2003 Réunion Exercice II. Élaboration du zinc par électrolyse (6,5 points) Calculatrice interdite

Les données numériques et leurs approximations sont données en fin d'exercice.

Certains métaux sont préparés par électrolyse d'une solution aqueuse les contenant à l'état de cations. Plus de 50% de la production mondiale de zinc sont obtenus par électrolyse d'une solution de sulfate de zinc acidifiée à l'acide sulfurique.
Les ions sulfate ne participent pas aux réactions électrochimiques. On observe un dépôt métallique sur l'une des électrodes et un dégagement gazeux sur l'autre.

A - Étude de la transformation.

1. Quelles sont les réactions susceptibles de se produire sur chaque électrode sachant que c'est le solvant qui est oxydé en dioxygène ?
On donne les couples oxydant / réducteur : $Zn^{2+}_{(aq)}$ / $Zn_{(s)}$; $H^{+}_{(aq)}$ / $H_{2(g)}$; $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(l)}$

2. Schématiser l'électrolyseur, en précisant le nom de chaque électrode, leur polarité et le sens de déplacement des espèces chargées.

3. En justifiant le choix des couples, vérifier que l'équation de la réaction globale de cette électrolyse est : $$Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} = Zn_{(s)} + \frac{1}{2} O_2\,(g) + 2\,H^{+}_{(aq)}$$

4. S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée ? Pourquoi ?
Quelle vérification théorique proposeriez-vous ?

5. Établir le tableau d'avancement correspondant à la réaction d'électrolyse.

B - Exploitations

L'électrolyse a lieu sous 3,5 V. L'intensité du courant peut atteindre 80 kA. Après 48 h de fonctionnement, le dépôt de zinc est suffisamment épais. Il est alors séparé de l'électrode, fondu et coulé en lingots.

1. Quelle est la relation entre l'avancement x de la réaction et la quantité d'électricité Q transportée dans cet électrolyseur ?

2. Quelle est l'ordre de grandeur de la masse de zinc produite par une cellule en 2 jours ?
(On pourra utiliser des résultats de calcul donnés à la fin du sujet)

3. En fait, on obtient une quantité de zinc inférieure à celle attendue. Pourquoi ?

4. A l'autre électrode on récupère le dioxygène. Le rendement de la réaction qui le produit est de 80% et le volume molaire de 24 $L.mol^{-1}$ dans les conditions expérimentales.
Donner la relation entre l'avancement x et le volume v de dioxygène récupéré.
Quel est l'ordre de grandeur de v ?

Données		Approximations pour les calculs
masse molaire Zn : 65,4 $g.mol^{-1}$	→	65 $g.mol^{-1}$
masse volumique Zn : 7,14 $g.cm^{-3}$	→	7 $g.cm^{-3}$
1 Faraday : $9{,}65.10^4$ $C.mol^{-1}$	→	10^5 $C.mol^{-1}$

$65\times8\times36\times48 \approx 9.10^5$

$8\times48\times36 \approx 1{,}4.10^4$

$$\frac{65\times 48}{8\times 36} \approx 10$$

$$\frac{8\times 48}{36} \approx 10$$

Réunion 2003 (4 points) **Sans calculatrice**

MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE SUR BANC D'OPTIQUE

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève modélise un microscope à l'aide de deux lentilles convergentes qui sont décrites ci-dessous :

- Pour l'objectif: une lentille L_1 , de centre optique O_1, de vergence $C_1 = 10\ \delta$ et de diamètre 4 cm.
- Pour l'oculaire : Une lentille L_2 , de centre optique O_2, de vergence $C_2 = 5\ \delta$ et de diamètre 4 cm.
- Les centres optiques des deux lentilles sont distants de 50 cm.

L'élève utilise comme objet AB un quadrillage millimétrique éclairé, perpendiculairement à l'axe optique. Le point A est considéré sur l'axe. La hauteur de l'objet AB est de 5,0 mm. Cet objet est placé devant l'objectif à 15 cm du centre optique O_1.

A - Calcul préalable :

Déterminer les distances focales des deux lentilles.

B - Étude de l'image donnée par l'objectif :

A l'aide d'un écran, l'élève recherche la position de l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille L_1.

B - 1 Calculer, en utilisant la relation de conjugaison, la position de l'image intermédiaire $\mathbf{A_1B_1}$ formée sur l'écran.

