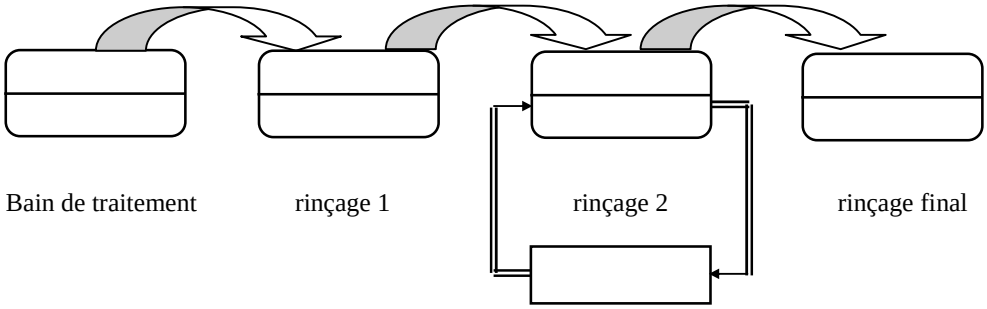
Antilles 09-2007 Exercice n°3 (4points) : TRAITEMENT DES EFFLUENTS INDUSTRIELS

De nombreuses entreprises utilisent des techniques de traitement de surface qui font appel à la métallisation (automobile, outillage...).

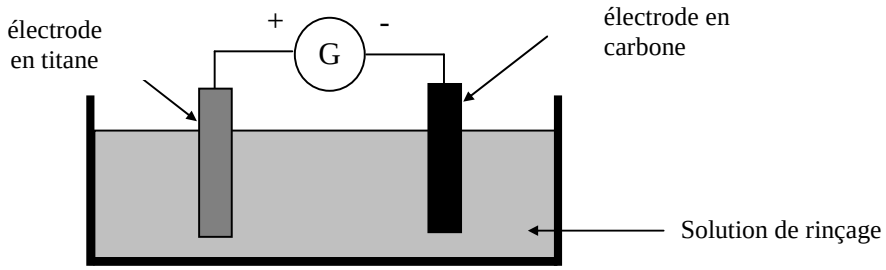
On s'intéresse ici à une technique électrochimique qui vise à respecter la teneur officielle en cuivre dissous dans les effluents qui résultent de ces opérations de rinçage. Le second rinçage s'effectue en circuit fermé. Les eaux de rinçage sont envoyées sur des cellules d'électrodéposition fonctionnant en continu, qui permettent la réutilisation de ces eaux ultérieures.

CHEMINEMENT DES OBJETS MÉTALLISÉS



Cuve à électrodéposition

La cuve à électrodéposition contient une électrode en titane et une électrode en carbone. Ces deux électrodes sont immergées dans la solution de rinçage et sont alimentées par un générateur de courant continu comme le montre le schéma suivant :



1. PRINCIPE

1.1. L'électrodéposition du cuivre est un exemple d'électrolyse. Est-ce une transformation spontanée ?

1.2. Sur quelle électrode s'effectue le dépôt de cuivre métallique ?
Écrire la demi équation électronique correspondante.

1.3. L'autre électrode est également le siège d'une transformation chimique.
Est-ce une oxydation ou une réduction ?

1.4. L'équation d'oxydoréduction globale qui se déroule dans la cellule d'électrodéposition est la suivante :

$$2\ Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ H_2O_{(l)} = O_{2\ (g)} + 4\ H^{+}_{(aq)} + 2\ Cu_{(s)}$$

Écrire la demi équation électronique qui se déroule à l'anode de la cellule, et identifier le couple oxydant/réducteur qui s'y manifeste.

2.FONCTIONNEMENT EN CONTINU

La cellule est capable de ramener la teneur initiale en ion Cu^{2+} C_{mo} = 900,0 mg.L^{-1} à une teneur résiduelle C_{mf} = 30,0 mg.L^{-1} pour une durée de fonctionnement continu égale à 6 heures, délai nécessaire entre deux rinçages successifs.
Le volume de solution traité pendant ce délai est V_0 = 300 L.

2.1. Calculer la masse initiale m_0 d'ions métalliques Cu^{2+} présents dans la solution au début du rinçage.

2.2. Calculer la masse totale de ces mêmes ions, m_f , restant en solution en fin de rinçage, et en déduire la masse m_{Cu} de cuivre métallique s'étant déposé à la cathode.

2.3. Calculer les quantités de matière de cuivre présent sous ses deux formes n_{Cu2+} et n_{Cu} en fin de rinçage.

2.4. Compléter la partie grisée du tableau d'évolution de la transformation donné en **ANNEXE (à rendre avec la copie)**, avec les quantités de matière des espèces chimiques mises en jeu.

2.5. Calculer l'avancement final en fin de rinçage, x_f.

2.6. Compléter la dernière colonne du tableau de **L'ANNEXE**, en vous aidant de la réponse à la question 1.4.

2.7. À partir de ce résultat, exprimer la quantité d'électricité ***Q*** utilisée par la cellule durant toute l'opération.

2.8. En considérant que l'intensité du courant qui alimente la cellule reste constante au cours du temps, exprimer puis calculer cette intensité ***I***.

3.INTÉRÊT PU PROCÉDÉ

Dans l'installation industrielle, deux appareils montés en parallèle sur le circuit des eaux du rinçage 2 assurent cette fonction d'élimination des ions Cu^{2+}. Cela permet, par un dispositif annexe contenant un jeu d'électrodes supplémentaire, de récupérer le dépôt solide de cuivre tout en permettant à l'unité de traitement de fonctionner sans interruption.

Une méthode plus classique consiste à précipiter les ions $Cu^{2+}_{(aq)}$ présents dans les eaux de rinçage sous forme d'hydroxyde de cuivre (II), par ajout d'une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^{+}_{(aq)}$ + $HO^{-}_{(aq)}$) :
La réaction est alors :

$$\mathbf{Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,HO^{-}_{(aq)} = Cu(HO)_{2\,(s)}}$$

3.1. Calculer la masse de précipité d'hydroxyde de cuivre $Cu(OH)_{2(s)}$ produite lors de la précipitation de 4,11 mol d'ions Cu^{2+}. Comparer cette masse avec la masse de cuivre obtenue dans la question 2.2.

3.2. Ce résultat nous permet d'établir une comparaison des deux procédés (électrodéposition et précipitation) sur la base des produits obtenus dans chaque cas.

3.2.1. Quel est le produit obtenu qu'il faudra extraire des eaux de rinçage, puis traiter chimiquement pour le recycler ?

3.2.2. Lequel des deux procédés donne un produit directement utilisable ?

Données : M_{Cu} = 63,5 g.mol^{-1} M_O = 16,0 g.mol^{-1} M_H = 1,0 g.mol^{-1}

Le faraday : 1 F = 9,65 .10^4 C.mol^{-1}

ANNEXE :

		$2\ Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ H_2O_{(l)} = 2\ Cu_{(s)} + O_{2\ (g)} + 4\ H^+_{(aq)}$					
État	Avancement (mol)	Quantités de matières des espèces en jeu (mol)					Quantité d'électrons échangés (mol)
initial	0	n = 4,25	excès	0	0	0	0
intermédiaire	x		excès				
final	x_f		excès				