

DS 6 MP1 - Barème

	👉	👍	👍👍
Connaissance du cours			
Quantité de questions traitées			
Rigueur de la rédaction			
Utilisation de schémas			
Soin de la rédaction			
Commentaires pertinents			

	CHIMIE : Étude de l'alliage 2024 (Centrale MP 2015)	élève	prof	max
A.1)a)	- Schéma sites O • $R_O = (\sqrt{2} - 1) R(\text{Al}) = 59 \text{ pm}$ - Schéma sites T • $R_T = (\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} - 1) R(\text{Al}) = 32 \text{ pm}$			2
A.1)b)	$R(\text{Cu}) = 128 \text{ pm} > R_O$ et $> R_T$ • Alliage de substitution			1
A.2)a)	2 Cu • 4 Al • Al_4Cu_2 ou Al_2Cu			1.5
A.2)b)	• • Coordination 8			1
A.2)c)	$\rho = \frac{4M_{\text{Al}} + 2M_{\text{Cu}}}{N_a \times a^3}$ • $\rho = 4,12 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$			1
B.1)a)	Augmente surface contact entre réactifs			0.5
B.1)b)	- Calcul no espèces • Placement horizontal correct $A \rightarrow \text{Al}_{(\text{aq})}^{3+}$; $B \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$; $C \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_{4(\text{aq})}^-$; $D \rightarrow \text{Al}_{(s)}$			1.5
B.1)c)	- Limite apparition $K_s = [\text{Al}^{3+}] [\text{HO}^-]^3$ et $[\text{Al}^{3+}] = C$ • pH = 4 - BONUS si remarque compatible avec frontière			1(+0.5)
B.1)d)	$2\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^- = \text{Cu}_2\text{O}_{(s)} + 2\text{H}^+$ - Écriture Nernst et p = +0,06 V/pH			1
B.1)e)	- Al pas stable dans l'eau et Cu stable • Si pH > 11 Al oxydé en $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ H_2 vient de réduction de H^+ $2 \text{Al}_{(s)} + 6 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- = 2 \text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{H}_{2(g)}$			2
B.1)f)	- pH > 11, Al sous forme $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ dissout - Cu sous forme solide $\Rightarrow$ On peut les séparer - En milieu neutre, Al sous forme $\text{Al}(\text{OH})_{3(s)}$ difficile à séparer de Cu			1.5
B.1)g)	Accélère la réaction			0.5
B.2)	- Demi-eq élec. • $2 \text{NO} + 3 \text{Cu} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NO}_3^- + 8 \text{H}^+ + 3 \text{Cu}^{2+}$ - Totale car $\Delta E^\circ > 0,25 \text{ V}$			1.5
B.3)a)	- Demi-eq élec. • Comb. lin. Enthalpie libres électrochimiques $K^\circ = \exp(\frac{2F(E_1^0 - E_2^0)}{RT})$ • $K^\circ = 10^{18} \gg 1 \Rightarrow$ réaction totale			2
B.3)b)	$n(\text{Cu}) = n(\text{Cu}^{2+}) = 2n(\text{I}_2)$ • $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})_{\text{eq}} = 2n(\text{I}_2)$ $n(\text{Cu}) = CV$ • $n(\text{Cu}) = 6,25 \times 10^{-4} \text{ mol}$ • $p = \frac{mn(\text{Cu})M(\text{Cu})}{m} = 3,97 \%$			2.5
B.3)c)	La structure cristal pas uniforme : répéter expérience			0.5
Total				21

	PHYSIQUE : La chasse au p�ritio (d'après Centrale - MP - 2023)	�l�ve	prof	max
Q.1	• Eq de Maxwell • Eq de Maxwell dans le vide ($\rho = 0$ et $\vec{j} = \vec{0}$)			1