B - 2 Calculer le grandissement de l'objectif.
En déduire la taille de l'image intermédiaire $\mathbf{A_1B_1}$

C - Étude de l'image donnée par l'oculaire :

C -1 L'élève observe l'image définitive **A'B'** en regardant à travers l'oculaire, son œil n'accommode pas.
Que peut-on dire de la position de l'image définitive **A'B'** ainsi observée ?
Quelle doit être la position particulière de l'image intermédiaire $\mathbf{A_1B_1}$?

C - 2 Expliquer pourquoi la qualité de l'image **A'B'** est améliorée lorsque l'élève ajoute un diaphragme de faible diamètre (15 mm) contre l'objectif.

D - Construction de la marche de rayons lumineux à travers le microscope :

D - 1 Faire un schéma du dispositif à l'échelle 1/5 horizontalement et 1/1 verticalement sur le papier millimétré joint (à remettre avec la copie)
D - 2 Placer les foyers F_1, F'_1, F_2 , F'_2 des lentilles L_1 et L_2 et également l'objet AB (représenté par une flèche de hauteur 5 mm)
D - 3 Construire l'image intermédiaire $\mathbf{A_1B_1}$ et l'image définitive **A'B'**.

E - Détermination du grossissement du microscope :

Ce grossissement est donné par le rapport $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$

- θ correspond au diamètre apparent de l'objet **AB**, c'est à dire l'angle sous lequel l'œil voit l'objet, sans microscope, à une distance $d_m = 0{,}25$ m.
- θ' est l'angle sous lequel l'œil, placé au foyer image F'_2 de l'oculaire, voit l'image définitive A'B'.

Remarque . les angles utilisés étant petits, on pourra utiliser l'approximation suivante :
$\tan\theta \approx \theta$ $\tan\theta' \approx \theta'$
θ et θ' en rad
E - 1 Représenter θ' sur le schéma.
E - 2 Calculer le grossissement G.

Réunion 2003 *Calculatrice interdite*

MÉCANISME DE FUSION DE L'HYDROGÈNE DANS UNE ÉTOILE 4 pts

On se propose de commenter un extrait d'article du dossier hors série de la revue « Pour la science » de janvier 2001.

« ...La phase de **fusion** (ou combustion) de l'hydrogène est la plus longue de la vie des étoiles. Si la masse stellaire est comparable ou inférieure à celle du Soleil, la température centrale est inférieure à une **vingtaine de millions de degrés**. Dans ces conditions, la fusion de **deux noyaux d'hydrogène** (ou protons) produit un **noyau de Deutérium** qui capture un autre proton et forme un **noyau d'Hélium 3** ... Finalement, **deux noyaux d'Hélium 3** fusionnent en un **noyau d'Hélium 4** ...L'ensemble de ces réactions constitue la première des chaînes proton - proton ou chaîne p-p, la plus importante dans le cas du Soleil ...».

NB : les 3 parties de l'exercice sont indépendantes et peuvent donc être traitées indépendamment les unes des autres.

Les valeurs numériques ont été volontairement simplifiées, afin de permettre la réalisation des calculs sans faire usage de la calculatrice.

A - QUELQUES CONSIDÉRATIONS DE VOCABULAIRE

A-1 Donner une définition rapide des mots « fusion nucléaire » et « fission nucléaire ».

A-2 En considérant les charges des noyaux en cause dans le mécanisme de fusion, expliquer pourquoi ces réactions ne peuvent se produire qu'à très haute température ($2{,}1.10^7$ °C). On parle alors de fusion thermonucléaire...

B - ÉTUDE DE LA CHAÎNE DE RÉACTIONS

Notations utilisées pour les noyaux concernés :

Hydrogène (ou proton) : ${}_1^1\mathrm{H}$ (ou ${}_1^1\mathrm{p}$) Deutérium : ${}_1^2\mathrm{H}$ Hélium 3 : ${}_2^3\mathrm{He}$ Hélium 4 : ${}_2^4\mathrm{He}$

B-1 Écrire la réaction de fusion de deux noyaux d'hydrogène en un noyau de deutérium et une particule que l'on notera sous la forme ${}_Z^A\mathrm{X}$ .Comment s'appelle cette particule ?

B-2 Écrire la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un proton en un noyau d'hélium 3.
Cette fusion s'accompagne de l'émission d'un photon. Comment peut-on interpréter cette émission ?

B-3 Écrire la réaction de fusion de deux noyaux d'hélium 3 en un noyau d'hélium 4. Cette fusion s'accompagne de l'émission de deux autres noyaux identiques. Lesquels ?

