DS-5bis - Barème

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

	PHYSIQUE 2 : Mesures des variations du champ de gravitation terrestre	élève	prof	max
Q.1	• $\mathrm{div}\,\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ et $\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{E} = \overrightarrow{0}$ • $\vec{E} \leftrightarrow \vec{g}$, $\rho_{elec} \leftrightarrow \rho_{grav}$ et $\frac{1}{\epsilon_0} \leftrightarrow -4\pi\mathcal{G}$			1
Q.2	• $\Phi(\vec{g}/S_F) = -4\pi G\, M_{\mathrm{int}}$			0.5
Q.3.a)	• invariances et symétries de $\mathcal{D}_{masse} \Rightarrow \overrightarrow{g}(M) = g(z)\,\overrightarrow{e_z}$			0.5
Q.3.b)	• (xOy) plan de symétrie de $\mathcal{D}_{masse} \Rightarrow g(M \in (xOy)) = 0$ • $\overrightarrow{g}(M') = \mathrm{sym}/xOy\,\overrightarrow{g}(M) = -\,\overrightarrow{g}(M)$ • Schéma			1.5
Q.3.c)	▷ **si avec eq locale** : • $\mathrm{div}\,\vec{g} = \frac{\mathrm{d}g}{\mathrm{d}z} = -4\pi\mathcal{G}\rho(z)$ • intégration avec 3 constantes • utilisation de $g(0) = 0$ pour C_2 • continuité en $z = \pm h/2$ (pas de masses surfaciques) pour C_1 et C_3 • $\vec{g}(M) = 2\pi G\,\rho h\,\overrightarrow{e_z}$ si $z < -h/2$ • $\vec{g}(M) = -\,4\pi G\,\rho z\,\overrightarrow{e_z}$ si $0 \leqslant z \leqslant h/2$ • $\vec{g}(M) = -2\pi G\,\rho h\,\overrightarrow{e_z}$ si $h/2 < z$ ▷ **si avec th. de Gauss** • surface de Gauss représentée sur un schéma • $\Phi(\vec{g}/S_G) = 2g(z)S$ en utilisant $g(-z) = -g(z)$ • $\Phi_{lat} = 0$ • $M_{\mathrm{int}} = \begin{cases} 2\rho S z & \text{si} \quad 0 \leqslant z \leqslant h/2 \\ \rho S h & \text{si} \quad h/2 < z \end{cases}$ • $g(z) = -\,4\pi G\,\rho z$ si $0 \leqslant z \leqslant h/2$ • $g(z) = -2\pi G\,\rho h$ si $h/2 < z$ • $g(z) = 2\pi G\,\rho h$ si $-\,h/2 > z$ obtenu par imparité de $g(z)$ ▷ **avec l'une ou l'autre des 2 méthodes** • Tracé de $g(z)$ • Valeurs particulières représentées • BONUS si $g(z)$ impaire et continue			4.5(+0.5)
Q.4.a)	• $g_T(r) > 0$			0.5
Q.4.b)	• Théorème de Gauss en gravitation avec Σ_{Gauss} =sphère • $g_T(r) = \mathcal{G}\,\frac{m_T}{r^2}$			1
Q.4.c)	• $g_T(r) = G\,\frac{m_T}{(R_T+h)^2}$ • DL en $h/R_T \Rightarrow g_T(r) \approx g_0\left(1 - \frac{2h}{R_T}\right)$ • $g_0 = 9{,}81$ m.s^{-2}			1.5
Q.5	• Th. de superposition • $\vec{g} = -\,g_0\left(1 - \frac{2h}{R_T}\right)\overrightarrow{e_z} - 2\pi G\,\rho_P h\,\overrightarrow{e_z} = -\,g\,\overrightarrow{e_z}$ • $g = g_0\left(1 - \frac{2h}{R_T}\right) + 2\pi G\,\rho_P h$ • BONUS si cohérent car l'élévation fait bien diminuer la gravité alors que la présence de la tranche l'augmente bien • $\Delta g = g - g_0 = 2\pi G\,\rho_P\,h - g_0\,\frac{2h}{R_T}$ • $\Delta g = -\,1{,}96.10^{-3}$ m.s^{-2} • BONUS $\Delta g < 0$ car c'est la chute de la gravité de la Terre avec l'altitude qui domine par rapport à l'attraction supplémentaire du plateau			2.5(+1)