Q.2	• calcul de $\vec{rot}(\vec{rot}\vec{E})$ • démo de D'Alembert : $\Delta\vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$			1
Q.3	• Propagation selon $+\vec{u}_x$ si $k > 0$ • Polarisation rectiligne selon $\vec{u}_y$ • En injectant $\vec{E}$ dans D'Alembert, $k = \frac{\omega}{c}$			1.5
Q.4	• Conducteur parfait tel que $\gamma \rightarrow \infty$ • $\vec{E}_{m�tal\ parfait} = \vec{0}$ • BONUS si mention de l'épaisseur de peau $\delta_{m�tal\ parfait} = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}} \rightarrow 0$			1(+0.5)
Q.5	• Rel. de passage avec $\vec{E}_i$ seulement $\Rightarrow E_0 \exp(i\omega t) = 0, \forall t \Rightarrow \text{imp. car } E_0 \neq 0$ • rel. de dispersion dans le vide $\Rightarrow k' = k = \frac{\omega}{c}$ • (MG) ou onde transverse dans le vide $\vec{E}_{0r} = \underline{E}_{0ry} \vec{u}_y + \underline{E}_{0rz} \vec{u}_z$ avec $\underline{E}_{0rx} = 0$ • $\vec{E}_{tot}(x=0, t) = \vec{0} = \vec{E}_i(x=0, t) + \vec{E}_r(x=0, t)$ • Projection sur $\vec{u}_z \Rightarrow \underline{E}_{0rz} \exp(i\omega t) = 0, \forall t \Rightarrow \underline{E}_{0rz} = 0$ • Projection sur $\vec{u}_y \Rightarrow E_0 \exp(i\omega t) = -\underline{E}_{0ry} \exp(i\omega t), \forall t \Rightarrow \underline{E}_{0ry} = -E_0$ • $\vec{E}_r = -E_0 \exp(i(\omega t + kx)) \vec{u}_y \Rightarrow \text{propag. selon } -\vec{u}_x \text{ et pol. rect. selon } \vec{u}_y$			3.5
Q.6	• $\vec{E}(M, t) = 2E_0 \sin(kx) \sin(\omega t) \vec{u}_y$ • $\vec{B}_i(M, t) = \frac{E_0}{c} \vec{u}_z \exp(i(\omega t - kx))$ et $\vec{B}_r(M, t) = \frac{E_0}{c} \vec{u}_z \exp(i(\omega t + kx))$ • $\vec{B}(M, t) = 2\frac{E_0}{c} \cos(kx) \cos(\omega t) \vec{u}_z$ • BONUS si cohérent car $\ \vec{B}\ = \frac{\ \vec{E}\ }{c}$ • onde stationnaire			2(+0.5)
Q.7	• Annulation de $\vec{E}$ pour $x = \frac{n\pi}{k}$ avec $n \in \mathbb{Z}$ • Entre deux annulations $\Delta x = \frac{\pi}{k} = \frac{\lambda}{2}$ • Lecture courbe $\Rightarrow \lambda = 2.75 \text{ cm}$ • BONUS si mesure en exploitant $L = 4\Delta x$ et pas un seul Δx car plus précis • Dans le vide $f = \frac{c}{\lambda} = 10.90 \text{ GHz}$			2(+0.5)
Q.8	• Incertitude-type sur chaque mesure de $x : u(x) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \text{ mm}$ • BONUS si présence du facteur $1/\sqrt{3}$ • $u(L = x_i - x_j) = \sqrt{u(x_i)^2 + u(x_j)^2} = \sqrt{2}u(x)$ • $u(L) = 0.41 \text{ mm}$ et $u(\lambda) = u(L)/2 = 0.21 \text{ mm}$ (Ok si bon ordre de grandeur) • $f = c/\lambda \Rightarrow u(f)/f = u(\lambda)/\lambda$ • $u(f) = 0.08 \text{ GHz}$ (Ok si bon ordre de grandeur) • Z-score : $Z = \frac{f_{cons} - f_{mes}}{\sqrt{u(f_{cons})^2 + u(f_{mes})^2}}$ • $Z = 0.17$ (Ok si bon ordre de grandeur) • $Z < 2$ donc valeur mesurée compatible avec le constructeur • BONUS si compatibilité car les intervalles de confiance se recouvrent			4(+1)
Q.9	• Utilisation de la relation de passage pour $\vec{B}$ en $x = 0$ • $\vec{j}_s = \frac{2E_0}{\mu_0 c} \cos(\omega t) \vec{u}_y$ • BONUS si on vérifie bien que $\vec{j}_s \parallel \vec{E}_i$ • $\vec{j}_s$ est la source de $\vec{E}_r$			1.5(+0.5)
