

BTS MÉTIERS DE L'EAU

SCIENCES PHYSIQUES – U. 32

SESSION 2012

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 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BTS MÉTIERS DE L'EAU		Session 2012
Sciences physiques – U. 32	Code : MTE3SC	Page : 1/7

I. Autour de l'élément chlore (12 points)

Les différentes parties sont indépendantes.

Vous pourrez également trouver des questions indépendantes dans chacune des parties.

Données thermodynamiques à 25 °C – température des expériences :

$(RT/F)\ln x = 0,06 \log x$

Potentiels rédox standards:

$\text{HClO}/\text{Cl}_{2\text{aq}} \quad E^\circ_1 = +1,59 \text{ V}$

$\text{HClO}/\text{Cl}^- \quad E^\circ_2 = +1,49 \text{ V}$

$\text{Cl}_{2\text{aq}}/\text{Cl}^- \quad E^\circ_3 = +1,39 \text{ V}$

$\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O} \quad E^\circ_4 = +1,23 \text{ V}$

$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_{2(\text{g})} \text{ ou } \text{H}_{\text{aq}}^+/\text{H}_{2(\text{g})} \quad E^\circ_5 = 0,00 \text{ V}$

$\text{Na}^+/\text{Na}_{(\text{s})} \quad E^\circ_6 = -2,71 \text{ V}$

A. Structure de la matière

1. Sachant que l'élément chlore a pour numéro atomique $Z = 17$, donner la structure électronique de l'atome de chlore.
2. Dans quelle colonne et sur quelle ligne du tableau périodique l'élément chlore se situe-t-il ?
3. Représenter le schéma de Lewis de la molécule de dichlore.

B. Préparation du dichlore par électrolyse d'une « eau salée »

1. L'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium, ou « eau salée » (saumure), permet de produire du dichlore $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ qui se dissout dans l'eau en produisant de l'acide hypochloreux HClO . L'électrolyse est ainsi utilisée pour traiter les eaux de piscines en détruisant algues et bactéries.

- 1.1. Indiquer les formules des espèces chimiques présentes dans la solution de saumure.
 - 1.2. Écrire toutes les demi-équations d'oxydo-réduction possibles à la cathode lors de l'électrolyse de la solution d'eau salée. Pour simplifier, on considérera le milieu comme acide.
 - 1.3. Écrire toutes les demi-équations d'oxydo-réduction possibles à l'anode lors de l'électrolyse de la solution d'eau salée. De même, pour simplifier, on considérera le milieu comme acide.
 - 1.4. Du point de vue thermodynamique, en l'absence de surtension au niveau des électrodes, écrire l'équation de la réaction du bilan de l'électrolyse attendue.
Justifier qu'alors la tension minimale U_0 d'électrolyse vaut $U_0 = 1,23 \text{ V}$.
2. Courbes « intensité-potentiel » – Le **document 1 (page 3/7)** permet de répondre aux questions sans connaissances préalables.

Les courbes « intensité-potentiel » $i = f(E)$ **document 2 (page 3/7)** ont été obtenues pour une eau salée de concentration $C = 4 \text{ g.L}^{-1}$.