Q.6	• Au niveau de la mer $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_0}} = 1s$ • Mesures dans $[1 - 10^{-5}, 1 + 10^{-5}]s$ • Sur le plateau $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_0+\Delta g}} =\approx T_0\left(1 - \frac{\Delta g}{2g_0}\right)$ • $T = 1.000100$ s • Mesures dans $[1.000100 \times (1 - 10^{-5}), 1.000100 \times (1 + 10^{-5})]s$ • Intervalles disjoints $\Rightarrow$ mesures de l'écart possible par Bouguer			3
	Total			16.5

NOM - Prénom :

	PHYSIQUE 3 : Piéger une particule (d'après Mines-MP-2015)	élève	prof	max
Q.1	• $\vec{F} = q\,\vec{E} = -\,q\,\overrightarrow{\text{grad}}\,V$ • $a\,x = -\,q\frac{\partial V}{\partial x}$; $a\,y = -\,q\frac{\partial V}{\partial y}$ et $b\,z = -\,q\frac{\partial V}{\partial z}$ • en dehors des charges : Laplace $\Rightarrow \Delta V = 0$ • $\dfrac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -\dfrac{a}{q} - \dfrac{a}{q} - \dfrac{b}{q} = 0$ • $b = -2a$ • par intégration $V(x,y,z) = \alpha - \frac{a}{q}\,(x^2+y^2-2z^2)$ • $\beta = -a/q$ • exploitation de $V(0,0,z_0) = 0 \Rightarrow \alpha - 2\beta\,z_0^2 = 0$ • exploitation de $z_0 = r_0/\sqrt{2} \Rightarrow \alpha - \beta\,r_0^2 = 0$ • exploitation de $V = V_0$ pour $x^2+y^2 = r_0^2$ et $z = 0 \Rightarrow \alpha + \beta r_0^2 = V_0$ • $\alpha = \frac{V_0}{2}$ et $\beta = \frac{V_0}{2r_0^2}$			5.5
Q.2	• dans le plan : xOz $V(x,0,z) = V_1 = \frac{V_0}{2r_0^2}\,(x^2 - 2z^2 + r_0^2)$ • distinctions de cas pour le tracé • droites $x = \pm\sqrt{2}\,z$ si $V_0 = 2V_1$ • tracé d'équipotentielles • allure correcte des équipotentielles • lignes de $\vec{E} \perp$ équipotentielles • orientation correcte des lignes de $\vec{E}$ • dans le plan xOy : $V(x,y,0) = V_2 = \frac{V_0}{2r_0^2}\,(x^2+y^2+r_0^2)$ • cercles de centre O et de rayon $R = \sqrt{\frac{2V_2}{V_0} - 1}$ • tracé d'équipotentielles • allure correcte des équipotentielles • lignes de $\vec{E} \perp$ équipotentielles • orientation correcte des lignes de $\vec{E}$ • BONUS si cohérent car on retrouve bien la forme des électrodes de la fig 9			6.5(+0.5)
Q.3	• $\vec{F} = q\,\vec{E} = \vec{0}$ en $O(0,0,0)$ • PFD $\Rightarrow \ddot{x} + \frac{qV_0}{mr_0^2}\,x = 0$; $\ddot{y} + \frac{qV_0}{mr_0^2}\,y = 0$ et $\ddot{z} - \frac{2qV_0}{mr_0^2}\,z = 0$ • si $qV_0 > 0$, O.H. selon x et y mais instabilité selon (Oz) • si $qV_0 < 0$, O.H. selon z mais instabilité selon (Ox) et (Oy)			2
