NOM - Prénom :

DS-6 (CCINP-e3a) - Barème

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

	CHIMIE - Problème 1 : Production du dihydrogène	élève	prof	max
Q.1	• déf avec formation d'une mole à partir de corps simples dans leur ESR • $\Delta_f H^0(\mathrm{H}_{2(g)}) = 0$ car $H_2(g)$ corps simple dans son ESR à 298K			1
Q.2	• $\Delta_r H^0 = 205.7\ kJ.mol^{-1}$ • BONUS si endothermique • $\Delta_r G^0(298K) = 141.7\ kJ.mol^{-1}$ • $\Delta_r S^0 = 214.8\ J.K^{-1}.mol^{-1}$ • $\Delta_r S^0 > 0$ en lien avec le désordre qui augmente avec la quantité de gaz			2(+0.5)
Q.3	• d'après Le Châtelier • $P \nearrow \Rightarrow \xleftarrow{2}$ • d'après Vant'Hoff • $T \nearrow \Rightarrow \xrightarrow{1}$			2
Q.4	• $\Delta_r G^0(1223K) = -57\ kJ.mol^{-1}$ • $K^0 = 2,73.10^2$ • BONUS si réaction avancée mais pas totale			1(+0.5)
Q.5	• tableau d'avancement • BONUS si colonne total gaz • $\xi = \alpha n_0$ • $x(\mathrm{CH_4}) = \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)}$, $x(\mathrm{H_2}) = \frac{3\alpha}{2(1+\alpha)}$ et $x(\mathrm{CO}) = \frac{\alpha}{2(1+\alpha)}$ • $K^0 = \frac{x(\mathrm{CO})\,x^3(\mathrm{H_2})}{x(\mathrm{CH_4})\,x(\mathrm{H_2O})}\left(\frac{P}{P^0}\right)^2$ • $\Rightarrow \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} = \sqrt{\frac{4K^0}{2700}} = 0{,}636$ • résolution à la calculatrice $\alpha \simeq 0.62$ • BONUS si cohérent avec valeur de K^0			3(+1)
Q.6	• $P(\mathrm{CH_4}) = P(\mathrm{H_2O}) = 1{,}17$ bar, $P(\mathrm{CO}) = 1{,}91$ bar et $P(\mathrm{H_2}) = 5{,}74$ bar			0.5
Q.7	• $Q_2 = \frac{n(\mathrm{CO})\,n(\mathrm{H_2})^3}{n(\mathrm{CH_4})\,[n(\mathrm{H_2O})+\mathrm{d}n]\,[n_g+\mathrm{d}n]^2}\left(\frac{P}{P^0}\right)^2 < Q_1 = K^0(T)$ • $\Delta_r G_2 = RT\ln\left(\frac{Q_2}{K^0(T)}\right) < 0 \Rightarrow \xrightarrow{1}$ • BONUS si conforme avec modération			1(+0.5)
Q.8	• $\Delta_r G_3 = \Delta_r G_3^0(1223K) + RT\ln\left(\frac{P(\mathrm{CO_2})P^0}{P(\mathrm{CO})^2}\right)$ • $\Delta_r G_3 = -2{,}15$ kJ.mol^{-1} • $\Delta_r G_4 = \Delta_r G_4^0(T) + RT\ln\left(\frac{P(\mathrm{H_2})^2}{P(\mathrm{CH_4})P^0}\right) = 9{,}26$ kJ.mol^{-1}			1.5
Q.9	• $\Delta_r G_3 < 0 \Rightarrow \xrightarrow{1}$ et le graphite va se déposer • $\Delta_r G_4 > 0 \Rightarrow \xleftarrow{2}$ et le graphite va disparaître			1
	Total			13

	PHYSIQUE - Problème 2 : Quelques aspects de l'interaction entre le champ électromagnétique et la matière (d'après e3a-MP-2024)	élève	prof	max
Q.1	• Écriture des 4 équations de Maxwell dans le vide ($\rho = 0$ et $\overrightarrow{j} = \overrightarrow{0}$)			0.5
Q.2	• Mention claire de l'utilisation de (MG), (MA) et (MF) • Obtention de D'Alembert $\overrightarrow{\Delta}\overrightarrow{E} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \overrightarrow{E}}{\partial t^2}$ avec $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$			1
Q.3	• BONUS si $(MG) \Rightarrow div(\underline{\overrightarrow{E}}) = 0$ car opérateur divergence linéaire • $div(\underline{\overrightarrow{E}} = 0 \Rightarrow -j\overrightarrow{k} \cdot \underline{\overrightarrow{E}} = 0 \Rightarrow \overrightarrow{E}$ transverse • Idem $(MT) \Rightarrow \overrightarrow{B}$ transverse			1(+0.5)
Q.4	• $\overrightarrow{E}(M,t) = E_0 \cos(\omega t - kz + \varphi)\overrightarrow{e_x}$ sans oublier la phase			0.5
Q.5	• Calcul à partir de l'équation de D'Alembert $\Rightarrow k = \frac{\omega}{c}$			0.5
Q.6	• Rel. de structure valable car OPPH en cartésiennes (ou utilisation de MF) • $\overrightarrow{B}(M,t) = \frac{E_0}{c}\cos(\omega t - kz + \varphi)\overrightarrow{e_y}$			1
Q.7	• $\overrightarrow{\Pi}(M,t) = \overrightarrow{E} \wedge \frac{\overrightarrow{B}}{\mu_0} = \frac{E_0^2}{\mu_0 c}\cos^2(\omega t - kz + \varphi)\overrightarrow{e_z}$ • BONUS si cohérent car $\parallel \overrightarrow{k}$			0.5(+0.5)
Q.8	• $w(M,t) = \frac{\epsilon_0}{2}\overrightarrow{E}(M,t)^2 + \frac{\overrightarrow{B}(M,t)^2}{2\mu_0}$ • $w(M,t) = \epsilon_0 E_0^2 \cos^2(\omega t - kz + \varphi)$			1
Q.9	• Démonstration de $\langle\overrightarrow{\Pi}\rangle_T = c\langle w\rangle_T \overrightarrow{e_z} = \frac{c\epsilon_0 E_0^2}{2}\overrightarrow{e_z}$ • BONUS si relation qui traduit la propagation de l'énergie à la vitesse c			0.5(+0.5)
Q.21	• $\overrightarrow{E}_i(M,t) = E_0\cos(\omega t - kz + \varphi)\overrightarrow{e}_x$ (ou en $\mathbb{C}$) • Champ réfléchi avec même ω car relation de passage linéaire • $+kz$ car propagation dans l'autre sens • amplitude E_r et phase ψ a priori $\neq$ • $\overrightarrow{E}_r(M,t) = E_r\cos(\omega t + kz + \psi)\overrightarrow{e}_x$ • Vide : $\overrightarrow{E}_1(M,t) = \overrightarrow{E}_i(M,t) + \overrightarrow{E}_r(M,t)$ et métal parfait : $\overrightarrow{E}_2(M,t) = \overrightarrow{0}$ • Relation de passage en $z = 0$ • valable $\forall$ t $\Rightarrow E_r = -E_0$ • $\psi = \varphi$ • Conclusion avec champ réfléchi réel : $\overrightarrow{E}_r(M,t) = -E_0\cos(\omega t + kz + \varphi)\overrightarrow{e}_x$			4.5
Q.22	• Rel. de structure valable car OPPH en cartésiennes (ou utilisation de MF) • $\overrightarrow{B}_r(M,t) = \frac{E_0}{c}\cos(\omega t + kz + \varphi)\overrightarrow{e_y}$ • BONUS si $(\overrightarrow{E}_r, \overrightarrow{B}_r, \overrightarrow{k}_r)$ trièdre direct			1(+0.5)
Q.23	• $\overrightarrow{B}_1(z = 0^-, t) = \overrightarrow{B}_i(z = 0^-, t) + \overrightarrow{B}_r(z = 0^-, t) = 2\frac{E_0}{c}cos(\omega t + \varphi)\overrightarrow{e}_y$ • Utilisation de la relation de passage pour $\overrightarrow{B}$ en $z = 0$ avec $\overrightarrow{B}_2(z = 0^+, t) = \overrightarrow{0}$ • $\overrightarrow{j_s} = \frac{2E_0}{\mu_0 c}\cos(\omega t + \varphi)\overrightarrow{e_x}$ • BONUS si cohérent car $\parallel \overrightarrow{E}_i$			1.5(+0.5)
Q.24	• $\overrightarrow{F_L} = 2\varepsilon_0 S E_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi)\overrightarrow{e_z}$			0.5
Q.25	• $\langle\overrightarrow{F_L}\rangle_T = \epsilon_0 S E_0^2 \overrightarrow{e_z}$ • Pression de radiation : $p = \frac{\langle\overrightarrow{F_L}\rangle_T \cdot \overrightarrow{e_z}}{S} = \varepsilon_0 E_0^2$ • BONUS si cohérent car pression selon $+\overrightarrow{e}_z$			1(+0.5)
Q.26	• $I = c\varepsilon_0 E_0^2/2 \Rightarrow p = \frac{2I}{c}$ • $p_1 = 6{,}7 \times 10^{-6}\ Pa$ • $p_2 = 6{,}7\ Pa$ • BONUS si pressions très faibles par rapport à $P_{atm} \simeq 10^5\ Pa$			1.5(+0.5)
Q.27	• BONUS si schéma • Calcul du nombre dN de photons qui frappent la surface pendant dt • Les dN photons sont contenus dans un cylindre de volume $d\tau = cSdt$ • $dN = n_\gamma^* d\tau = n_\gamma^* cSdt$ • Energie $d\mathcal{E}$ des dN photons : $d\mathcal{E} = E_\gamma n_\gamma^* cSdt$ • or $d\mathcal{E} = ISdt$ • Finalement $n_\gamma^* = \frac{I}{cE_\gamma}$ • $n_\gamma^* = 10^{19}\ photons.m^{-3}$ • BONUS si commentaire sur l'ordre de grandeur (très grand mais pas aberrant si on compare à la densité électronique dans un métal $n_e \simeq 10^{30}\ électrons.m^{-3}$)			3.5(+1)
Q.28	• $p_\gamma = \frac{h}{\lambda}$ • $E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ • $p_\gamma = \frac{E_\gamma}{c}$			1.5
Q.29	• $\overrightarrow{p}_{\gamma,avant\ choc} = \frac{h}{\lambda}\overrightarrow{e}_z$ et $\overrightarrow{p}_{\gamma,après\ choc} = -\frac{h}{\lambda}\overrightarrow{e}_z$ • $\Delta\overrightarrow{p}_\gamma = 2\frac{h}{\lambda}\overrightarrow{e}_z = -\frac{2E_\gamma}{c}\overrightarrow{e}_z$			1
Q.30	• $\Delta\overrightarrow{p}_{dt} = dN\Delta\overrightarrow{p}_\gamma$ • $\Delta\overrightarrow{p}_{dt} = -\frac{2E_\gamma n_\gamma^* Scdt}{c}\overrightarrow{e}_z$			1

Q.31	• $\Delta\overrightarrow{p}_{dt,plaque} = -\Delta\overrightarrow{p}_{dt,photons}$ • PFD à la plaque : $\overrightarrow{F}_{photons\to plaque} = \frac{d\overrightarrow{p}}{dt} = lim_{dt\to 0}\frac{\Delta\overrightarrow{p}_{dt,plaque}}{dt}$ • D'après Q.27 : $n^*_\gamma = \frac{I}{cE_\gamma}$ • $\overrightarrow{F}_{photons\to plaque} = \frac{2I}{c}S\overrightarrow{e}_z$ • $p = \frac{2I}{c}$ • BONUS si idem Q.25 • BONUS si cohérent car pression selon $+\overrightarrow{e}_z$ (sauf si déjà compté en Q.25)			$2.5_{(+1)}$
Q.32	• BONUS si schéma • $\|\|\overrightarrow{F_e}\|\| = eE_0 \gg m_e g \Rightarrow E_0 \gg \frac{m_e g}{e}$ • $E_0 \gg 5.6\times 10^{-11}\ V.m^{-1}$			$1_{(+0.5)}$
Q.33	• $\langle\overrightarrow{F}\rangle_T = -eE_m(x)\langle\cos(\omega t)\rangle_T\overrightarrow{e_x} = \overrightarrow{0}$			0.5
Q.34	• PFD à un électron selon $\overrightarrow{e}_x$: $m_e\frac{dv}{dt} = -eE_0\cos(\omega t)$ • Avec la notation complexe : $\underline{V}_m = \frac{jeE_0}{m_e\omega}$ • $V_m = \frac{eE_0}{m_e\omega}$ et $\varphi_v = \frac{\pi}{2}$			1.5
Q.35	• Utilisation de la notation complexe $\underline{V}_m = j\omega\underline{X}_m$ (ou réelle : $v = \frac{dx}{dt}$) • $X_m = \frac{eE_0}{m_e\omega^2}$ et $\varphi_x = 0$ • BONUS si cohérent avec Q.37			$1.5_{(+0.5)}$
Q.36	• α s'exprime en $V.m^{-2}$ • $\overrightarrow{grad}(E_m^2) = 2\alpha(E_0+\alpha x)\overrightarrow{e_x}$ • si $\|\alpha x\| \ll E_0$, alors $\overrightarrow{grad}(E_m^2) \simeq 2\alpha E_0\overrightarrow{e_x}$			1.5
Q.37	• Schéma • Force électrique $\overrightarrow{F}_e = -eE_m(x)\overrightarrow{e}_x$ de norme plus grande en $+X_m$ • Force moyenne non nulle et orientée selon $-\overrightarrow{e}_x$			1.5
Q.38	• $\overrightarrow{F} = -eE_m(x)\overrightarrow{e_x} = -e\left[E_0\cos(\omega t) + \alpha\frac{eE_0}{m_e\omega^2}\cos^2(\omega t)\right]\overrightarrow{e_x}$ • $\langle\overrightarrow{F}\rangle_T = -\alpha\frac{e^2E_0}{2m_e\omega^2}\overrightarrow{e_x}$ • BONUS si cohérent avec Q.37 car selon $-\overrightarrow{e}_x$			$1_{(+0.5)}$
Q.39	• D'après Q.36, $\overrightarrow{grad}(E_m^2) \simeq 2\alpha E_0\overrightarrow{e_x}$, et on a bien $\overrightarrow{f}_p = -\frac{e^2}{4m_e\omega^2}\overrightarrow{grad}(E_m^2)\overrightarrow{e_x}$			0.5
Q.40	• TEC à un électron : $\Delta E_c = W(\overrightarrow{f}_p) = f_pD$ • $f_p = \frac{\Delta E_c}{D} = 1.6\times 10^{-8}\ N$ • BONUS si force faible, donc réalisable a priori			$1_{(+0.5)}$
Q.41	• $I = \frac{4P}{\pi d^2}$ • Or d'après Q.9, $I = \varepsilon_0 cE_0^2/2$ • $E_0 = \sqrt{\frac{8P}{\pi d^2\varepsilon_0 c}}$ • $E_0 = 9{,}8\times 10^{12}\ V.m^{-1}$ • BONUS si champ extrêmement intense, capable d'ioniser l'air puisque $E_0 > E_{disruptif} = 10^6\ V.m^{-1}$ (cohérent avec plasma) • $\alpha = \sqrt{\frac{2m_e\omega^2 f_p}{e^2E_0}}$ • $\alpha = 1{,}7\times 10^8\ V.m^{-2}$			$2.5_{(+0.5)}$
	Total			38.5

	PHYSIQUE - Problème 3 : Communication avec un satellite relais (d'après CCS-MP-2022)	élève	prof	max
Q.19	• terme magnétique négligeable car particules non relativistes $v \ll c$ • utilisation de $\Vert\overrightarrow{B}\Vert = \frac{\Vert\overrightarrow{E}\Vert}{c}$			1
Q.20	• BONUS si modèle de Drude • $\underline{\overrightarrow{v_e}} = \frac{-e}{m_e i\omega}\underline{\overrightarrow{E}}$ • $\underline{\overrightarrow{v_c}} = \frac{e}{m_c i\omega}\underline{\overrightarrow{E}}$ • $\underline{\overrightarrow{v_e}} \gg \underline{\overrightarrow{v_c}}$ car $m_e \ll m_c$			1.5(+0.5)
Q.21	• $\underline{\overrightarrow{j}} = \rho_e\underline{\overrightarrow{v_e}} + \rho_c\underline{\overrightarrow{v_c}}$ • $\underline{\overrightarrow{j}} \simeq -en_e\underline{\overrightarrow{v_e}}$ car $\underline{\overrightarrow{v_e}} \gg \underline{\overrightarrow{v_c}}$ • analogie avec la loi d'Ohm locale • $\underline{\gamma} = -i\frac{n_e e^2}{m_e\omega}$			2
Q.22	• $\langle\mathcal{P}_V\rangle = \frac{1}{2}\mathcal{R}e\left(\underline{\overrightarrow{j}}\cdot\underline{\overrightarrow{E}}^*\right)$ • $\langle\mathcal{P}_V\rangle = 0$ • BONUS si charges et $\overrightarrow{E}$ vibrent en quadrature			1(+0.5)
Q.23	• Eq. de Maxwell dans le plasma avec $\rho = 0$ car neutre • $\overrightarrow{\Delta}\underline{\overrightarrow{E}} = \mu_0\underline{\gamma}\frac{\partial\underline{\overrightarrow{E}}}{\partial t} + \mu_0\epsilon_0\frac{\partial^2\underline{\overrightarrow{E}}}{\partial t^2}$			1
Q.24	• démo de $\underline{k}^2 = \frac{\omega^2-\omega_p^2}{c^2}$ • BONUS si relation de dispersion • $\omega_p = \sqrt{\frac{n_e e^2}{m_e\epsilon_0}}$			1(+0.5)
Q.25	• si $\omega < \omega_p$, $\underline{k} = -i\frac{\sqrt{\omega_p^2-\omega^2}}{c}$ • justification du signe de $k'' = \mathcal{I}(\underline{k})$ avec énoncé ou non divergence des champs • $\overrightarrow{E} = E_0 e^{-x/\delta_p}cos(\omega t)\overrightarrow{u}_y$ • $\delta_p = \frac{c}{\sqrt{\omega_p^2-\omega^2}}$ • BONUS si onde stat. évanescente • cartésiennes + pseudo-OPPH $\Rightarrow$ relation de structure valable • $\overrightarrow{B} = \frac{E_0}{\omega\delta}e^{-x/\delta_p}sin(\omega t)\overrightarrow{u}_z$			3(+0.5)
Q.26	• courbe avec décroissance exponentielle • tangente à l'origine avec δ • $\overrightarrow{E}$ et $\overrightarrow{B}$ en quadrature			1.5
Q.27	• $\langle\overrightarrow{\pi}\rangle = \overrightarrow{0}$ • BONUS si cohérent avec onde stationnaire			0.5(+0.5)
Q.28	• si $\omega > \omega_p$, $\underline{k} = \pm\frac{\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}{c}$ • justification de $k' > 0$ avec énoncé ou avec sens de propagation • $\overrightarrow{E} = E_0 cos\left(\omega t - \frac{\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}{c}x\right)\overrightarrow{u}_y$ • $\overrightarrow{B} = E_0\frac{\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}{\omega c}cos\left(\omega t - \frac{\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}{c}x\right)\overrightarrow{u}_z$ • $\langle\overrightarrow{\pi}\rangle = \frac{E_0^2}{2\mu_0\omega c}\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}\overrightarrow{u}_x$ • BONUS si cohérent car $\parallel \overrightarrow{k'}$			2.5(+0.5)
Q.29	• $v_\varphi = \frac{\omega}{k'} = \frac{\omega c}{\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}$ • v_φ dépend de ω donc milieu dispersif • $v_g = \frac{d\omega}{dk'} = \frac{c\sqrt{\omega^2-\omega_p^2}}{\omega}$ • tracé des courbes • $v_\varphi > c$ mais pas de réalité physique seule • $v_g < c$ car vitesse de propagation de l'information et de l'énergie			3
Q.30	• altitude satellite géostat $\simeq$ 36 000 km • ω_p dépend de l'altitude • l'onde doit traverser toute l'ionosphère $\Rightarrow$ $\forall\ h$ <36 000 km $\omega > \omega_p(h)$ • $\omega > \omega_{p,max} = \sqrt{\frac{n_{e,max}e^2}{m_e\epsilon_0}}$ • $n_{e,max} = 0.8\times 10^{13}\ m^{-3}$ • $f > 0.03\ GHz$ • domaine radio • BONUS si cohérent car AM (100 kHz) ne passe pas et FM (100 MHZ) passe			3.5(+0.5)
	Total			21.5

TOTAL			73