DOCUMENT 1

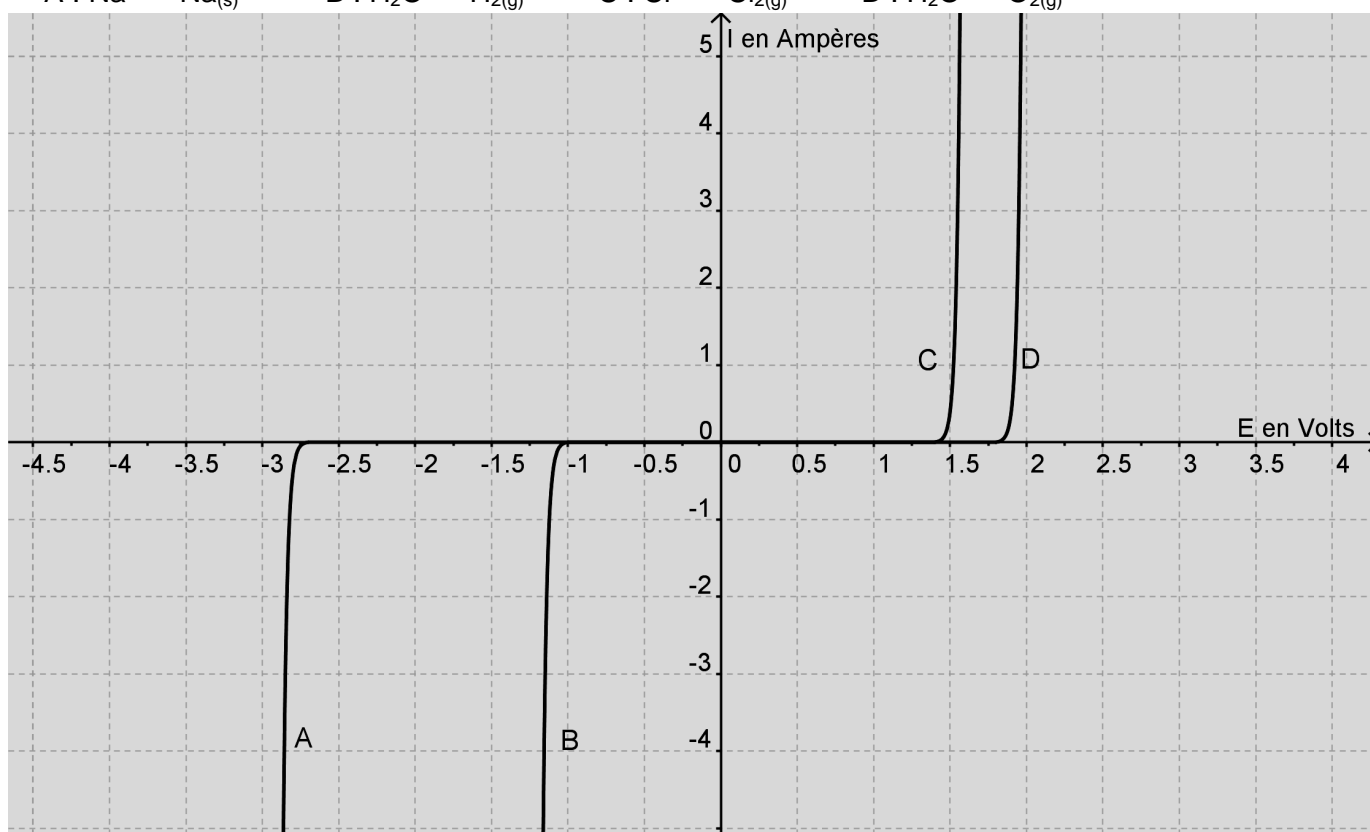
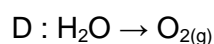
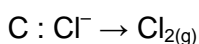
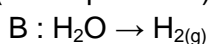
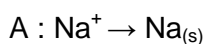
Au cours d'une électrolyse, des réactions d'oxydo-réduction de type $\alpha \text{ oxydant} + n \text{ électrons} = \beta \text{ réducteur}$ sont mises en jeu au niveau des électrodes.

Chaque électrode se polarise, c'est-à-dire qu'elle acquiert un potentiel E différent de celui donné par l'équation de Nernst. La différence $\eta = |E - E_{\text{Nernst}}|$ est appelée surtension. η dépend de l'intensité i du courant d'électrolyse. La cinétique de la réaction est d'autant plus élevée que i augmente.

Les courbes « intensité-potentiel » $i = f(E)$ rendent compte de ces phénomènes. Par convention, le courant positif i est celui qui arrive à l'anode. On écrit $i = i_a = -i_c$ avec i_a intensité du courant anodique et i_c intensité du courant cathodique.