Q.10	• Cas n� 1 : le champ incident peut créer $\vec{j}_s \Rightarrow \vec{E}(x, t) = \vec{0}$ si $x > 0$ • Cas n� 2 : le champ incident ne peut pas créer $\vec{j}_s$ et $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{u}_y$ • Cas n� 3 : projection sur les deux composantes, puis sélection • $\vec{E} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t - kx) \vec{u}_\perp$ où $\vec{u}_\perp$ est unitaire et $\perp$ aux barreaux • $\vec{E} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t - kx) \frac{[\vec{u}_y + \vec{u}_z]}{\sqrt{2}}$			2.5
Q.11	• Grille = polariseur pour les ondes centimétriques			0.5
Q.12	• $n_e = n_c$ • $\rho = en_c - en_e = 0$			1
Q.13	• PFD à un électron (modèle de Drude) $\Rightarrow m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E}$ • $\vec{j} = -ne\vec{v}$ car cations immobiles • Passage en complexe $\Rightarrow \underline{\theta}_B = \frac{ne^2}{im\omega}$			1.5

Q.14	Méthode 1 : $\vec{\text{rot}}(\vec{\text{rot}}\vec{E}) \Rightarrow \Delta \vec{E} = \mu_0 \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$ - Passage en complexe $\Rightarrow -\underline{k}^2 = \frac{\mu_0 n e^2}{m} - \frac{\omega^2}{c^2}$ • $\underline{k}^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2}$ avec $\omega_p = \sqrt{\frac{n e^2}{m \epsilon_0}}$ Méthode 2 : - Passage des équations de Maxwell en complexe (MF) dans (MA) et utilisation de $\vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b})$ (MG) $\Rightarrow -\underline{k}^2 = \frac{\mu_0 n e^2}{m} - \frac{\omega^2}{c^2}$ • $\underline{k}^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2}$ avec $\omega_p = \sqrt{\frac{n e^2}{m \epsilon_0}}$			1.5
Q.15	• Propagation si $\underline{k}^2 > 0$, soit si $\omega > \omega_p$			0.5
Q.16	$v_\varphi = \frac{\omega}{k}$ pour $\omega > \omega_p$ • $v_\varphi = c \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}}$ - BONUS si mention de $v_\varphi > c$			1(+0.5)
Q.17	$f_p = 89 \text{ Hz}$ • Pour $f \simeq 1 \text{ GHz}$, $\left(\frac{f_p}{f}\right)^2 \approx 10^{-14} \ll 1$ $\frac{L}{v_\varphi} = \frac{L}{c} \times \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2} \approx \frac{1}{c} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\omega_p^2}{\omega^2}\right)$ - Avec $\omega = 2\pi f$, on obtient $t(f) = A \frac{\text{DM}}{f^2}$ avec $A = \frac{e^2}{8\pi^2 m_e c \epsilon_0}$			2
Q.18	• $A = 1,34 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ • Unité correcte			1
Q.19	$t(f) = \frac{L}{c} - A \frac{\text{DM}}{f^2} \Rightarrow$ retard temporel plus grand pour les hautes fréquences - Accord avec la courbe puisque les hautes fréquence arrivent après les basses			1
Q.20	- Pour deux points $t(f_2) - t(f_1) = A \times \text{DM} \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2}\right)$ $\text{DM} = \frac{t(f_2) - t(f_1)}{A \left(\frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2}\right)}$ • $\text{DM} \simeq 1,14 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$ (ODG OK) $1 \text{ pc} \cdot \text{cm}^{-3} = 3,086 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}$ • $\text{DM} = 3,7 \times 10^2 \text{ pc} \cdot \text{cm}^{-3}$ (ODG OK)			2.5
