



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2013

BTS MÉTIERS DE L'EAU

SCIENCES PHYSIQUES – U. 32

SESSION 2013

Durée : 2 heures
Coefficient : 2,5

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

BTS MÉTIERS DE L'EAU		Session 2013
Sciences physiques – U. 32	MTE3SC	Page : 1 /6

Exercice 1 – Élimination du zinc dissous (10,5 points)

Une usine de production de dentifrice renvoie dans ses effluents, avant traitement, du zinc sous forme d'ions Zn^{2+} à une teneur de 5 mg/L. L'industriel désire baisser cette teneur à une valeur inférieure à 0,1 mg/L, par l'intermédiaire d'une station de traitement de l'eau.

Données :

- masses molaires (en g/mol) : $M(Zn) = 65,4$; $M(Na) = 23,1$; $M(O) = 16$; $M(H) = 1$;
- Faraday : $1 F = 96500 C \cdot mol^{-1}$;

À 25 °C :

- produit de solubilité de l'hydroxyde de zinc $Zn(OH)_2$: $K_s = 2 \times 10^{-17}$;
- produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- potentiels standards : $(S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$: 2,08 V ;
 $(H^+ / H_2(g))$ ou $(H_2O / H_2(g))$: 0 V ;
 $(O_2(g) / H_2O)$: 1,23 V ;
 $(Zn^{2+} / Zn(s))$: - 0,76 V ;

L'étude est conduite à 25 °C.

I- Solubilité de l'hydroxyde de zinc

- 1) Écrire l'équation bilan de la réaction de précipitation de l'hydroxyde de zinc.
- 2) Donner l'expression du produit de solubilité de l'hydroxyde de zinc.
- 3) En déduire la solubilité de l'hydroxyde de zinc dans l'eau pure.
- 4) À partir de l'expression du produit de solubilité de l'hydroxyde de zinc, exprimer $\log [Zn^{2+}]$ en fonction de K_s et de $[H_3O^+]$.
En déduire que $\log [Zn^{2+}] = 11,3 - 2 \text{ pH}$.
- 5) On dispose d'un litre d'eau contenant des ions Zn^{2+} à la teneur de 5 mg/L ; la solution est à $\text{pH} = 7$.

5.1) Calculer la concentration molaire en ions Zn^{2+} .

5.2) Donner l'expression littérale puis calculer le quotient réactionnel correspondant à la réaction de dissolution du précipité d'hydroxyde de zinc.
En déduire que l'hydroxyde de zinc ne précipite pas à cette concentration.

5.3) On désire abaisser la teneur en ions Zn^{2+} à 0,1 mg/L.
Calculer le pH pour atteindre cette valeur en utilisant les résultats des questions précédentes.

5.4) Proposer une technique permettant d'atteindre cet objectif.
Cette technique est-elle envisageable dans le cadre d'une station de traitement de l'eau ?

II- Électrolyse d'une solution de sulfate de zinc

Un autre procédé pour diminuer la teneur en zinc, sans avoir l'inconvénient d'obtenir un pH élevé, consisterait à faire une électrolyse. On considère l'eau à traiter comme une solution de sulfate de zinc (II).