DOCUMENT 2

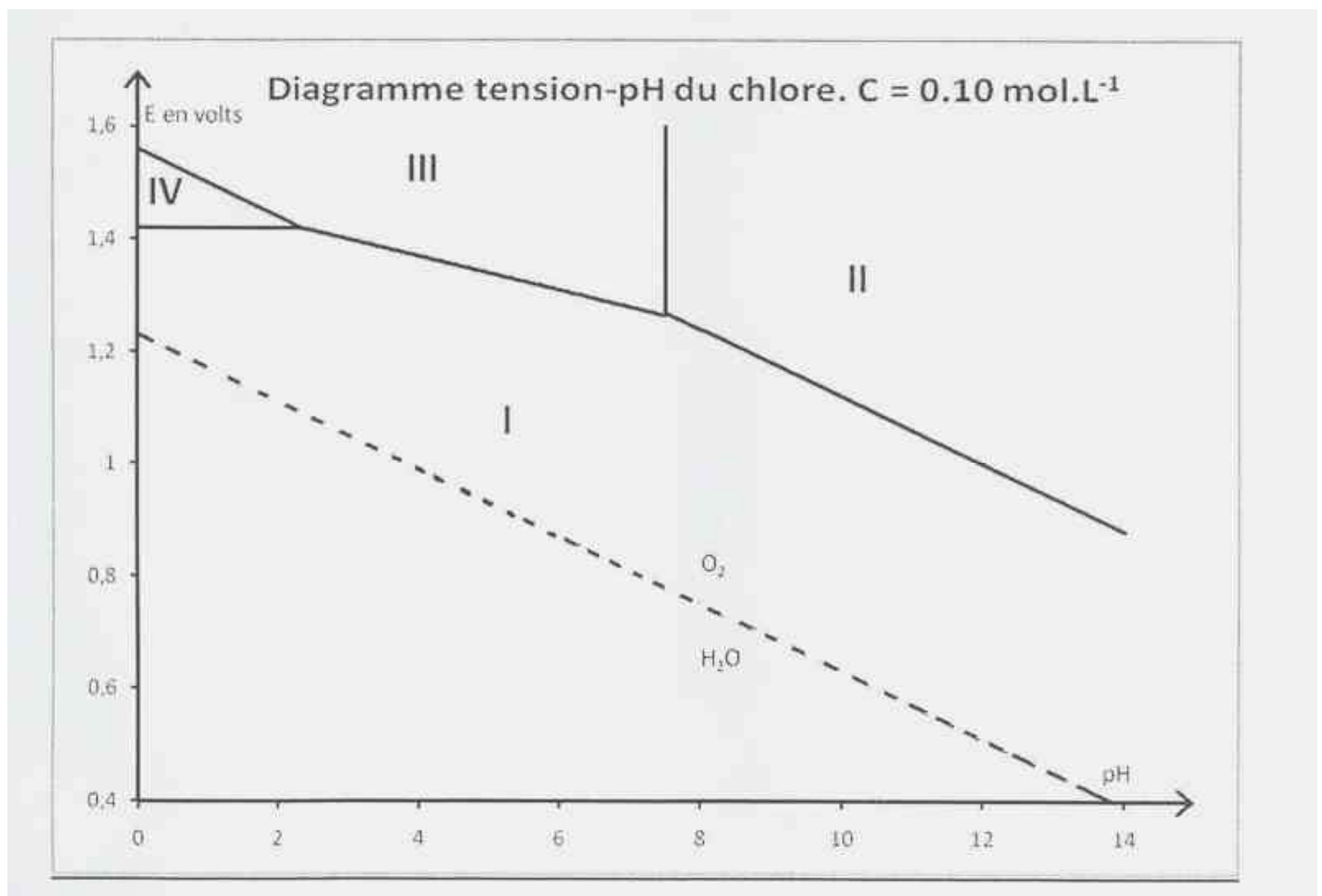
Les transformations (non équilibrées) étudiées sur électrodes de titane sont :



- 2.1. Les vitesses de réactions sont-elles plus élevées pour un courant d'électrolyse de 1A ou de 4A ? Justifier en vous appuyant sur le document 1.
- 2.2. Par analyse des courbes $i = f(E)$, déterminer, en détaillant le calcul, la tension minimale U_s d'électrolyse de l'eau salée.
- 2.3. En pratique, l'électrolyseur est traversé par un courant d'intensité $i = 4A$. Par lecture des courbes $i = f(E)$, déterminer le potentiel de l'anode E_a et le potentiel de la cathode E_c .
- 2.4. Lorsque $i = 4A$, quelle est la tension U de fonctionnement nécessaire à cette électrolyse ?
- 2.5. Lorsque $i = 4A$, on observe un dégagement de dichlore à l'anode et un dégagement de dihydrogène à la cathode.
Écrire les demi-équations d'oxydo-réduction se produisant à l'anode et à la cathode.
En déduire l'équation bilan d'électrolyse en milieu acide pour simplifier.

C. Diagramme potentiel-pH du chlore

Le diagramme « tension-pH » du chlore a été représenté pour une concentration en chlore de $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Les espèces du chlore en solution aqueuse considérées pour la construction de ce diagramme sont le dichlore $\text{Cl}_{2\text{aq}}$, l'acide hypochloreux HClO_{aq} ainsi que les ions chlorure Cl^-_{aq} et hypochlorite ClO^-_{aq} . La courbe en pointillé représente la droite frontière du couple $\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O}$.



1. Donner le nombre d'oxydation de l'élément chlore dans les quatre espèces précédemment citées.
2. Indiquer les domaines de prédominance des quatre espèces du chlore numérotées de I à IV.

3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction du couple $O_{2(g)}/H_2O$ puis, en utilisant la formule de Nernst, écrire l'équation de la droite frontière séparant les domaines $O_{2(g)}$ et H_2O , $E_4 = f(pH)$, pour une pression en dioxygène de 1 bar.

4. Lorsque l'on fait barboter du dichlore gazeux dans l'eau, on observe l'équilibre : $Cl_{2(g)} = Cl_{2(aq)}$. Dans quelle zone de pH faut-il se placer pour dissoudre davantage de dichlore gazeux dans l'eau ?

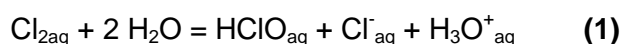
5. Donner la (ou les) espèce(s) du chlore obtenue(s) par dissolution de $Cl_{2(g)}$, si :

5.1. $pH = 4$;

5.2. $pH = 10$.

6. Par lecture du diagramme, du point de vue thermodynamique, sous quelle(s) forme(s) l'élément chlore est-il stable dans l'eau ? Expliciter la réponse.

7. L'équation de la réaction **(1)** associée à la formation d'eau de chlore dans l'eau s'écrit :



7.1. Donner l'expression de la constante d'équilibre K liée à l'équation précédente.

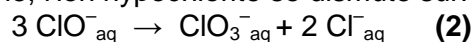
7.2. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction du couple $HClO/Cl_{2(aq)}$ puis à partir de la formule de Nernst, donner l'expression littérale du potentiel d'électrode E_1 de ce couple.

7.3. À partir de la formule de Nernst, donner l'expression littérale du potentiel d'électrode E_3 du couple $Cl_{2(aq)} / Cl^-_{aq}$.

