

Contenu :

MP-MPI - Ex 1 : Filtrage passe-bande	1
<i>Signaux périodiques : spectre et filtrage</i>	
MP-MPI – Ex 2 : Système à corps oscillant houlomoteur	3
<i>Induction</i>	
MP - Ex 3 : Tellure de bismuth : Stabilité du bismuth	5
<i>Diagramme E-pH</i>	
MPI - Ex 3 : Acide carbonique	7
<i>Couples acides-bases</i>	

MP-MPI - Ex 1 : Filtrage passe-bande

Pour analyser les composantes fréquentielles d'un signal sonore (analyse des phonèmes du langage par exemple), on utilise un transducteur (microphone) qui convertit le signal en une tension v_e , puis un filtre passe-bande qui extrait les composantes sinusoïdales de v_e de fréquences voisines d'une fréquence f_0 donnée. On note v_s la tension de sortie du filtre. Le filtre est un circuit linéaire dont la fonction de transfert s'écrit :

$$\underline{F} = \frac{v_s}{v_e} = \frac{F_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

On se propose de déterminer les caractéristiques F_0 , Q et ω_0 du filtre à partir des oscillogrammes obtenus en régime périodique pour une tension d'entrée v_e rectangulaire pour deux valeurs de fréquences.

On rappelle la décomposition en série de Fourier de $v_e(t)$ dans le cas où $v_e(t)$ est périodique de période T avec $0 < t < \frac{T}{2}$: $v_e(t) = V_0$ et pour $\frac{T}{2} < t < T$: $v_e(t) = 0$.

$$v_e(t) = V_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2k+1} \sin((2k+1)\omega_1 t) \right) \right) \quad \text{avec } \omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

1^{ère} expérience : Oscillogramme 1

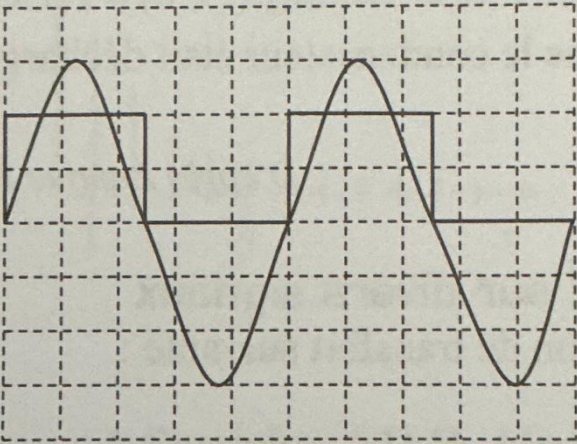
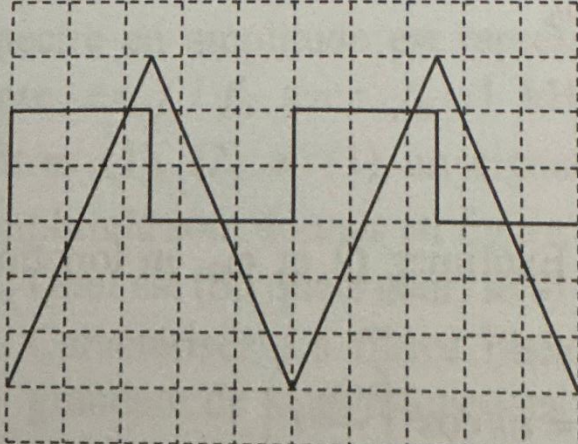
La tension v_s obtenue est quasi-sinusoïdale.

Si on augmente la fréquence de v_e par rapport à la valeur correspondant à cette 1^{ère} expérience, on constate que l'amplitude de v_s diminue.

Si on diminue la fréquence de v_e par rapport à la valeur correspondant à cette 1^{ère} expérience, on constate que l'amplitude de v_s diminue.

2^e expérience : Oscillogramme 2

La tension v_s obtenue est triangulaire.