B-4 Écrire la réaction bilan des trois réactions de fusion précédentes, qui, à partir de noyaux d'hydrogène, permet d'obtenir un noyau d'hélium 4.

C - CONSIDÉRATIONS ÉNERGÉTIQUES. LE SOLEIL "MAIGRIT-IL" ?

On considère désormais la réaction suivante $4\ {}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}^{42}\mathrm{He} + 2\ {}_1^0\mathrm{e} + 2\ \gamma$

On donne les masses des noyaux, en unité de masse atomique :

${}^{11}\mathrm{H}$: 1,0073 u ${}^{42}\mathrm{He}$: 4,0026 u ${}_1^0\mathrm{e}$: 0,0006 u

l u correspond à une énergie de 935 MeV (≈ 1000 MeV)

C-1 Calculer la perte de masse correspondant à cette fusion.

C-2 En déduire une estimation, en MeV, de la valeur de l'énergie libérée par nucléon lors de cette fusion.
On choisira, parmi les estimations suivantes, la réponse correcte :

0,6 MeV 6 MeV 60 MeV

C-3. Le soleil transforme, chaque seconde, 720 millions de tonnes d'hydrogène en hélium 4.
Estimer la perte de masse subie, chaque seconde, par le soleil.
On choisira, parmi les estimations suivantes, la réponse correcte :

4 500 tonnes 45 000 tonnes 450 000 tonnes 4 500 000 tonnes

NB : On pourra remarquer que le rapport 0,0254/4,0292 est très peu différent de 1/160.

Juin 2003 Île de La Réunion **OSCILLATIONS LIBRES ET FORCÉES (5,5 points)**
Calculatrice interdite

Les valeurs numériques nécessaires à la résolution sont données à la fin de l'exercice.
Pour modéliser le ressort du système de suspension de voiture, un élève suggère d'utiliser un ressort de constante de raideur ***k*** *(valeur indiquée par le fournisseur).*

A - ÉTUDE STATIQUE

Dans un premier temps, cet élève se propose de vérifier la valeur de la constante de raideur du ressort. Pour cela il mesure la longueur du ressort seul et trouve une longueur l_0. Il suspend ensuite une masse m au ressort, celui-ci a alors une longueur l.

A-1 À partir de la mesure observée, calculer la valeur k' de la raideur.

A-2 Quelle est l'erreur relative commise par rapport à la valeur de k indiquée par le fournisseur.

B - ETUDE DYNAMIQUE

Cet élève utilise un système d'acquisition de données schématisé figure 1.
Deux électrodes A et B, immobiles plongées dans la solution S, sont reliées aux bornes +5V et – 5 V d'un générateur de tension (voir schéma ci-dessous). Une tige métallique t, recouverte d'un isolant sur toute sa longueur, est fixée à la masse ***m****. Son extrémité E, légèrement dénudée de son isolant, suit donc exactement le mouvement de la masse* ***m****.*
La mesure de la tension entre le point E et la borne 0V du générateur permet de détecter la position de E (le dispositif de mesure n'est pas représenté sur le schéma). Ainsi, il est possible de connaître la position de la masse m au cours des oscillations.
Après réglage des paramètres du logiciel d'acquisition, l'élève écarte la masse ***m*** *vers le bas, de* ***1 cm****, et il laisse le système osciller librement.*
Le déclenchement de l'acquisition se fait par le passage à la position d'équilibre. La courbe obtenue est en ***annexe figure a***

B-1 Indiquer comment mesurer la période d'oscillations de la masse m suspendue au ressort et donner la valeur de cette période.

B-2 Cette valeur est-elle en accord avec la valeur théorique $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$?

B-3 Sachant que le newton a la dimension $kg.m.s^{-2}$, montrer que T s'exprime en secondes.

B-4 On remplace la solution conductrice par une solution S' plus visqueuse. Dessiner sur la **figure b** de l'annexe (À REMETTRE AVEC LA COPIE) l'allure de la courbe obtenue après une nouvelle acquisition.