7.4. En déduire la valeur de la constante d'équilibre de la réaction **(1)**, notée K.

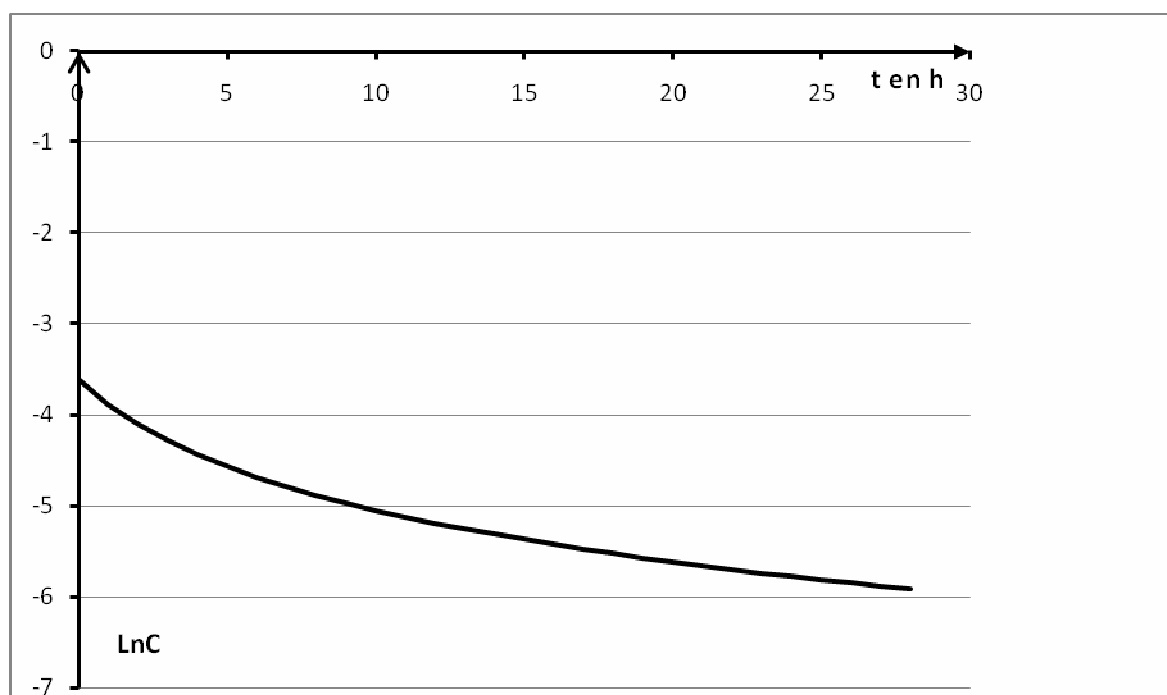
D. Ordre de réaction

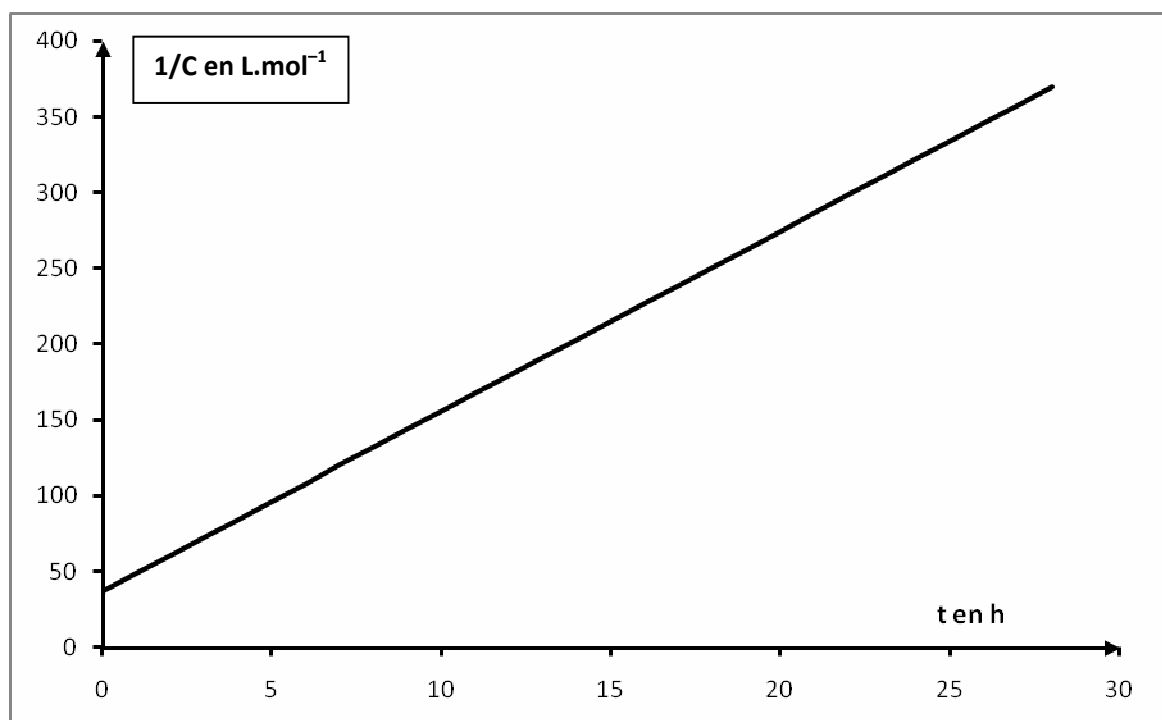
En solution alcaline, l'ion hypochlorite se dismute suivant la réaction **(2)** :



On pose : $C = [ClO^-]$, en $mol.L^{-1}$.

Une étude expérimentale a permis de tracer les courbes $\ln [ClO^-] = f(t)$ et $1/[ClO^-] = f(t)$ suivantes :





1. Par analyse des 2 graphes précédents, l'ordre n de réaction par rapport aux ions hypochlorite ClO^- est-il égal à 0, 1 ou 2 ? Expliquer la réponse.

2. On admettra que la vitesse de réaction peut s'écrire : $V = k.[\text{ClO}^-]^n$; sachant que pour l'étude les concentrations sont exprimées en mol.L^{-1} et la vitesse en $\text{mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1}$, quelle est l'unité de la constante de réaction k ?