	
Oscillogramme 1 Voies 1 et 2 en position DC Base de temps : 50 μs par carreau Voie 1 (rectangle) : 0,5 V par carreau Voie 2 : 2 V par carreau	Oscillogramme 2 Voies 1 et 2 en position DC Base de temps : 5 μs par carreau Voie 1 (rectangle) : 2 V par carreau Voie 2 : 0,2 V par carreau

Dans ce qui suit, on ne demande pas de calcul d'incertitudes mais les mesures devront être faites avec soin (tous les résultats devront être obtenus avec une incertitude relative inférieure à 10%).

- 1) Pourquoi, dans chaque expérience, la tension de sortie v_s ne comporte-t-elle pas de composante continue contrairement à la tension d'entrée v_e ?
- 2) 1^{ère} expérience :
 - a) pourquoi peut-on obtenir une tension de sortie v_s quasi-sinusoïdale alors que la tension d'entrée est rectangulaire ?
 - b) Déduire de l'oscillogramme 1 et des résultats de la 1^{ère} expérience, les valeurs de la pulsation ω_0 et de F_0 .
- 3) 2^e expérience :
 - a) Comment se comporte le filtre dans ce cas ? En déduire l'expression approchée de la fonction de transfert $\underline{F}$ dans le domaine de fréquences correspondant.
 - b) En précisant la méthode utilisée, déterminer la valeur du rapport $\frac{F_0 \omega_0}{Q}$. En déduire la valeur de Q .

MP-MPI – Ex 2 : Système à corps oscillant houlomoteur

On considère un système à corps oscillant avec une partie fixe au fond de l'eau et une partie mobile, comme par exemple le dispositif Oyster (cf. FIGURE 3 à gauche), dispositif dont la partie supérieure dépasse légèrement de l'eau, qui est testé au large de l'Écosse, ou comme le dispositif WaveRoller (cf. FIGURE 3 à droite), dispositif complètement immergé, développé par une société finlandaise et qui est testé au large du Portugal.



FIGURE 3|– Dispositifs Oyster (à gauche) et WaveRoller (à droite).

Il existe d'autres possibilités afin de produire de l'électricité à partir du mouvement oscillant du pendule $\theta(t)$ créé par les vagues, notamment en utilisant le phénomène d'induction via un système de deux bobines (cf. FIGURE 5).

- La bobine 1, de section S est liée au rotor et tourne autour de l'axe Oy . On note $\vec{n}$ le vecteur unitaire normal à la surface ($\vec{n}$ est dans le plan (Oxz)). Elle est parcourue par un courant constant imposé i_1 . Elle comporte N_1 spires.
- La bobine 2 est statique. Elle est reliée à un appareil électrique passif de résistance R non représenté sur la figure. Pour simplifier, on néglige l'impédance de la bobine devant la résistance R aux fréquences de fonctionnement du système. La bobine 2 est parcourue par un courant $i_2(t)$ lié au mouvement, et crée un champ magnétique supposé uniforme $\vec{B}_2(t) = K_2 i_2(t) \vec{u}_z$. Elle comporte N_2 spires.

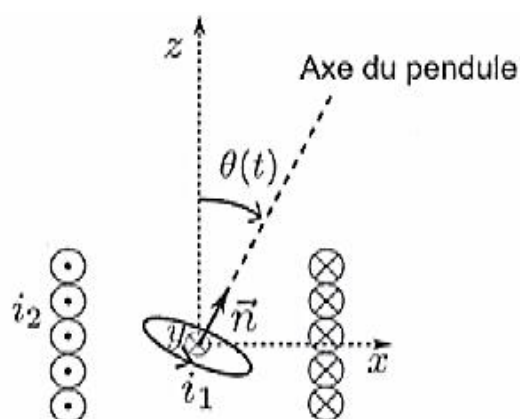


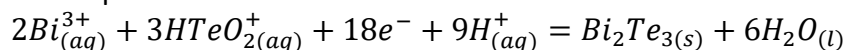
FIGURE 5 – Modélisation de la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. Une seule spire de la bobine 1 est représentée. La figure correspond à une coupe dans le plan (Oxz) mais la spire de la bobine 1 est représentée en perspective.