1) Bilan thermodynamique de l'électrolyse

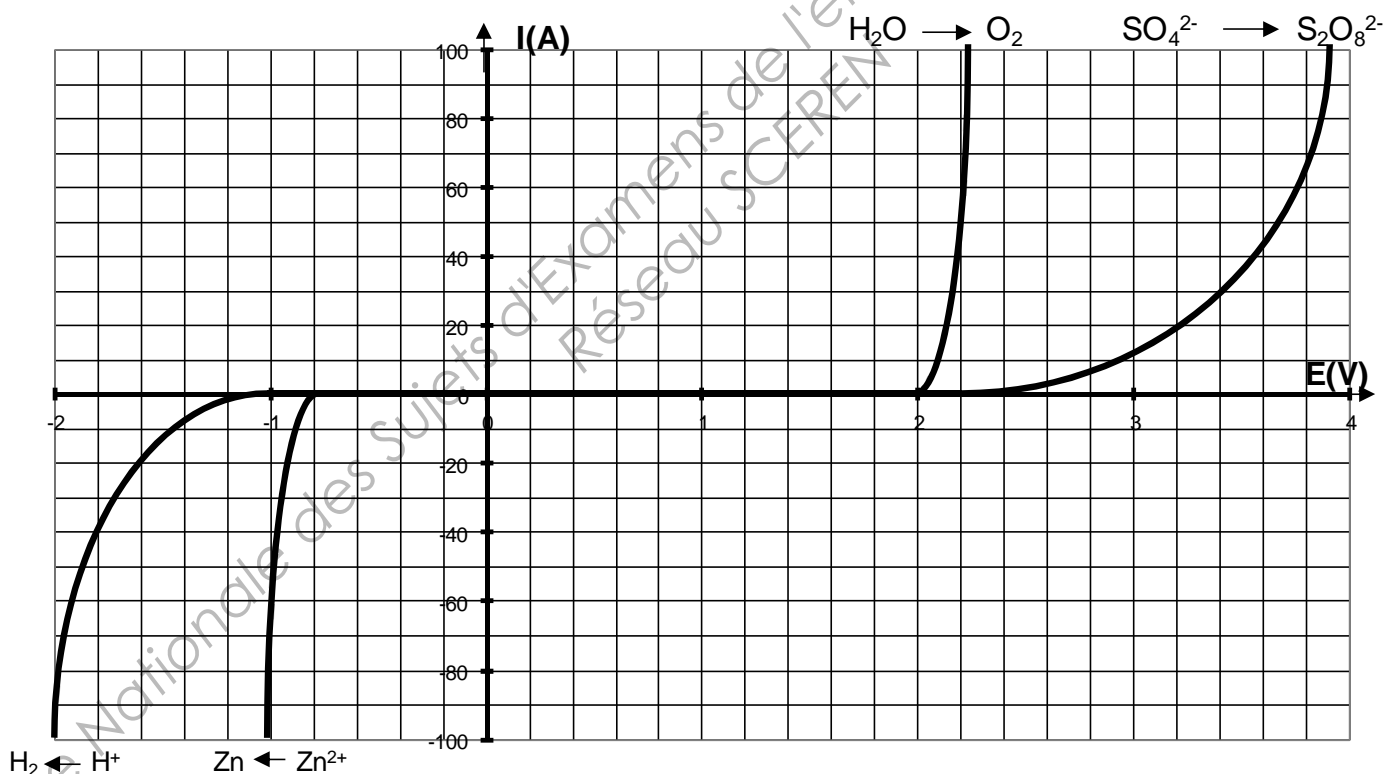
1.1) Faire le bilan de toutes les espèces présentes dans l'eau à traiter.

1.2) Indiquer le couple qui réagit à l'anode et le couple qui réagit à la cathode, en ne considérant que les potentiels standards.

1.3) Écrire les demi-équations des réactions anodique et cathodique, puis l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.

2) Bilan cinétique

On choisit soigneusement la nature des électrodes pour qu'elles soient inattaquables en milieu sulfate : cathode en aluminium et anode en plomb. On obtient les courbes « intensité-potential » suivantes. Elles donnent l'intensité qui circule à travers les électrodes en fonction de la tension qui leur est appliquée :



2.1) On considère la courbe relative au couple $O_{2(g)} / H_2O$. On définit la surtension anodique comme la différence entre le potentiel minimal à appliquer réellement à l'anode pour voir circuler un courant et le potentiel standard de ce couple.

Estimer la surtension anodique pour une intensité proche de 0.

2.2) D'après les courbes « intensité-potentiel », quelle réaction observe-t-on réellement à la cathode pour une intensité proche de 0 ?

2.3) L'électrolyseur est traversé par un courant I de 50 A. Sachant que le courant anodique à la même valeur que le courant cathodique, en déduire une valeur approchée de la tension appliquée entre l'anode et la cathode.

2.4) Si on augmente la tension entre l'anode et la cathode, indiquer les produits qui vont alors se former à la cathode.

3) Bilan matière

On traite par électrolyse une cuve de 100 m³ d'eau dont la teneur initiale en ion Zn²⁺ est de 5 mg/L.

Dans les conditions opératoires mises en œuvre, on suppose que la réaction observée à la cathode concerne exclusivement le couple Zn²⁺_(aq) / Zn_(s).