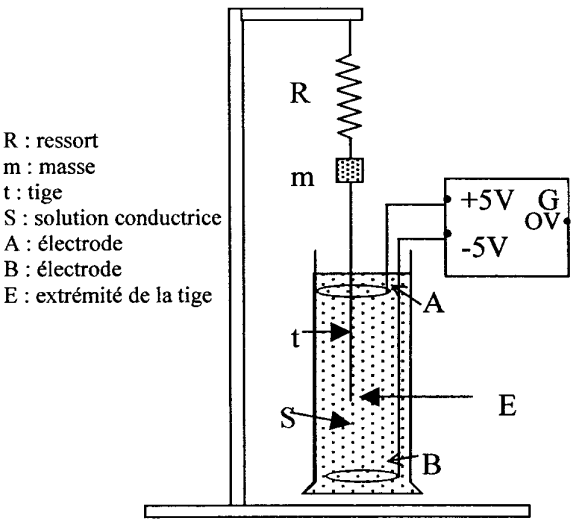


Figure 1

C - Étude des oscillations forcées

L'élève relie maintenant l'extrémité du ressort à un excentrique mu par un moteur ***(figure 2)*** *et réalise plusieurs enregistrements pour différentes vitesses de rotation du moteur mesurées par la fréquence de rotation* ***f*** *en Hertz.*

Il relève l'amplitude de chaque courbe enregistrée.

f (Hz)	1,5	2	2,5	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	4	4,5
x_{max} (cm)	0,4	0,6	1	1,5	2,1	2,3	2	1,5	1	0,7

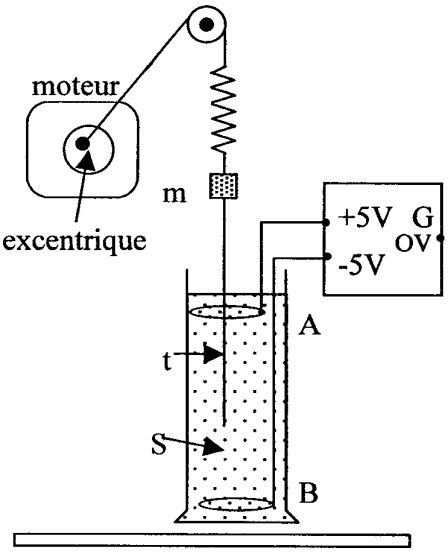


Figure 2

C-1 Quel nom donne-t-on au moteur muni de l'excentrique ?

C-2 Quel nom donne-t-on au système (ressort + masse) ?

C-3 Quel phénomène obtient-on à f = 3,2 Hz?

C-4 En déduire la période des oscillations à la résonance.

C-5 Comparer cette période à celle des oscillations libres.

C-6 Quel(s) changement(s) observerait-on si on utilisait la solution visqueuse S'.

D - Suspension d'une automobile

Le système de suspension d'une automobile comprend des ressorts et des amortisseurs.
L'automobile est donc un système mécanique oscillant de fréquence propre f_0
Certaines pistes du désert ont un aspect de « tôle ondulée » : elles comportent une succession régulière de bosses, distantes de L (quelques dizaines de centimètres).
Pour une vitesse V_R*, le véhicule subit des oscillations de forte amplitude qui diminuent dangereusement sa tenue de route.*

D-1 Expliquer ce phénomène, en précisant le rôle joué par la piste déformée.

D-2 Exprimer la vitesse V_R en fonction de f_0 et L.
Calculer cette vitesse en $km.h^{-1}$ avec f_0 = 5,0 Hz et L = 80 cm.

Données :