Q.4	• $\overrightarrow{F_m} = -e\,\vec{v} \wedge \overrightarrow{B_0} = -eB_0\,(-\dot{x}\,\overrightarrow{u_y} + \dot{y}\,\overrightarrow{u_x})$ • PFD $\Rightarrow \ddot{x} - \frac{eV_0}{m_p r_0^2}\,x + \frac{eB_0}{m_p}\dot{y} = 0$; $\ddot{y} - \frac{eV_0}{m_p r_0^2}\,y - \frac{eB_0}{m_p}\dot{x} = 0$ et $\ddot{z} + \frac{2eV_0}{m_p r_0^2}\,z = 0$ • $\ddot{x} - \omega_0^2\,x + \omega_c\,\dot{y} = 0$; $\ddot{y} - \omega_0^2\,y - \omega_c\,\dot{x} = 0$ et $\ddot{z} + 2\omega_0^2\,z = 0$ • avec $\xi = x + iy$, $\ddot{\xi} - i\,\omega_c\,\dot{\xi} - \omega_0^2\,\xi = 0$ et $\ddot{z} + 2\omega_0^2\,z = 0$ • O.H. selon (Oz) • équation caractéristique $X^2 - i\omega_c\,X - \omega_0^2 = 0$ et $\Delta = -\omega_c^2 + 4\,\omega_0^2$ • stable si sol. sinusoïdales, pour $\Delta < 0$ • $2\omega_0 < \omega_c \Rightarrow B_{\min} = \frac{2m_p\omega_0}{e}$ • $B_{\min} = 8{,}2.10^{-2}$ T • BONUS si $B_0 = 1$ T largement suffisant			4.5(+0.5)
Q.5	• $\omega_c = 9{,}4.10^7$ rad.s^{-1} et $\omega_0 = 3{,}8.10^6$ rad.s^{-1} • condition $2\omega_0 < \omega_c$ vérifiée • $X_1 = i\,\frac{\omega_c}{2} + i\,\frac{\sqrt{\omega_c^2 - 4\omega_0^2}}{2} \approx i\omega_c$ • $X_2 = i\,\frac{\omega_c}{2} - i\,\frac{\sqrt{\omega_c^2 - 4\omega_0^2}}{2} = i\,\frac{\omega_c}{2} - i\,\frac{\omega_c}{2}\,\sqrt{1 - 4\,\frac{\omega_0^2}{\omega_c^2}} \approx i\,\frac{\omega_0^2}{\omega_c} = i\omega_1$ • $\omega_1 \ll \omega_0 \ll \omega_c$ • $\xi(t) = a_1\,e^{i\omega_c t} + b_1\,e^{i\omega_1 t}$ et $z(t) = a_2\cos(\sqrt{2}\omega_0 t) + b_2\sin(\sqrt{2}\omega_0 t)$ • superposition de 3 oscillations, rapide à ω_c et très lent à ω_1 dans (xOy) et lent à $\sqrt{2}\omega_0$ selon (Oz)			3.5
	Total			20

	PHYSIQUE : À propos de champs magnétiques (d'après Mines Ponts PSI 2016 et MP 2019)	élève	prof	max
Q.1	• schéma avec point M, axes et coordonnées correctes • symétries et invariances de la distribution de courant $\Rightarrow \overrightarrow{B}(M) = B(r)\overrightarrow{u}_z$ • théorème d'Ampère avec son expression et dessin d'un contour orienté • contour entre r_{int} et r_{ext} • $I_{enlacé} = +NI$, signe avec règle de la main droite • utilisation de $B(r_{ext}) = 0$ et de $\int \overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{d\ell} = 0$ pour les parties radiales • $\overrightarrow{B}(M) = \mu_0 \frac{N}{\ell} I \overrightarrow{u}_z$ • BONUS si commentaires I s'enroule autour de $\overrightarrow{B}$ et discontinuité car $\exists\ \overrightarrow{j}_s$			3.5(+0.5)
Q.2	• $(M, \overrightarrow{e_r}, \overrightarrow{e_z}) = \Pi_{antisym}$ des courants $\Rightarrow B_\theta = 0$ • invariance d'angle θ des courants $\Rightarrow B_{hr}$ et B_{hz} ne dépendent pas de θ • (Oxy) ou $(O, \overrightarrow{e_r}, \overrightarrow{e_\theta}) = \Pi_{sym}$ des courants $\Rightarrow \overrightarrow{B_h}(M') = -\,\text{sym}_{Oxy}\overrightarrow{B_h}(M)$ • $B_{rh}(r,-z)\,\overrightarrow{e_r} + B_{hz}(r,-z)\,\overrightarrow{e_z} = -\left[B_{rh}(r,z)\,\overrightarrow{e_r} - B_{hz}(r,z)\,\overrightarrow{e_z}\right]$ • illustration des relations précédentes sur le schéma • $B_{hz}(r,-z) = B_{hz}(r,z) \Rightarrow B_{hz}(r,z)$ est bien paire par rapport à z • BONUS si $B_{hr}(r,-z) = -B_{rh}(r,-z) \Rightarrow B_{rh}(r,z)$ est impaire / z			3(+0.5)