3.1) En utilisant l'équation de formation du zinc, calculer la quantité de matière d'ions Zn²⁺ à traiter dans la cuve pour obtenir une eau dont la teneur en ion Zn²⁺ est de 0,1 mg/L.

En déduire la quantité de matière d'électrons n_e circulant pour ce traitement.

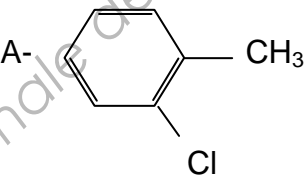
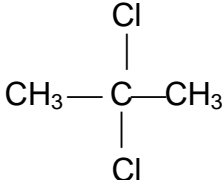
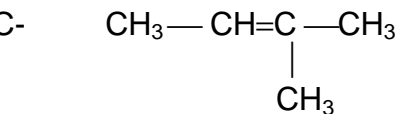
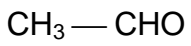
3.2) Donner l'expression de la quantité d'électricité Q en fonction de la quantité de matière d'électrons n_e.

En déduire le temps de traitement nécessaire pour obtenir une eau dont la teneur en ion Zn²⁺ est de 0,1 mg/L avec un courant de 50 A.

Exercice 2 – Polluants organiques (5 points)

On trouve, en aval d'une usine de production et avant traitement, un certain nombre de polluants organiques.

1) Donner le nom de ceux qui suivent :

A- 	B- 
C- 	D- 

2)

2.1) Représenter un isomère du composé A et le nommer.

2.2) Existe-t-il des stéréoisomères du composé C ? Justifier.

2.3) Quel est le nom du groupe fonctionnel du composé D ?

Indiquer un test ou un moyen d'identifier la présence de ce groupe fonctionnel dans le composé D.

3) On procède à un traitement de ces polluants par l'ozone, suivi d'une hydrolyse en milieu réducteur.

Donner les formules semi-développées des produits obtenus par l'oxydation par l'ozone du composé C.

4) Donner le nom et la formule du composé obtenu par oxydation ménagée du composé D.

Exercice 3 – Étude du temps de réponse d'un capteur de pression (4,5 points)

Un capteur est caractérisé, entre autre, par son temps de réponse, sa sensibilité et sa précision.

On étudie un capteur de pression constitué d'un condensateur dont l'écartement des deux armatures soumis aux variations de pression modifie la valeur de la capacité, donc de la tension à ses bornes.

Ce capteur de pression est destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique ; la tension aux bornes du capteur sera notée u_c .

La réponse du capteur est considérée comme linéaire dans le domaine étudié, c'est-à-dire que $C = k \times P$, où k est un facteur de proportionnalité, P , la pression appliquée et C , la capacité du capteur.

Ce capteur de pression est utilisé dans une canalisation afin de réguler la pression de la canalisation. Si la pression dépasse 3 bars, le capteur commandera l'ouverture d'une soupape de sûreté afin de faire redescendre la pression à une valeur inférieure à 3 bars (le circuit de commande ne sera pas étudié ici).

Pour une pression de 3 bars, la capacité du capteur est $C = 3,3 \mu\text{F}$.

Le but de cette étude est de travailler sur le temps de réponse du circuit du capteur et de déterminer la valeur de la résistance R .

Le temps de réponse est le temps nécessaire pour atteindre 99 % de la valeur finale de la tension du capteur après un changement de paramètre.

1) Le capteur de pression est alimenté par un générateur de tension continue de fem E , auquel on associe en série une résistance R .
Donner le schéma électrique du circuit ainsi réalisé.

2) Le condensateur est considéré comme initialement déchargé.
Établir l'équation différentielle satisfaite par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur (capteur).

3) On admettra que la fonction $u_c(t) = A (1 - e^{-t/RC})$ est solution de l'équation différentielle.
Déterminer A en fonction de E .

4) Temps de réponse du capteur

4.1) Exprimer la constante de temps τ du circuit.

Calculer la valeur $u_C(t_1) / A$ au temps $t_1 = 5\tau$.

4.2) En déduire le temps de réponse du circuit du capteur.

4.3) Quelles doivent être les valeurs de τ et de R si l'on veut un temps de réponse t_1 de 5 ms, la capacité prenant la valeur de 3,3 μF ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN