisym}$ de $\vec{B}$ • $\vec{B}(r,-z) = -sym\vec{B}(r,z) = -B_r(r,z)\overrightarrow{e_r} + B_z(r,z)\overrightarrow{e_z}$ • $B_z(r,-z) = B_z(r,z)$			1.5
3.c)	• NON car (Oxy) est Π_{sym} des courants donc $\Pi_{antisym}$ de $\vec{B}$: $\vec{B}(M)\perp(Oxy)$ si $M \in (Oxy)$			0.5
3.d)	• MT div$\vec{B} = 0$ donne $\frac{1}{r}\frac{\partial(rB_r)}{\partial r} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0$ • $\alpha = \frac{1}{D^2}$			1
4.	• Schéma bobine horizontale • Schéma bobine verticale			1
5.a)	• Complexes $\underline{u}(t) = (R_0 + R_b + jL_b\omega_0)\,\underline{i}_1(t)$ • arg $\left(\frac{\underline{i}_1(t)}{\underline{u}(t)}\right) = -\pi/4$ (retard de phase) • arctan $\left(\frac{L_b\omega_0}{R_0+R_b}\right) = \pi/4$ • $R_0 = R_b - L_b\omega_0$			2
5.b)	• Complexes $\underline{u}(t) = \left(R_0 + R_b + j\left(L_b\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)\right)\underline{i}_2(t)$ • arg $\left(\frac{\underline{i}_2(t)}{\underline{u}(t)}\right) = \pi/4$ (avance de phase) • arctan $\left(\frac{L_b\omega_0 - 1/(C\omega_0)}{R_0+R_b}\right) = \pi/4$ • $C = \frac{1}{\omega_0(L_b\omega_0 + R_0 + R_b)} = \frac{1}{2L_b\omega_0^2}$			2
5.c)	• $R_0 = 125\ \Omega$ • $C = 6{,}3\ \mu$F • BONUS valeurs facilement obtenues au laboratoire			1(+0.5)
5.d)	• $I_{m1} = \lvert\underline{i}_1(t)\rvert = \frac{U}{\sqrt{2}\,L_b\omega_0}$ • $I_{m2} = \lvert\underline{i}_2(t)\rvert = \frac{U}{\sqrt{2}\,L_b\omega_0}$			1
6.	• Deux bobines identiques + A situé distance d de O_1 ou de O_2 • $\overrightarrow{B_1}(A,t) = \alpha\, i_1(t)\,\overrightarrow{e_z}$ et $\overrightarrow{B_2}(A,t) = \alpha\, i_2(t)\,\overrightarrow{e_y}$ • Thm superposition : $\vec{B}(A,t) = B_0\left[\cos\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{4}\right)\overrightarrow{e_z} + \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{4}\right)\overrightarrow{e_y}\right]$			1.5
7.	• $\cos\left(\omega_0 t \pm \frac{\pi}{4}\right) = \cos(\omega_0 t)\frac{1}{\sqrt{2}} \mp \sin(\omega_0 t)\frac{1}{\sqrt{2}}$ • $\lVert\vec{B}(A,t)\rVert^2 = \frac{B_0^2}{2}\left[(\cos(\omega_0 t) + \sin(\omega_0 t))^2 + (\cos(\omega_0 t) - \sin(\omega_0 t))^2\right] = B_0^2$ • $\varphi(t) = (\overrightarrow{e_y}, \vec{B}(A,t)) = \omega_0 t + \frac{\pi}{4}$ • $\vec{B}(A,t)$ = vecteur tournant dans le sens trigonométrique • Vitesse angulaire = ω_0 et norme constante = B_0			2.5
	TOTAL			72