

BTS MÉTIERS DE L'EAU

SCIENCES PHYSIQUES – U. 32

SESSION 2008

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).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

BTS MÉTIERS DE L'EAU		Session 2008
Sciences physiques – U. 32	MTE3SC	Page : 1/5

I. Traitements de l'eau

Les deux parties sont indépendantes.

A. L'élimination des ions phosphate (9 points)

L'élimination des ions phosphate (PO_4^{3-}) des eaux usées peut s'effectuer par une injection régulière de chlorure de fer (III) : FeCl_3 .

1. Écrire la formule de Lewis de l'ion phosphate sachant que le phosphore est lié 5 fois. En déduire sa géométrie d'après la méthode V.S.E.P.R.

On rappelle les numéros atomiques de l'oxygène : $Z = 8$ et du phosphore : $Z = 15$.

2. Quel est le nombre d'oxydation du phosphore dans PO_4^{3-} ?
3. Les espèces phosphatées se présentent sous diverses formes acido-basiques suivant le pH de la solution.
On donne le pK_A de chacun des 3 couples correspondant :
 $\text{pK}_A(\text{H}_3\text{PO}_4 / \text{H}_2\text{PO}_4^-) = 2,1$; $\text{pK}_A(\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}) = 6,7$;
 $\text{pK}_A(\text{HPO}_4^{2-} / \text{PO}_4^{3-}) = 12,3$.

Représenter sur une échelle pH les domaines de prédominance des 4 espèces acido-basiques phosphatées.

4. Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'ion phosphate avec l'ion fer (III).
5. Dans une eau à $\text{pH} = 7,8$, l'espèce prédominante est HPO_4^{2-} .
Justifier simplement pourquoi l'ajout d'une quantité d'ions fer (III) permet l'élimination des différentes espèces phosphatées.
6. Nous cherchons à déterminer la quantité minimale d'ions Fe^{3+} à ajouter à 100 mL d'une eau à traiter, dont la concentration en phosphore (que l'on supposera pour simplifier uniquement sous forme de phosphate) est de $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$, sachant que la norme impose une concentration maximale en phosphore (toujours sous forme de phosphate) égale à $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

On donne les correspondances des concentrations massiques $C_M(\text{P})$ en phosphore :

$$C_M(\text{P}) = 1,6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ correspond à } [\text{PO}_4^{3-}]_{\text{ini}} = 5,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.$$

$$C_M(\text{P}) = 1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ correspond à } [\text{PO}_4^{3-}]_{\text{fin}} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}.$$

6.1. Écrire la relation de conservation de la quantité (en moles) des ions phosphate. En déduire la quantité d'ions phosphate qui doit précipiter pour respecter la norme.

6.2. Donner l'expression du produit de solubilité K_s du phosphate de fer (III) : Fe PO_4 .

Déduire de l'équation écrite à la question 4., la relation entre les quantités d'ions Fe^{3+} et PO_4^{3-} qui précipitent.

Montrer que la quantité (en moles) d'ions Fe^{3+} restant en solution est négligeable par rapport à la quantité d'ions Fe^{3+} ayant précipité.

On donne : $\text{pK}_s = 21,9$.