Q.21	• Origine extra-galactique possible			0.5
Q.22	- Continuité de la composante tangentielle de $\vec{E}$ au niveau des parois du four $\vec{E}$ nul dans les parois métalliques $E_x(y=0) = E_x(y=b) = E_x(z=0) = E_x(z=d) = 0$ • $k_y b = n\pi$ • $k_z d = \ell\pi$ $E_y(x=0) = E_y(x=a) = E_y(z=0) = E_y(z=d) = 0$ • $k_x a = m\pi$ $E_z(x=0) = E_z(x=a) = E_z(y=0) = E_z(y=b) = 0$ - valeurs discrètes : $k_x = \frac{m\pi}{a}$, $k_y = \frac{n\pi}{b}$ et $k_z = \frac{\ell\pi}{d}$ avec $(n, m, \ell) \in \mathbb{Z}^3$			4.5
Q.23	- On injecte $\vec{E}$ dans D'Alembert $\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$ $f_{m,n,\ell} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{\ell}{d}\right)^2}$			1
Q.24	- Zones bleues $\leftrightarrow$ zones chaudes $\leftrightarrow$ puissance max cédée - puissance cédée $\propto \langle E^2 \rangle$ • Selon x : 3 maximas $\Rightarrow m = 3$ - Selon y : 2 oscillations complètes $\Rightarrow n = 2$ - Selon z : 3 oscillations complètes $\Rightarrow \ell = 3$ $f_{323} = 2,45 \times 10^9 \text{ Hz}$ en accord avec les données $E_x(a/2, y, 0) = 0$, $E_y(a/2, y, 0) = 0$ et $E_z(a/2, y, 0) = -E_3 \sin\left(\frac{2\pi y}{b}\right) \cos(\omega t)$ - D'après la figure 8.b), pas de point chaud en $x = a/2$ et en $z = 0$ - Or $\langle E^2(a/2, y, 0) \rangle = \frac{1}{2} E_3^2 \sin^2\left(\frac{2\pi y}{b}\right) \neq 0 \Rightarrow E_3 = 0$ $E_x(a/2, 0, z) = 0$, $E_y(a/2, 0, z) = -E_2 \sin\left(\frac{3\pi z}{d}\right) \cos(\omega t)$ et $E_z(a/2, 0, z) = 0$ - D'après la figure 8.b), $\exists$ 3 point chaud en $x = a/2$ et en $y = 0$ - Or $\langle E^2(a/2, 0, z) \rangle = \frac{1}{2} E_2^2 \sin^2\left(\frac{3\pi z}{d}\right)$ admet bien 3 maximas sur $[0; d] \Rightarrow \text{OK}$ - BONUS si $\vec{E}$ possède une composante normale non nulle en $y = 0 \Rightarrow \exists \sigma$			6(+0.5)

Q.25	• (MF) $\Rightarrow \vec{B} = \frac{n\pi}{a\omega} E_0 \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \cos(\omega t) \vec{u}_z$ • BONUS si plane et stationnaire • D'Alembert $\Rightarrow \omega = \frac{nc\pi}{a}$ • $\vec{B} = B_0 \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \cos(\omega t) \vec{u}_z$ • $B_0 = \frac{E_0}{c}$			2(+0.5)
Q.26	• $u_{em} = \frac{\varepsilon_0 E^2(x,t)}{2} + \frac{B^2(x,t)}{2\mu_0}$ • $u_{em} = \frac{B_0^2}{2\mu_0} [\sin^2\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin^2(\omega t) + \cos^2\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \cos^2(\omega t)]$ • $W(t) = \int_0^a u_{em} S \, dx$ • $W = \frac{B_0^2 S a}{4\mu_0}$ • Énergie constante car pas de dissipatif			2.5