Q.3	• analyse dimensionnelle à partir de $\overrightarrow{B}_{spire}$ ou $\overrightarrow{B}_{solénoïde}$ • $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$			1
Q.4	• utilisation du DL avec $X = z/R$ • si $M \in (Oz)$, $(M, \overrightarrow{e_\theta}, \overrightarrow{e_z}) = \Pi_{antisym}$ des courants $\Rightarrow B_{rh} = 0 \Rightarrow \overrightarrow{B_h} \parallel \overrightarrow{e}_z$ • $\overrightarrow{B_h}(z) = NB_0\,\frac{8}{5\sqrt{5}}\left[2 - \frac{288}{125}\frac{z^4}{R^4}\right]\overrightarrow{e_z}$ • $B_h(z=0) = NB_0\,\frac{8}{5\sqrt{5}} \times 2$ • on veut z tq $\left\lvert\frac{B_h(z)-B_h(0)}{B_h(0)}\right\rvert = \frac{144}{125}\frac{z^4}{R^4} < 2/100$ • $\lvert z\rvert < R\left(\frac{125}{72\times100}\right)^{1/4} \overset{AN}{=} 5{,}4$ cm • BONUS si commentaire : zone assez étendue de part et d'autre de O • $B_h(z=0) = NB_0\,\frac{16}{5\sqrt{5}} = 1{,}2$ mT			3.5(+0.5)
Q.5	• $R_{\text{tot}} = \frac{2N\times2\pi R}{\gamma\, a^2}$ • $R = 0{,}39\ \Omega$ • BONUS si très faible, cohérent pour une bobine de 2× 50 spires (cf TP) • $P_J = R_{\text{tot}} I^2 \approx 6$ W • BONUS si pas si faible car courant important			1.5(+1)
Q.6	• $b_0(z) = B_h(z)$ • $c_0(z) = 0$ puisque $\overrightarrow{B_h} \parallel \overrightarrow{e}_z$ sur l'axe, en $r = 0$ • (MT) div $\overrightarrow{B_h} = 0 \Rightarrow \frac{1}{r}\frac{\partial(r^2 c_1(z))}{\partial r} + \frac{\partial(B_h + r b_1(z) + r^2 b_2(z))}{\partial z} = 0$ • $2c_1(z) + \frac{\mathrm{d}B_h}{\mathrm{d}z} + r\,\frac{\mathrm{d}b_1}{\mathrm{d}z} + r^2\,\frac{\mathrm{d}b_2}{\mathrm{d}z} = 0$ • et pour $r \to 0$, $c_1(z) = -\,\frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}B_h}{\mathrm{d}z}(z)$ • (MF) statique $\overrightarrow{\text{rot}}\,\overrightarrow{B_h} = \overrightarrow{0} \Rightarrow \frac{\partial B_{hr}}{\partial z} - \frac{\partial B_{hz}}{\partial r} = 0$ • $r\,\frac{\mathrm{d}c_1}{\mathrm{d}z}(z) - b_1(z) - 2rb_2(z) = 0$ • et pour $r \to 0$, $b_1(z) = 0$ • $b_2(z) = \frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}c_1}{\mathrm{d}z}(z) = -\,\frac{1}{4}\frac{\mathrm{d}^2 B_h}{\mathrm{d}z^2}(z)$			4.5
Q.7	• $B_{rh}(r,0) = 0$ • BONUS si cohérent avec Q.2, car $B_{rh}(r,z)$ est impaire par rapport à z • $B_{hr}(r,z) = \frac{\mu_0 NI}{2R}\frac{r}{2}\,\frac{8}{5\sqrt{5}}\,\frac{288\times4}{125}\frac{z^3}{R^4}\left[1 + \frac{3r}{2z}\right]$ • $B_{hr}(r,z) = 1.4\times10^{-4}\ mT$ • $B_{hr}(r,z) \ll B_h(z=0) \Rightarrow$ champ pratiquement selon $\overrightarrow{e}_z$ au voisinage de O			2(+0.5)
Q.8	• E_p minimale $\Rightarrow$ stable si $\overrightarrow{m}$ est colinéaire et de même sens que $\overrightarrow{B}(O)$ • BONUS si $\overrightarrow{m}$ selon $+\overrightarrow{e}_z$ dans le cas où $I > 0$ d'après partie I			0.5(+0.5)
Q.9	• schéma • $\overrightarrow{\Gamma} = -\,m\,NB_0\,\frac{16}{5\sqrt{5}}\,\sin\theta\,\overrightarrow{e_x}$ • TMC avec petits mouvements $\Rightarrow J\,\ddot{\theta} = -\,m\,NB_0\,\frac{16}{5\sqrt{5}}$ • O.H. de période propre $\tau_{\text{osc}} = 2\pi\sqrt{\frac{5\sqrt{5}J}{16\,mNB_0}}$			2
Q.10	• $\kappa = \frac{4\pi^2}{\tau_{osc}^2}\,\frac{5\sqrt{5}}{16NB_0}$ • $\kappa = 3{,}6\times10^5$ A.kg^{-1} • unité correcte			1.5
Q.11	• utilisation de formules trigo • $\lvert\lvert\overrightarrow{B}(O,t)\rvert\rvert = B_0$ • $\varphi(t) = \omega_0 t + \frac{\pi}{4}$ • $\overrightarrow{B}(O,t)$ champ magnétique tournant autour de O à la vitesse angulaire ω_0 • $\overrightarrow{B}(O,t)$ peut être généré à partir de 2 bobines d'axes respectifs $\overrightarrow{e}_z$ et $\overrightarrow{e}_y$, et alimentées par des courants sinusoïdaux déphasés de $\frac{\pi}{2}$			2.5

Q.12.a)	• schéma • $\overrightarrow{m} = m\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4} - \alpha\right)\,\overrightarrow{e_y} + m\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4} - \alpha\right)\,\overrightarrow{e_z}$ • $\overrightarrow{\Gamma} = \overrightarrow{m}\wedge\overrightarrow{B} \Rightarrow \overrightarrow{\Gamma}(t) = \frac{mB_0}{2}\Big[\cos\big((\omega+\omega_0)t - \alpha\big) + \cos\big((\omega-\omega_0)t + \frac{\pi}{2} - \alpha\big)$ $- \sin\big((\omega+\omega_0)t + \frac{\pi}{2} - \alpha\big) - \sin\big((\omega-\omega_0)t - \alpha\big)\Big]\,\overrightarrow{e_x}$			1.5
Q.12.b)	• $\langle\overrightarrow{\Gamma}\rangle = \overrightarrow{0}$ si $\omega \neq \omega_0$ • $\langle\overrightarrow{\Gamma}\rangle = mB_0\sin\alpha\,\overrightarrow{e_x}$ si $\omega = \omega_0$			1
Q.12.c)	• moteur si $\langle\overrightarrow{\Gamma}\rangle\cdot\overrightarrow{e_x} > 0$ • $\sin\alpha > 0$, soit $\alpha \in]0,\pi[$			1
Q.13.a)	• schéma pour $\alpha \in]0,\pi[$ • valeurs particulières et α_1 et α_2 tq $\langle\overrightarrow{\Gamma}\rangle\cdot\overrightarrow{e_x} = \frac{mB_0}{2}$ • TMC avec $\omega = cste \Rightarrow J\,\dot{\omega} = 0 = \langle\overrightarrow{\Gamma}\rangle.\overrightarrow{e_x} - \frac{mB_0}{2}$ • $\sin\alpha_{1,2} = \frac{1}{2}$ • $\alpha_1 = \pi/6$ et $\alpha_2 = 5\pi/6$			2.5
Q.13.b)	• Action de l'expérimentateur $\Rightarrow \omega < \omega_0$ • α augmente car l'aiguille "prend du retard" • schéma $\Rightarrow$ seul α_1 permet à l'aiguille de "rattraper son retard" • α_1 fonctionnement moteur stable et α_2 instable car l'aiguille s'arrête			2
Q.14	• BONUS si schéma • à l'équilibre, $\overrightarrow{m}_{boussole} \parallel \overrightarrow{B}_{terrestre}$ (même sens) • BONUS si le Nord de la boussole indique le Sud magnétique, i.e. le nord géographique			0.5(+1)
