# MP1 - DS-4 - Barème

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Connaissance du cours** | | | |
| **Quantité de questions traitées** | | | |
| **Détail/Rigueur de la rédaction** | | | |
| **Utilisation appropriée de schémas** | | | |
| **Soin de la rédaction** | | | |
| **Commentaires pertinents** | | | |

| | **Problème 1 : Séparation d'isotopes de l'uranium par spectrométrie de masse (d'après CCS-TSI-2012)** | élève | prof | max |
|---|---|---|---|---|
| **Q.A.1** | • $U = V_{G1} - V_{G2} > 0$ • BONUS si schéma | | | 0.5(+0.5) |
| **Q.A.2** | • conservation de l'$E_m$ • $u_{1,2} = \sqrt{\frac{2eU}{m_{1,2}}}$ | | | 1 |
| **Q.A.3** | • $E_c = eU$ • $U = 15\ kV$ • $m_{1,2} = \frac{A}{N_A}$ • $u_1 = 111\ km.s^{-1}$ et $u_2 = 110\ km.s^{-1}$ | | | 2 |
| **Q.B.1** | • $\overrightarrow{B}$ selon $+\overrightarrow{e_z}$ • utilisation schéma et $\overrightarrow{F}_{Lorentz} = e\overrightarrow{u}_{1,2} \wedge \overrightarrow{B}$ | | | 1 |
| **Q.B.2** | • PFD donne $m\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = eB\,v_y$ ; $m\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = -eB\,v_x$ et $m\frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t} = 0$<br>• $v_z$ = Cste = 0 d'où $z$ = Cste = 0 • $\omega_c = \frac{eB}{m}$<br>• Méthode complexe ou autre $v_x(t) = u\sin(\omega_c t)$ et $v_y(t) = u\cos(\omega_c t)$<br>• $x(t) = \frac{u}{\omega_c}\,(1-\cos(\omega_c t))$ et $y(t) = \frac{u}{\omega_c}\sin(\omega_c t)$<br>• $\left(x - \frac{u}{\omega_c}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{u}{\omega_c}\right)^2$ • cercle centre $\Omega = \left(\frac{u}{\omega_c}, 0\right)$ • Rayon $R_{1,2} = \frac{u_{1,2}}{\omega_{c,1,2}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Um_{1,2}}{e}}$ | | | 4 |
| **Q.B.3** | • $2R_1 = D$ • $B = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{2Um_1}{e}} = 0.576\ T$ • BONUS si $B$ important | | | 1(+0.5) |
| **Q.B.4** | • $2R_2 = 946\ mm > 2R_1 + L'$ • $\exists$ séparation isotopique | | | 1 |
| **Q.B.5** | • en 1 an $Q = It = 3.156 \times 10^6\ C$ • $N_{U,235} = 0.007 \times \frac{Q}{e}$ • $N = 1.38 \times 10^{23}$ ions<br>• $N = 53.9\ g$ • BONUS si très peu | | | 2(+0.5) |
| | **Total** | | | 14 |





| | **Problème 4 : A propos de la résonance magnétique nucléaire (RMN) - d'après CCINP- MP - 2017** | élève | prof | max |
|---|---|---|---|---|
| **Q.1** | • $\overrightarrow{m} = I\,\overrightarrow{S} = I\,\pi R^2\,\overrightarrow{e_z}$ | | | 0.5 |
| **Q.2.a)** | • TEC/TPC (ou PFD) à l'électron dans le référentiel galiléen de l'atome<br>• mouvement circulaire $\Rightarrow \overrightarrow{v} = r\dot{\theta}\overrightarrow{u}_\theta$<br>• $\frac{\mathrm{d}E_c}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{F_{\text{él}}}.\overrightarrow{v} = 0$ (ou $\ddot{\theta} = 0$) $\Rightarrow v = cste$ | | | 1.5 |
| **Q.2.b)** | • $I = e/T$ • justification claire du signe • $\overrightarrow{m} = \frac{e}{T}\,\pi r_B^2\,\overrightarrow{e_z}$<br>• $T = \frac{2\pi r_B}{v} \Rightarrow \overrightarrow{m} = \frac{e}{2}\,v\,r_B\,\overrightarrow{e_z}$ | | | 2 |