- B1.** Exprimer le flux $\Phi_{2 \rightarrow 1}$ du champ $\vec{B}_2$ à travers la bobine 1 en fonction de K_2 , S , N_1 , I_2 et θ .
- B2.** En déduire le flux $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ du champ $\vec{B}_1$ à travers la bobine 2 puis l'expression de la force électromotrice $e(t)$ qui en résulte dans la bobine 2.
- B3.** Donner le circuit électrique équivalent en indiquant la résistance R . Justifier que $e = RI_2$.
- B4.** On modélise la bobine 1 par un dipôle magnétique. Donner l'expression du moment dipolaire associé $\vec{m}_1$. Pour la suite, on suppose que ce moment possède une norme constante m_1 .
- B5.** Le couple subi par le rotor est $\vec{\Gamma}_{2 \rightarrow 1} = \vec{m}_1 \wedge \vec{B}_2(t)$. Montrer que dans l'approximation des petits angles le couple peut se mettre sous la forme $\vec{\Gamma}_{2 \rightarrow 1} = -k\theta^2 \dot{\theta} \vec{u}_y$ où k est une constante positive que l'on exprimera en fonction des données du problème. Commenter le signe négatif de cette expression.
- B6.** On suppose que le pendule est en mouvement sinusoïdal $\theta(t) = A_0 \cos(\omega t)$. On s'intéresse au couple $\vec{\Gamma}_{2 \rightarrow 1}(t) = \Gamma_{2 \rightarrow 1}(t) \vec{u}_y$ qui prend naissance. Donner l'expression de la réponse $\Gamma_{2 \rightarrow 1}(t)$ à l'excitation $\theta(t)$ et montrer qu'elle contient différents harmoniques. Tracer son spectre. Ces harmoniques sont-ils souhaitables ? Commenter.

MP - Ex 3 : Tellure de bismuth : Stabilité du bismuth

L'effet thermoélectrique est un phénomène qui dépend de la température et de la composition chimique du matériau. Parmi les bons matériaux thermoélectriques à température ambiante, le tellure de bismuth Bi_2Te_3 est couramment utilisé.

L'élaboration par voie électrochimique du tellure de bismuth consiste à placer en solution aqueuse les espèces solubles qui pourront, avec apport d'énergie électrique, réagir sur une électrode adaptée selon la demi-équation électronique suivante :



On admettra que les électrons ne sont pas apportés par un réducteur chimique mais par un dispositif générateur électrique, non étudié dans ce problème, qui achemine les électrons jusqu'à l'électrode. Le solide $\text{Bi}_2\text{Te}_{3(s)}$ ainsi formé se dépose sur l'électrode.

Il convient donc d'étudier notamment le comportement électrochimique du bismuth en solution aqueuse.

Pour tout le problème, on utilisera la forme approchée à $T = 298\text{ K}$, $\frac{RT}{\mathcal{F}} \ln(10) \approx 0,06\text{ V}$ et on rappelle que la charge d'une mole d'électrons est égale à $96\,500\text{ C}$ et que $\mathcal{F} = 96\,500\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Le diagramme simplifié du bismuth (figure 2) est tracé à $T = 298\text{ K}$, en prenant sur les frontières et pour les espèces concernées, la concentration des espèces dissoutes égale à $C_0 = 0,01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et en ne considérant que les espèces suivantes : $\text{Bi}_{(s)}$, $\text{Bi}_2\text{O}_{5(s)}$, $\text{Bi}_2\text{O}_{3(s)}$ et $\text{Bi}_{(aq)}^{3+}$.

