

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX**

**SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES**

**Sous-épreuve spécifique à chaque option**

**Option B : Traitements de surface**

**- U4.3B -**

SESSION 2024

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

**CORRIGÉ**

## Exercice 1 – Conception des circuits imprimés (PCB) – 12,5 points.

A. Choix du matériau constituant les pistes		5,5 points
1.	Corrosion galvanique et corrosion électrolytique.	2 x 0,25
2.	Règle du gamma ou comparaison des potentiels standard des deux métaux et de celui de H <sup>+</sup> pour dire que H <sup>+</sup> attaque le fer mais pas le cuivre.	0,5
3.	Schéma du montage à trois électrodes avec potentiostat, ampèremètre et voltmètre correctement placés et électrodes de travail en fer et de référence au calomel saturé (ECS) et contre-électrode en platine.	1
4.	Oxydation du fer et réduction de l'eau en milieu acide correctement placées.	2 x 0,25
	Potentiel mixte correctement placé et nommé.	2 x 0,25
5.	Tracé des branches de Tafel mettant en évidence l'abscisse $E = -0,57 \text{ V}$ et l'ordonnée $j_{cor} = 16 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ .	0,5
	$E_M = E + E_{ECS} = -0,33 \text{ V}$	0,25
	Lecture de $j_{cor}$ correcte.	0,25
6.	Vitesse de corrosion du fer :	
	$v = \frac{e_{Fe}}{\Delta t} \quad \text{avec :} \quad e_{Fe} = \frac{m_{Fe}}{\rho_{Fe} S}$	
	et : $\Delta t = \frac{Q}{j_{cor} S}$	
	d'où : $v = \frac{m_{Fe} j_{cor} S}{\rho_{Fe} S Q}$	Démo. 0,5
	d'après la loi de Faraday : $Q = n_e \times F$	0,25
	et d'après la stœchiométrie d'oxydation du fer : $\frac{n_e}{2} = \frac{n_{Fe}}{1}$	0,25
	d'où : $v = \frac{n_{Fe} M_{Fe} j_{cor}}{\rho_{Fe} n_e F} \leftrightarrow v = \frac{M_{Fe} j_{cor}}{\rho_{Fe} 2 F} \leftrightarrow v = \frac{55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 120 \text{ } \mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}}{7,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 2 \times 96500 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}}$	A.N. 0,5
	$v = \frac{55,8 \times 120 \times 10^{-6}}{7,8 \times 10^{-1} \text{ mm}^{-1} \times 2 \times 96500} \times 365 \times 24 \times 3600 \text{ s} \cdot \text{an}^{-1}$	
	donc $v = 1,4 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$	

B. Gravure des pistes		2,5 points
7.	ion trichlorocuprate (I) : $[\text{CuCl}_3]^{2-}$	0,5
	$[\text{CuCl}]^+$ : ion chlorocuivre (II)	0,5
8.	Degré d'oxydation du cuivre : n.o.(Cu) = 0 pour Cu, +I pour $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ et +II pour $[\text{CuCl}]^+$	1

Ici, les deux réactifs contenant du cuivre font intervenir des no(Cu) différents tandis que dans les produits, il n'y a que no(Cu) = +I. Cette réaction n'est pas une dismutation mais une médiamutation.	0,5
<b>C. Revêtements de finition</b>	<b>4,5 points</b>
9. Au cours du dépôt, l'ion hypophosphite $\text{H}_2\text{PO}_2^-$ est oxydé. Justification à l'aide de la demi-équation ou du nombre d'oxydation du phosphore.	2 x 0,25
10. Le nickel est à la fois produit et catalyseur de la réaction.	0,5
11. pH de début de précipitation :  $K_s = [\text{Ni}^{2+}][\text{HO}^-]^2$ $K_s = [\text{Ni}^{2+}] \frac{K_e^2}{[\text{H}^+]^2}$ d'où : $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pc} - \text{p}K_s) + \text{p}K_e = \frac{1}{2}(2 - 16) + 14 = 7$ Lecture correcte de l'abscisse de la frontière verticale.	0,5  0,25
12. $\text{H}_2\text{PO}_3^- + 2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ Nernst : $E = E^\circ + 0,03\log[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{H}_2\text{PO}_3^-] / [\text{H}_2\text{PO}_2^-]$	2 x 0,25
13. Nernst : $E = E^\circ + 0,03\log[\text{H}^+]^2 + 0,03\log[\text{H}_2\text{PO}_3^-] - 0,03\log[\text{H}_2\text{PO}_2^-]$ Après simplification : $E = -0,5 - 0,06 \times \text{pH}$	0,25
14. Tracé correct et espèces positionnées au bon endroit.	3 x 0,25
15. Domaines disjoints ou « règle du gamma » ou équivalent avec prise en compte du pH de travail.	0,75

**Exercice II – Traitement et recyclage des métaux – 7,5 points.**

<b>A. Stabilité des solutions aqueuses d'eau oxygénée</b>		<b>1,5 points</b>
1.	$E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) > E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2)$ donc selon ces valeurs $\text{H}_2\text{O}_2$ est meilleur oxydant que $\text{O}_2$ et $\text{H}_2\text{O}_2$ est meilleur réducteur que $\text{H}_2\text{O}$ donc une réaction de dismutation peut se produire : $\text{H}_2\text{O}_2$ n'est pas stable.	1
2.	La réaction est lente.	0,5
<b>B. Etude de la sélectivité de la 1<sup>e</sup> étape (Step I)</b>		<b>5 points</b>
3.	Puisqu'il s'agit de l'oxydation des métaux, l'eau oxygénée joue le rôle d'oxydant. Le couple mis en jeu sera donc : $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 e^- + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	0,5 0,5
4.	Utilisation de Nernst ou de l'enthalpie libre : $E^\circ([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}/\text{Cu}) = E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - 0,03 \text{ p}K_D = -0,038 \text{ V} = -0,04 \text{ V}$	1,5
5.	$E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ V} > E^\circ([\text{Au}(\text{NH}_3)_4]^{3+}/\text{Au}) = 0,90 \text{ V}$ $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ V} > E^\circ([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+/\text{Ag}) = 0,36 \text{ V}$ $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ V} > E^\circ([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}/\text{Cu}) = -0,04 \text{ V}$ Dans les 3 cas, $\text{H}_2\text{O}_2$ est l'oxydant le plus fort donc dans les 3 cas le métal devrait être oxydé par l'eau oxygénée.	1
6.	En milieu ammoniacal (basique) : <b><math>\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}</math> :</b> $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 \text{OH}^-$ <b><math>[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}/\text{Cu}</math> :</b> $\text{Cu} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2 e^-$ <b>Bilan :</b> $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cu} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2 \text{OH}^-$	1,5 (2 x 0,5 + 0,5 pour milieu basique)
<b>C. 2<sup>e</sup> étape (Step II) et recyclage de l'or</b>		<b>1 point</b>
7.	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{C} - \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{CH}_3 \\ \searrow \text{CH}_3 \end{array} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	0,5
8.	L'or peut être récupéré par électrolyse de la solution	0,5