| **Q.2.c)** | • $\overrightarrow{L_O} = -m_e r_B v\,\overrightarrow{e_z}$ | | | 0.5 |
| **Q.2.d)** | • $\gamma_e = -\frac{e}{2m_e}$ • $\gamma_e = -8,8.10^{10}\ C.kg^{-1}$ • unité correcte<br>• BONUS si ODG cohérent avec $\gamma_p$ (énoncé) | | | 1.5(+0.5) |
| **Q.3** | • décomposition en spires élémentaires décrivant des cercles • $\overrightarrow{m}_{tot} \parallel \overrightarrow{e}_z$ | | | 1 |
| **Q.4** | • $\lVert\overrightarrow{m}\rVert = \gamma_p\,\hbar/2$ • $\lVert\overrightarrow{m}\rVert = 1{,}4.10^{-26}$ A.m$^2$ • unité correcte<br>• BONUS si très faible, cohérent < magnéton de Bohr $\mu_B \simeq 10^{-23}\ A.m^2$ | | | 1.5(+0.5) |
| **Q.5** | • petite spire de courant à l'échelle d'observation | | | 0.5 |
| **Q.6** | • $\overrightarrow{\Gamma} = \overrightarrow{0}$ à l'eq • $\overrightarrow{m} \parallel +\overrightarrow{B_0}$ avec $E_p = -mB_0$ stable<br>• $\overrightarrow{m} \parallel -\overrightarrow{B_0}$ 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<br>• BONUS si cohérent car $\ll \Delta E \simeq 1\ eV$ dans le spectre de l'Hydrogène | | | 1.5(+0.5) |
| **Q.8** | • TMC $\Rightarrow \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{S}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{m} \wedge \overrightarrow{B_0}$ • $\overrightarrow{\omega_0} = -\gamma_p\overrightarrow{B_0}$<br>• BONUS si commentaire sur dimension d'une pulsation | | | 1(+0.5) |
| **Q.9** | • multiplication scalaire par $\overrightarrow{m} \Rightarrow \lVert m\rVert = cste$<br>• multiplication scalaire par $\overrightarrow{e}_z \Rightarrow m_z = cste$<br>• $\overrightarrow{m}\cdot\overrightarrow{B_0} = m_z B_0 = \lVert\overrightarrow{m}\rVert B_0\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = cste$<br>• BONUS si $\overrightarrow{m}$ décrit un cône de demi-angle au sommet $\alpha$ | | | 1.5(+0.5) |
| **Q.10.a)** | • $\dot{m}_x = \gamma_p B_0\,m_y$ et $\dot{m}_y = -\gamma_p B_0\,m_x$<br>• dérivation $\Rightarrow \ddot{m}_x + {\omega_0}^2\,m_x = 0$ • 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 $m_y(0) = 0$<br>• $\dot{m}_x(0) = \omega_0 m_y(0) = 0$ et $\dot{m}_y(0) = -\omega_0 m_x(0) = -\omega_0 m_0 sin\alpha$<br>• $m_x(t) = m_0\sin\alpha\,\cos(\omega_0 t)$ • $m_y(t) = -m_0\sin\alpha\,\sin(\omega_0 t)$ | | | 2 |
| **Q.10.c)** | • ${m_x}^2 + {m_y}^2 = (m_0\sin\alpha)^2$ • cercle de rayon $m_0 sin\alpha$ parcouru à $\omega_0$<br>• schéma • sens horaire en utilisant $t_1$ tq $\omega_0 t_1 = \pi/2$ | | | 2 |
| **Q.11.a)** | • $\frac{\mathrm{d}M_z}{\mathrm{d}t} + \frac{M_z}{T_1} = \frac{M_0}{T_1}$ | | | 0.5 |
| **Q.11.b)** | • $M_z(0) = 0$ • $M_z(t) = M_0\,\boxed{1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right)}$ | | | 1 |
| **Q.12.a)** | • $\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{M_\perp}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{\omega_0} \wedge \overrightarrow{M_\perp} - \frac{\overrightarrow{M_\perp}}{T_2}$ | | | 0.5 |