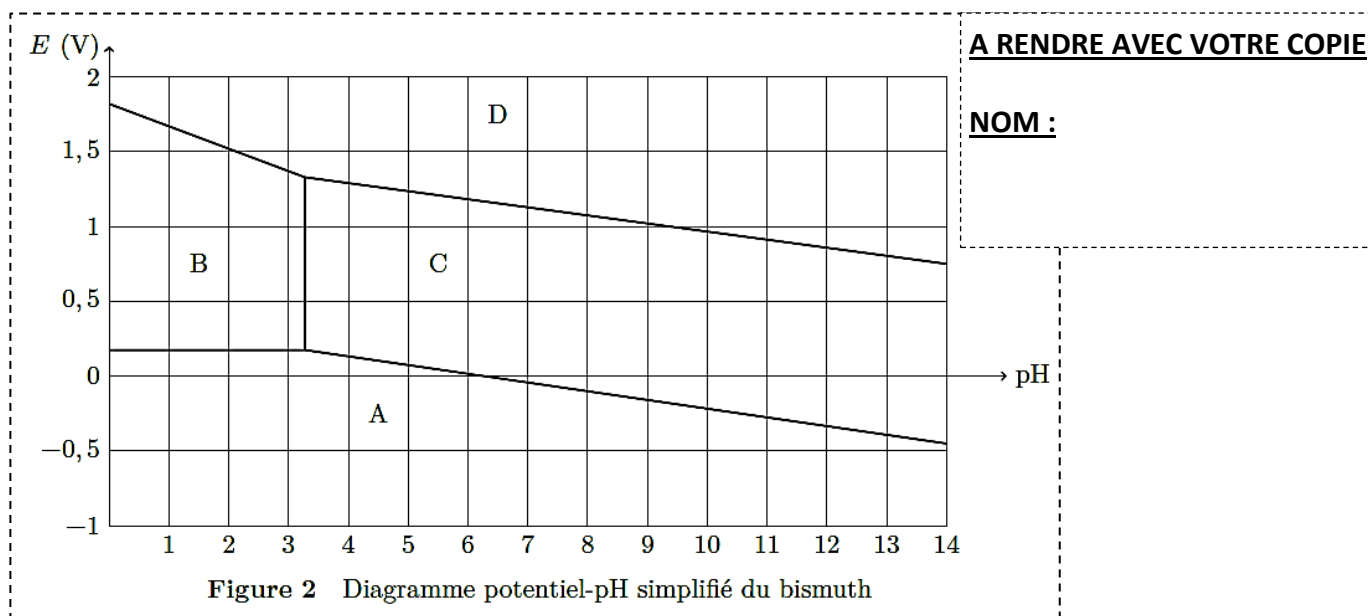


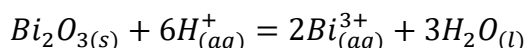
Figure 2 Diagramme potentiel-pH simplifié du bismuth

Le point d'intersection des domaines A, B, C a pour abscisse 3,37 et pour ordonnée 0,175 V et celui des domaines B, C, D a pour ordonnée 1,33 V. La frontière B/D pour ordonnée 1,82 V à $\text{pH} = 0$.

Q1. Donner le nombre d'oxydation de l'élément bismuth dans chacune des espèces envisagées.

Q2. Les différents domaines du diagramme étant numérotés de A à D, attribuer à chaque espèce son domaine de stabilité. Préciser lesquels correspondent à des domaines de d'existence. Dans le cas contraire, préciser la signification de l'appartenance à ce domaine.

Q3. L'oxyde $\text{Bi}_2\text{O}_{3(s)}$ se dissout dans l'eau selon la réaction :



À l'aide du diagramme, calculer la constante de l'équilibre de dissociation K_d de $\text{Bi}_2\text{O}_{3(s)}$.

Q4. À l'aide du diagramme, déterminer le potentiel standard du couple $Bi_{(aq)}^{3+}/Bi_{(s)}$.

Q5. Écrire l'équation de la demi-réaction électronique entre les espèces C et A. Déterminer la pente de la frontière entre ces deux espèces.

Q6. L'eau intervient dans deux couples rédox. Écrire la demi-réaction électronique associée à chaque couple puis établir l'équation correspondant à sa frontière. Tracer ces deux courbes du diagramme potentiel-pH de l'eau sur la figure 2 **A RENDRE AVEC VOTRE COPIE** et indiquer les domaines associés à chacune des espèces intervenant dans les deux couples de l'eau.