Q.15	• $\overrightarrow{M} = M_0\,\overrightarrow{e_z} = M_0\cos\theta\,\overrightarrow{e_r} - M_0\sin\theta\,\overrightarrow{e_\theta}$ et $\overrightarrow{R} = R_T\,\overrightarrow{e_r}$ • $B_r = \overrightarrow{B}.\overrightarrow{e_r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{3(\overrightarrow{R}.\overrightarrow{e_r})(\overrightarrow{M}.\overrightarrow{R}) - R_T^2\,(\overrightarrow{M}.\overrightarrow{e_r})}{R_T^5} = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi}\,\frac{2\cos\theta}{R_T^3}$ • $B_\theta = \overrightarrow{B}.\overrightarrow{e_\theta} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{3(\overrightarrow{R}.\overrightarrow{e_\theta})(\overrightarrow{M}.\overrightarrow{R}) - R_T^2\,(\overrightarrow{M}.\overrightarrow{e_\theta})}{R_T^5} = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi}\,\frac{\sin\theta}{R_T^3}$ • $B_\varphi = \overrightarrow{B}.\overrightarrow{e_\varphi} = 0$ • $\overrightarrow{B}(P) = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi\,R_T^3}\,(2\cos\theta\,\overrightarrow{e_r} + \sin\theta\,\overrightarrow{e_\theta})$ • BONUS si cohérent car on retrouve bien la formule du cours			2.5(+0.5)
Q.16	• $M_0 < 0$ pour que le Nord de la boussole pointe vers le Nord géographique • BONUS si schéma avec lignes de champ • BONUS si le Nord géographique correspond donc au Sud magnétique • $\overrightarrow{B_E} = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi\,R_T^3}\,\overrightarrow{e_\theta}(\theta = \pi/2) = -\frac{\mu_0 M_0}{4\pi\,R_T^3}\,\overrightarrow{e_z}$ • BONUS $\overrightarrow{B}_E$ sur le schéma • $M_0 = -\frac{4\pi R_T^3 B_E}{\mu_0}$ • $M_0 = -\,7{,}9\times10^{22}\mathrm{A.m^2}$ • unité correcte • Pôle magnétique nord $(\theta = 0)$: $\lvert B_N\rvert = \frac{2\mu_0\lvert M_0\rvert}{4\pi R_T^3} = 2B_E$ • $\lvert B_N\rvert = 6{,}0\times10^{-5}$ T • Pôle magnétique sud $(\theta = \pi)$: $\lvert B_S\rvert = \lvert B_N\rvert = 6{,}0\times10^{-5}$ T • BONUS si ODG cohérent car $B_{Paris} \simeq 50\ \mu T$			4(+2)
Q.17	• schéma avec Nord, Sud, $\overrightarrow{e}_r$, $\overrightarrow{e}_\theta$ et $\overrightarrow{e}_N$ • dans l'hémisphère Nord géo, $B_r = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi}\,\frac{2\cos\theta}{R_T^3} < 0$ car $M_0 < 0$ et $\cos\theta > 0$ • dans l'hémisphère Nord géo, $B_\theta = \frac{\mu_0 M_0}{4\pi}\,\frac{\sin\theta}{R_T^3} < 0$ car $M_0 < 0$ et $\sin\theta > 0$ • $\overrightarrow{B}$ et I sur le schéma • BONUS si schéma avec $\overrightarrow{M}_0$, lignes de champ et I • $I < 0$ • $\tan(I) = -\frac{B_r}{B_\theta}$ • $\tan I = -\frac{2\cos\theta}{\sin\theta} = -\frac{2\cos(\pi/2-\lambda)}{\sin(\pi/2-\lambda)} = -2\tan\lambda$ • aux pôles $I \to \pm\pi/2$ • $\overrightarrow{B}_{horizontal} \ll \overrightarrow{B}_{vertical}$ • aiguille de boussole horizontale instable			5(+0.5)
	Total			45.5

TOTAL			82