De quel paramètre la constante k dépend-elle ?

II. Chimie organique (4 points)

1. Le benzène C_6H_6 peut réagir avec le dichlore de deux façons différentes : par addition ou par substitution.

1.1. Écrire l'équation d'addition lorsque le dichlore est en excès et donner le nom du produit obtenu.

1.2. Écrire l'équation de mono-substitution d'une mole de dichlore en présence de chlorure d'aluminium III et nommer le produit organique formé.

2. L'acide hypochloreux peut agir comme agent aseptisant lors du traitement des eaux de piscines. Il agit par substitution sur l'éthanamine.

2.1. Donner la formule semi-développée de l'éthanamine.

2.2. Écrire, en utilisant les formules semi-développées, la réaction entre l'éthanamine et l'acide hypochloreux.

3. Les dérivés chlorés des alcanes sont des composés toxiques.

Écrire la formule semi-développée du 1,2-dichlorométhylpropane.

Proposer la formule semi-développée d'un isomère du 1,2-dichlorométhylpropane.

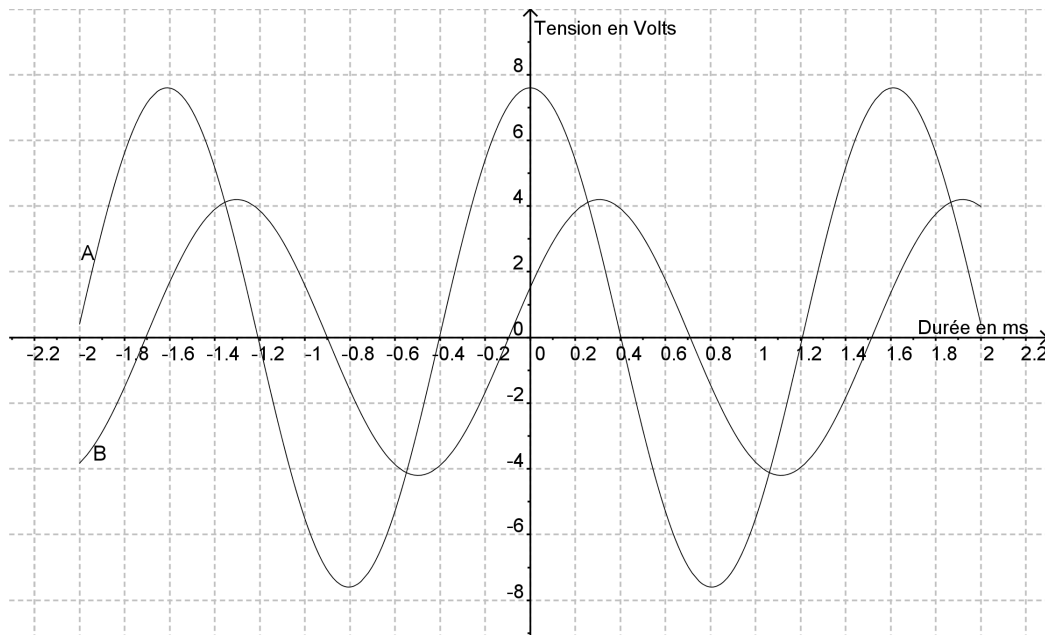
III. Physique (4 points)

Inductance d'une bobine

On réalise l'association série d'une bobine d'inductance L avec un résistor de résistance $R = 41 \, \Omega$, alimentés par un générateur basse fréquence (GBF) délivrant une tension du type $u(t) = U_{\max} \cos(\omega t)$.

La pulsation ω s'écrit : $\omega = 2\pi f$, où f est la fréquence.

Un système d'acquisition permet d'obtenir les oscillogrammes suivants : A pour la voie A, visualisant $u(t)$ et B pour la voie B, visualisant la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor.



1. Représenter le schéma du montage et placer la masse, et les voies A et B du système d'acquisition.
2. Déterminer la période T et la fréquence f des tensions observées.
3. Déterminer les valeurs maximales U_{\max} de $u(t)$ et $U_{R\max}$ de $u_R(t)$.
En déduire la valeur maximale I_{\max} de l'intensité du courant traversant la bobine.
4. Calculer l'impédance Z de l'association série (R, L).
5. Donner l'expression de Z en fonction de R , L , ω et en déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.