| **Q.12.b)** | • $\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{M_1}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{\omega_0} \wedge \overrightarrow{M_1}$ | | | 0.5 |
| **Q.12.c)** | • idem **Q.10** où $M_{1x} \leftrightarrow m_x$ et $M_{1y} \leftrightarrow m_y$<br>• $M_{1y}(0) = -M_0$ et $\dot{M}_{1y}(0) = \omega_0\,M_{1x}(0) = 0$ • $M_{1y}(t) = -M_0\cos(\omega_0 t)$<br>• $\dot{M}_{1x} = -\omega_0\,M_{1y} = M_0\cos(\omega_0 t)$ • $M_{1x}(t) = M_0\sin(\omega_0 t)$<br>• $\overrightarrow{M_\perp}(t) = \overrightarrow{M_1}e^{-t/T_2} = -M_0\,e^{-t/T_2}\,[-\sin(\omega_0 t)\,\overrightarrow{e_x} + \cos(\omega_0 t)\,\overrightarrow{e_y}]$<br>• $M_\perp(t) = M_0\,e^{-t/T_2}$ • décroissance exp avec $\tau = T_2$ conforme au doc 1 | | | 4 |

| | | élève | prof | max |
|---|---|---|---|---|
| **Q.13** | $\lVert\overrightarrow{B_1}\rVert = B_1 = $ Cste ; schéma avec représentation pour plusieurs instants<br>cercle de rayon $B_1$ dans le sens horaire | | | 1.5 |
| **Q.14** | phénomènes de relaxation négligeables $\Rightarrow T_1 \to +\infty$ et $T_2 \to +\infty$<br>$\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{M}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{\omega_0} \wedge \overrightarrow{M} + \overrightarrow{\omega_1} \wedge \overrightarrow{M}$ ; $\overrightarrow{\omega_0} = -\gamma_p B_0\, \overrightarrow{e_z} = -\omega_0\, \overrightarrow{e_z}$<br>$\overrightarrow{\omega_1} = -\gamma_p\, \overrightarrow{B_1} = -\omega_1\, (\cos(\omega t)\overrightarrow{e_x} - \sin(\omega t)\overrightarrow{e_y})$ | | | 2 |
| **Q.15** | $\overrightarrow{\omega}(R_1/R_0) = -\omega\, \overrightarrow{e_z}$ ; signe "-" car rotation horaire | | | 1 |
| **Q.16** | $\left(\frac{d\overrightarrow{M}}{dt}\right)_{R_0} = \left(\frac{d\overrightarrow{M}}{dt}\right)_{R_1} + \overrightarrow{\omega}(R_1/R_0) \wedge \overrightarrow{M} = \left(\frac{d\overrightarrow{M}}{dt}\right)_{R_1} - \omega\, \overrightarrow{e_z} \wedge \overrightarrow{M}$<br>or $\left(\frac{d\overrightarrow{M}}{dt}\right)_{R_0} = -\omega_0\, \overrightarrow{e_z} \wedge \overrightarrow{M} - \omega_1\, \overrightarrow{e_1} \wedge \overrightarrow{M}$<br>donc $\left(\frac{d\overrightarrow{M}}{dt}\right)_{R_1} = \overrightarrow{M} \wedge [\,(\omega_0 - \omega)\, \overrightarrow{e_z} + \omega_1\, \overrightarrow{e_1}\,]$<br>$\overrightarrow{B_{\text{eff}}} = \frac{\omega_0 - \omega}{\gamma_p}\, \overrightarrow{e_z} + \frac{\omega_1}{\gamma_p}\, \overrightarrow{e_1} = \left(B_0 - \frac{\omega}{\gamma_p}\right) \overrightarrow{e_z} + B_1\, \overrightarrow{e_1}$<br>schéma de $\overrightarrow{B_{\text{eff}}}$ avec composantes suivant $\overrightarrow{e_z}$ et $\overrightarrow{e_1}$ | | | 2.5 |
| **Q.17** | précession de $\overrightarrow{M}$ ; autour de $\overrightarrow{B}_{eff}$ | | | 1 |
| **Q.18** | alignement précession de $\overrightarrow{M}$ avec $\overrightarrow{B}_{eff}$ ; constante de temps $T_1$<br>alignement de $\overrightarrow{M}$ avec $\overrightarrow{B}_{eff}$ $(M_\perp \to 0)$ ; constante de temps $T_2$<br>$\overrightarrow{M}$ fini par être aligné avec $\overrightarrow{B}_{eff}$ et garde une norme $M_0$ | | | 2.5 |
| **Q.19** | pour basculement dans $Oxy$, il faut $\omega = \omega_0$<br>$\omega_0 = 2{,}67.10^8$ rad.s$^{-1}$ ; $f_0 = \omega/2\pi = 42{,}5$ MHz ; ondes radiofréquences.<br>"résonance" car phénomène pour une fréquence caractéristique $f_0$ | | | 2.5 |
| **Q.20** | il faut $t_1 > max(T_1, T_2)$ ; $t_1 \simeq$ qq secondes d'après Doc 3 | | | 1 |
| | **Total** | | | 43,5 |

| | **Problème 5 : Utilisation d'une magnétorésistance (Mines-Pont-PSI-2016)** | élève | prof | max |
|---|---|---|---|---|
| **Q.1** | • Justifier $V = V(r)$ | | | 0.5 |
| **Q.2** | • div $\overrightarrow{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} = 0$ et $\overrightarrow{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, V$ donne $\Delta V = 0$<br>• $V(r) = C\, \ln(r) + C'$<br>• Conditions aux limites $C = \frac{V_1 - V_2}{\ln(r_1/r_2)}$ et $C' = V_1 - \frac{V_1 - V_2}{\ln(r_1/r_2)}\, \ln(r_1)$<br>• $\overrightarrow{E} = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}r}\, \overrightarrow{e_r} = -\frac{C}{r}\, \overrightarrow{e_r} = \frac{V_1 - V_2}{\ln(r_2/r_1)}\, \frac{\overrightarrow{e_r}}{r}$ | | | 2 |
| **Q.3** | • Bilan des forces (poids négligé) + PFD à un e-<br>• Somme sur e$^-$ de conduction $\in \mathrm{d}\tau$ • $\overrightarrow{E}(M_i) \approx \overrightarrow{E}(M)$<br>• Introduction vitesse dérive $\overrightarrow{v_d}(M,t) = \left(\sum_{i=1}^{\delta N} \overrightarrow{v_i}\right) / \delta N$<br>• $\overrightarrow{j} = -en\overrightarrow{v_d}(M,t)$ • $\frac{\partial \vec{j}}{\partial t}(M,t) = \frac{ne^2}{m_e}\, \overrightarrow{E}(M) - \frac{e}{m_e}\, \vec{j}(M,t) \wedge \overrightarrow{B} - \frac{\lambda}{m_e}\, \vec{j}(M,t)$<br>• BONUS si ions fixes donc ne contribuent pas à $\vec{j}$ | | | 2$_{(+0.5)}$ |
| **Q.4** | • $\partial \vec{j}/\partial t = \overrightarrow{0}$ d'où $\overrightarrow{j} + \frac{e}{\lambda}\, \overrightarrow{j} \wedge \overrightarrow{B} = \frac{ne^2}{\lambda}\, \overrightarrow{E}$<br>• Écriture du système d'équations base cylindrique • Résolution<br>• $j_r = \frac{ne^2}{\lambda}\, \frac{E(r)}{1 + \frac{e^2B^2}{\lambda^2}}$ • $j_\theta = \frac{eB}{\lambda}\, \frac{ne^2}{\lambda}\, \frac{E(r)}{1 + \frac{e^2B^2}{\lambda^2}}$ • $j_z = 0$ | | | 3 |
| **Q.5** | • $I = \phi(\overrightarrow{j}/S) = \frac{ne^2}{\lambda}\, \frac{E(r)}{1 + \frac{e^2B^2}{\lambda^2}}\, 2\pi r\, h$ • $I = 2\pi h\, \frac{ne^2}{\lambda}\, \frac{V_1 - V_2}{\ln(r_2/r_2)}\, \frac{1}{1 + \frac{e^2B^2}{\lambda^2}}$<br>• $R = \frac{\lambda}{2\pi h\, ne^2}\, \ln(r_2/r_1) \left(1 + \frac{e^2B^2}{\lambda^2}\right)$ • $\varepsilon = \frac{e^2B^2}{\lambda^2}$<br>• $R_0 = 110\ \Omega$ • $\varepsilon = 7{,}9.10^{-11}$<br>• Variation relative de résistance est vraiment très faible et probablement très difficile à déceler | | | 3.5 |
| | **Total** | | | 11,5 |





| | | | |
|---|---|---|---|
| **TOTAL** | | | 69 |