Données :

La pression partielle de toutes les espèces gazeuses sera prise égale à 1 bar.

$$E^{\circ}(H_{(aq)}^{+}/H_{2(g)}) = 0,00 \text{ V}$$

$$E^{\circ}(O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)}) = 1,23 \text{ V}$$

Q7. Discuter de la stabilité des 4 espèces étudiées contenant l'élément Bismuth dans l'eau.

MPI - Ex 3 : Acide carbonique

Données

Numéros atomiques : $Z(\text{H}) = 1$, $Z(\text{C}) = 6$, $Z(\text{O}) = 8$

Produit de solubilité du carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ à 298 K : $K_s = 10^{-8,4}$

L'eau contient de nombreux ions dissous parmi lesquels figurent les ions calcium en partie responsables de la formation de tartre. Lorsque l'eau est calcaire, le contact direct de la résistance chauffante avec l'eau favorise la formation de tartre qui se dépose sur la résistance et altère sa performance.

L'ion hydrogénocarbonate appartient aux couples acido-basiques suivants :

- $\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}/\text{HCO}_{3(\text{aq})}^-$ auquel on associe la constante d'acidité K_{A1} à 298 K ($\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$, appelé acide carbonique, représente le mélange $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$) ;
- $\text{HCO}_{3(\text{aq})}^-/\text{CO}_{3(\text{aq})}^{2-}$ auquel on associe la constante d'acidité K_{A2} à 298 K.

Q35. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A associée à un couple acido-basique $\text{AH}_{(\text{aq})}/\text{A}_{(\text{aq})}^-$. En déduire le lien entre $pK_A = -\log K_A$ et le pH.

On fournit le diagramme de distribution de l'acide carbonique sur la **figure 5**.

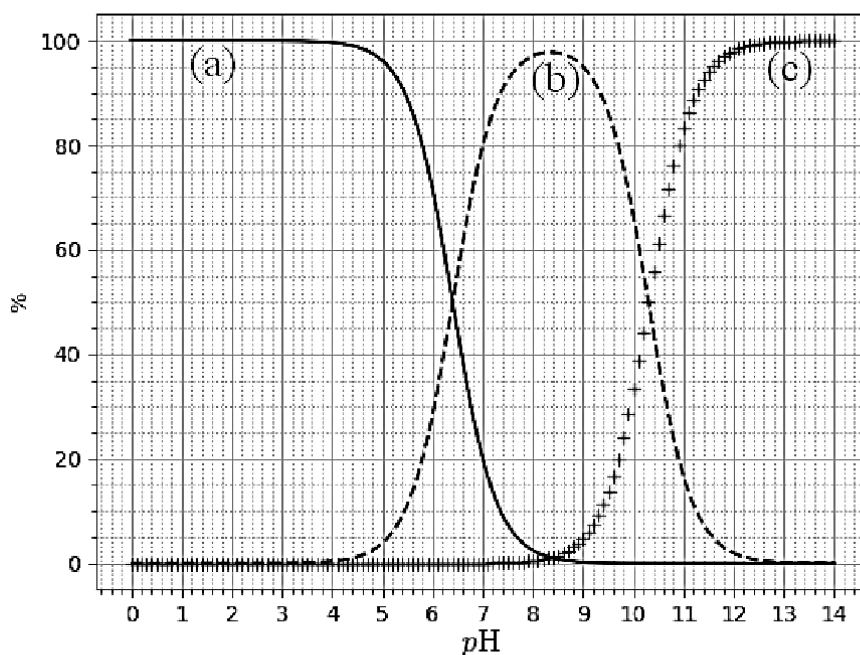


Figure 5 - Diagramme de distribution de l'acide carbonique

Q36. En expliquant votre démarche, attribuer chaque courbe de distribution ((a), (b) et (c)) à une espèce chimique (H_2CO_3 , HCO_3^- ou CO_3^{2-}).

Q37. À l'aide du diagramme de distribution de la **figure 5**, déterminer les valeurs de pK_{A1} et pK_{A2} en justifiant votre réponse.

Q38. Quelle est l'espèce majoritaire pour $7,4 < \text{pH} < 9,3$?