BTS MÉTIERS DE L'EAU		Session 2008
Sciences physiques – U. 32	MTE3SC	Page : 2/5

6.3. Déduire de ce qui précède la quantité minimale d'ions Fe^{3+} à ajouter pour satisfaire à la norme.

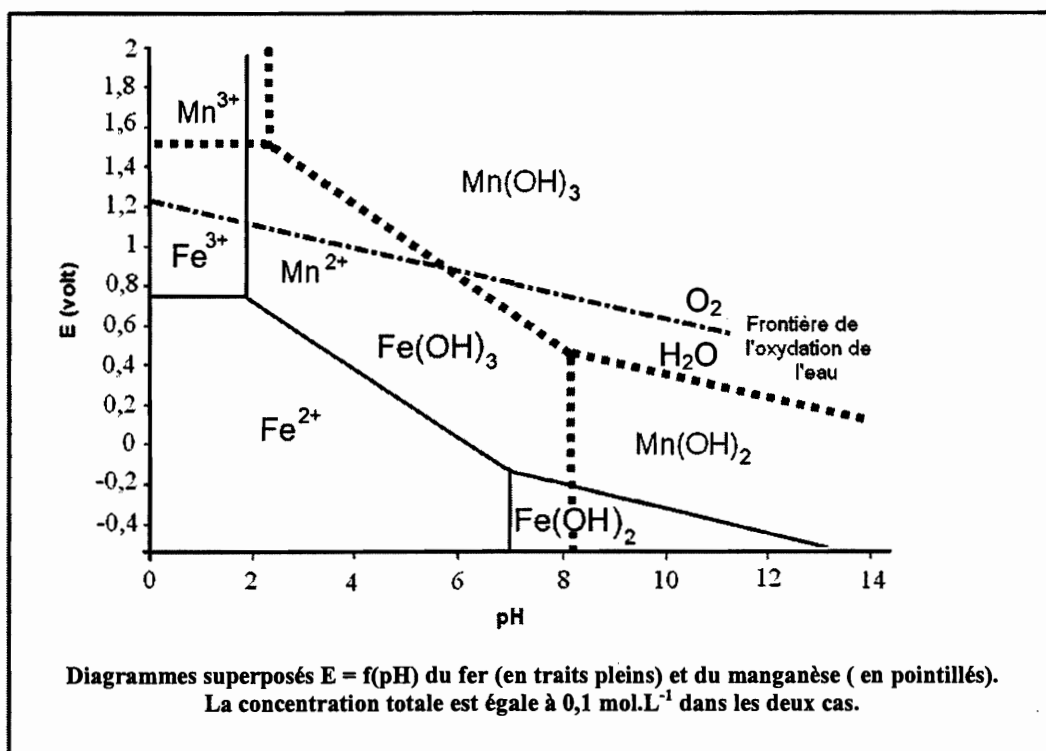
7. Dans la pratique, un technicien sur le terrain ajoute une quantité de Fe^{3+} double de la quantité de phosphate **initialement** présent dans l'effluent pour être certain de satisfaire à la norme précédente. En supposant que 100 m^3 d'eau, dont la teneur en phosphate est de $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$, doivent être traités en trois heures, quel doit être le débit (en L.h^{-1}) d'une pompe qui injecte une solution commerciale de chlorure de fer (III) dont la densité est 1,4 et le pourcentage en masse du chlorure de fer (III) est de 42 % ? (Donnée : masse volumique de l'eau $1,0 \times 10^3 \text{ g.L}^{-1}$.)

La masse molaire du chlorure de fer (III) = $162,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

B. L'élimination du fer et du manganèse dissous (3,5 points)

Les diagrammes de Pourbaix simplifiés du fer et du manganèse sont superposés. Seule la partie supérieure de ces diagrammes a été représentée.

Diagrammes superposés $E = f(\text{pH})$ du fer et du manganèse



1. L'ion manganèse Mn^{2+} est-il oxydable par le dioxygène de l'air à $\text{pH} = 8$? Justifier votre réponse par une lecture du diagramme.
2. L'ion Fe^{2+} est oxydable par le dioxygène de l'air quel que soit le pH. Écrire les demi-équations et l'équation bilan de cette oxydation en milieu basique. On se reportera au diagramme pour déterminer les produits de la réaction.
3. Déduire de ce diagramme la méthode la plus judicieuse et la plus économique pour éliminer les ions Fe^{2+} et Mn^{2+} d'une eau à traiter à $\text{pH} = 8$.

II. Chimie organique (2,5 points)

Soit un acide aminé $H_2N-CHR-COOH$ (R = une chaîne carbonée).

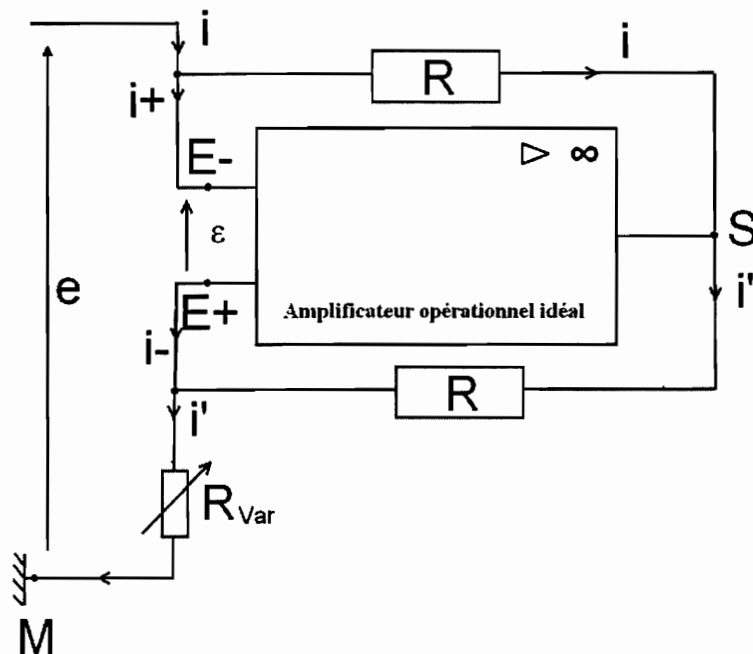
1. Écrire la formule de zwitterion (ou amphion) de cet acide aminé.
2. Pour doser une solution d'acide aminé, la méthode de Van Slyke met à profit la réaction de la fonction amine primaire avec l'acide nitreux (HNO_2).
Il en résulte un dégagement gazeux dont on mesure le volume.
 - 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide aminé ci-dessus avec l'acide nitreux.
Le composé organique résultant possède une fonction acide et une fonction alcool.
 - 2.2. Sachant que 248 mL de diazote sont recueillis pour 100 mL d'une solution d'acide aminé, quelle est la concentration en acide aminé de cette solution ?

Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire des gaz est $24 L \cdot mol^{-1}$.

III. Physique : étude d'un système électrique oscillant (5 points)

1. Système électronique

Le système électronique présenté ci-dessous permet de compenser l'amortissement des oscillations d'un circuit RLC oscillant librement.



- 1.1. Rappeler les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal fonctionnant en régime linéaire.

1.2. Écrire la loi d'additivité des tensions pour la maille : $E + S.E - E +$.

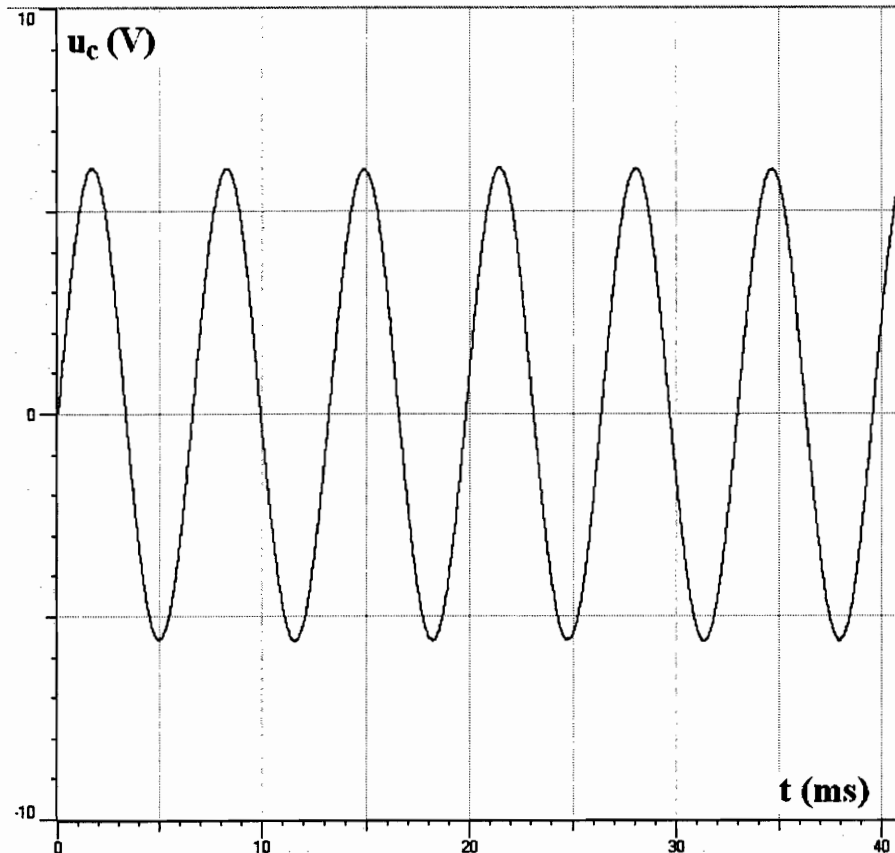
1.3. En déduire que $i = -i'$.

1.4. Montrer que $e = -R_{\text{var}} i$.

2. Circuit oscillant

Ce système électronique branché en série dans un circuit RLC permet d'obtenir les oscillations de u_c représentées sur le graphe ci-dessous.

Le circuit oscille alors avec sa période propre (ou période de résonance) T_0 .



2.1. Mesurer la période propre T_0 des oscillations électriques.

2.2. Sachant que la capacité du condensateur est $C = 1,0 \mu\text{F}$, déduire une valeur approchée de l'inductance de la bobine.