Q.27	• (MA) $\Rightarrow \frac{\ \vec{j}_{dl}\ }{\ \vec{j}\ } \sim \frac{2\pi\varepsilon_0 f}{\sigma}$ en ordre de grandeur • $\frac{\ \vec{j}_{dl}\ }{\ \vec{j}\ } \ll 1 \Rightarrow f \ll \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} = 2,7 \times 10^{16} \text{ Hz}$ • Condition largement vérifiée ici $\Rightarrow$ (MA) devient $\vec{\text{rot}}\vec{B} = \mu_0 \vec{j}$			1.5
Q.28	• $\vec{\text{rot}}(\vec{\text{rot}}\vec{B}) \Rightarrow \Delta\vec{B} = \mu\sigma \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ • Irréversible car éq. modifiée si $t \rightarrow -t$ • Equation de diffusion (thermique ou particulaire)			1.5
Q.29	• Dans l'éq. précédente $\frac{df}{dx} - i\omega\mu_0\sigma f(x) = 0$ • Eq. carac. $r^2 - i\omega\mu_0\sigma = 0$ • $r_{1,2} = \pm \frac{1+i}{\delta}$ avec $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\sigma}}$ • $\underline{f}(x) = \underline{A}_1 e^{(1+i)x/\delta} + \underline{A}_2 e^{-(1+i)x/\delta}$ • $\underline{A}_1 = 0$ pour éviter que $\underline{f}$ ne diverge en $x \rightarrow \infty$ • Continuité en $x = 0 \Rightarrow \underline{f}(0) = \underline{A}_2 = B_0$ • $\underline{f}(x) = B_0 e^{-(1+i)x/\delta}$			3.5
Q.30	• $\vec{B}(x,t) = \text{Re} [\vec{\underline{B}}(x,t)] = B_0 e^{-x/\delta} \cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right) \vec{u}_z$ • δ est la profondeur de peau			1
Q.31	• $p(M,t) = \vec{j}(M,t) \cdot \vec{E}(M,t) = \sigma \vec{E}(M,t)^2 = \frac{j(M,t)^2}{\sigma}$			0.5
Q.32	• (MA) $\Rightarrow \vec{j}(x,t) = \frac{1}{\mu_0} \vec{\text{rot}}\vec{B} = -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial B}{\partial x} \vec{u}_y$ • $\vec{j}(x,t) = \frac{B_0}{\mu_0 \delta} e^{-x/\delta} [\cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right) - \sin\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)] \vec{u}_y$ • $p(x,t) = \frac{B_0^2}{\mu_0^2 \delta^2 \sigma} e^{-2x/\delta} [1 - 2\cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right) \sin\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)]$ • $\langle p(x) \rangle = \frac{B_0^2}{\mu_0^2 \delta^2 \sigma} e^{-2x/\delta}$ • $P_1 = \int_0^{+\infty} \langle p(x) \rangle S \, dx = \frac{SB_0^2}{2\mu_0^2 \sigma \delta}$ • $\delta = 8.3 \mu\text{m}$ • Intégration jusqu'à l'∞ car $\delta \ll$ épaisseur des parois métalliques • Pour les deux parois et en remplaçant $\sigma \Rightarrow P = \frac{SB_0^2 \omega \delta}{2\mu_0}$			4
Q.33	• Énergie dissipée pendant une période $\mathcal{E}_{\text{diss}} = PT = \frac{2\pi}{\omega} \frac{SB_0^2 \omega \delta}{2\mu_0}$ • $Q = 2\pi \frac{W}{\mathcal{E}_{\text{diss}}} = \frac{a}{2\delta}$			1
Q.34	• $\delta = 8,3 \mu\text{m}$ • $Q_{\text{four}} = 2,2 \times 10^4$ • BONUS si $Q \gg 1 \Rightarrow$ atténuation faible			1(+0.5)
Q.35	• Entre t et $t+T$: $W(t+T) - W(t) = -\varepsilon_{\text{diss}} = -2\pi \frac{W(t)}{Q}$ • $\frac{dW}{dt} + \frac{\omega}{Q} W(t) = 0$ • $W(t) = W(0) e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{Q}{\omega}$			1.5
Q.36	• $\tau = 1,4 \mu\text{s}$ • Trop faible $\Rightarrow$ ne permet pas d'expliquer les pèritios			1
Total				64.5

TOTAL

		85.5
--	--	------