$k = 40\ N.m^{-1}$

$m = 100\ g$

$l_0 = 10,0\ cm$

$l = 12,4\ cm$

$g = 10\ N.kg^{-1}$

$\frac{1}{2,4} = 0,42$

$\frac{1}{3,2} = \frac{\pi}{10}$

$\pi = 3,14$

ANNEXE
À RENDRE AVEC LA COPIE

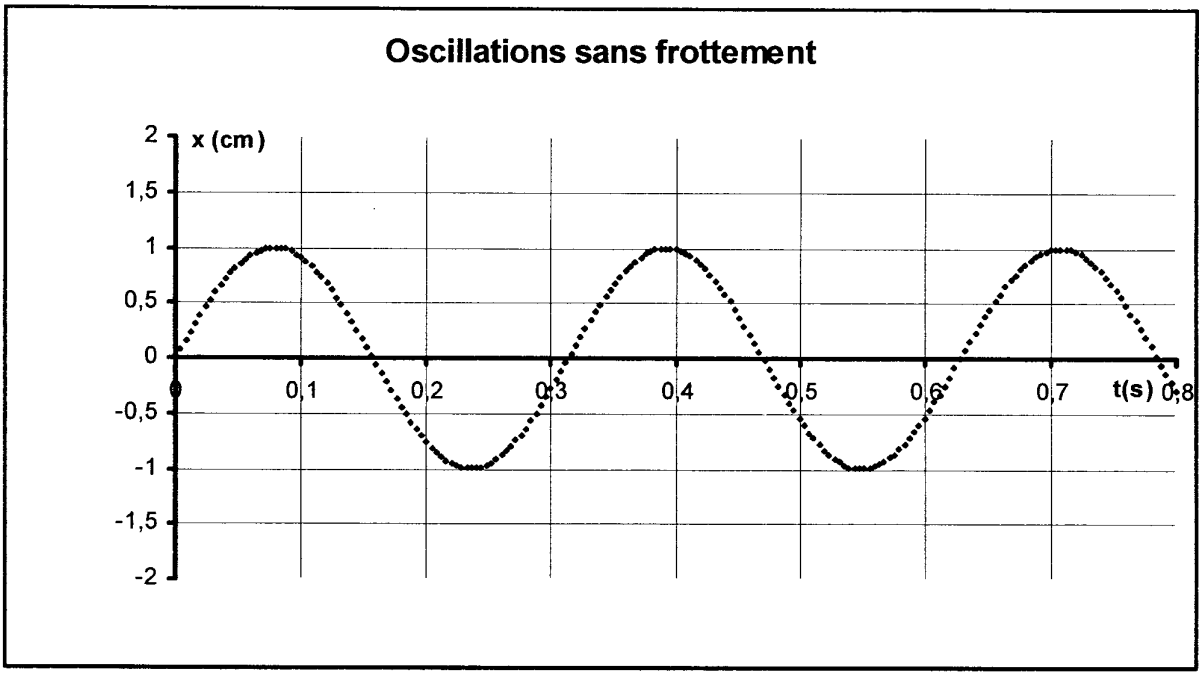


figure a

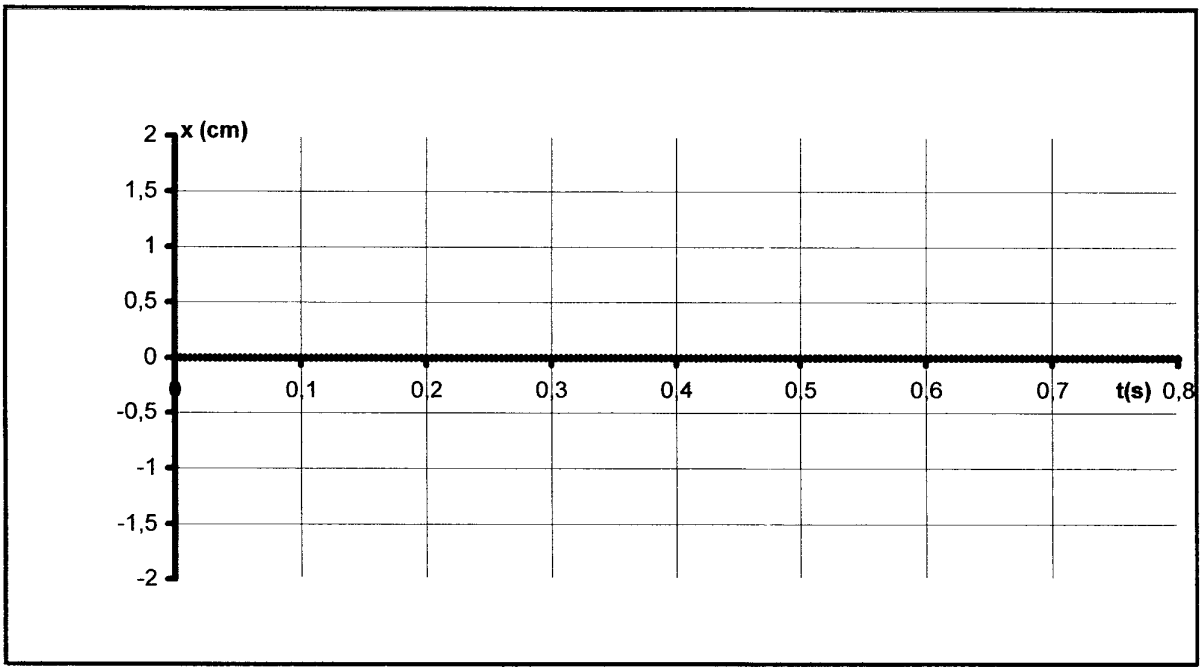


figure b