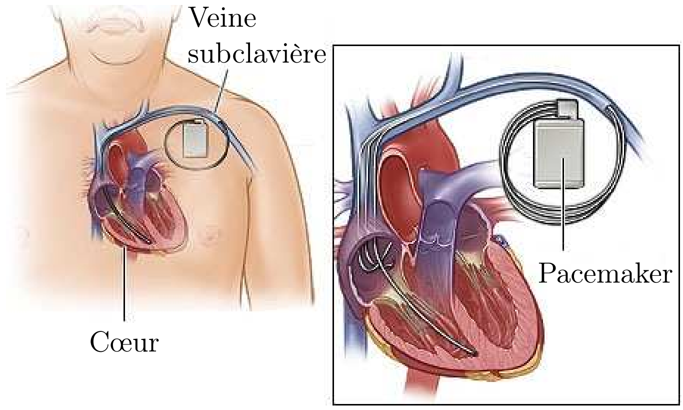
DS n°6 – TS1 2012
Électrolyse & dipôle RC

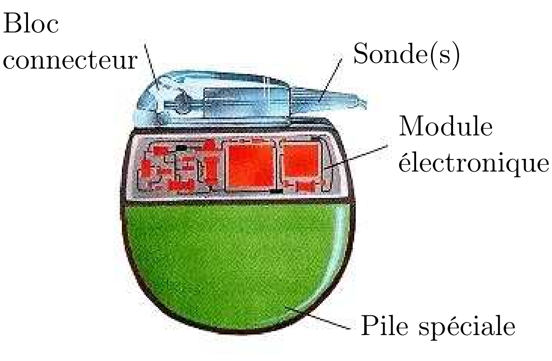
Exercice 1 – Le stimulateur cardiaque

Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat 24 h sur 24 pendant toute notre vie, entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel : le nœud sinusal. Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (appelé aussi pacemaker).

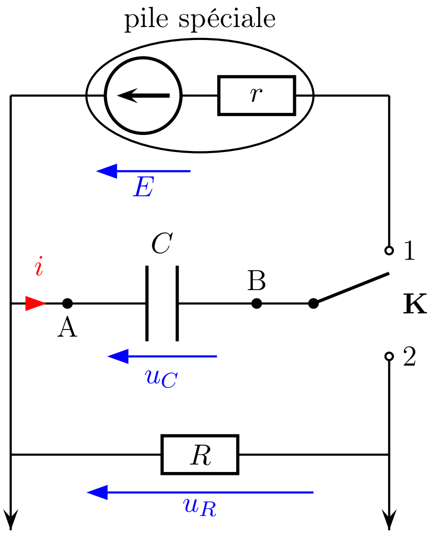


Un pacemaker va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes. Le boîtier de celui-ci est de petite taille et de faible masse.

Ce pacemaker est en fait un générateur d'impulsions, formé d'une pile longue durée, d'un circuit électronique et de connecteurs pour les sondes.



Il peut être modélisé par le circuit électrique en dérivation, ci-dessous, qui comprend un condensateur de capacité $C = 470$ nF, un conducteur ohmique de résistance R, une pile spéciale et un transistor qui joue le rôle d'interrupteur, K.



La pile qui apparaît dans ce dispositif peut être modélisée par l'association en série d'une résistance r (ici très faible voire négligeable) et d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E.

Quand l'interrupteur est en position (1) le condensateur se charge de façon quasi-instantanée. Puis, quand l'interrupteur bascule en position (2) , le condensateur se décharge lentement à travers le conducteur ohmique de résistance R, élevée, jusqu'à une valeur limite :

$$u_{\text{limite}} = \frac{E}{e} \quad \text{avec} \quad \ln e = 1$$

où ln représente le logarithme népérien. À cet instant, le circuit de déclenchement envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent au cœur : on obtient alors un battement !

Cette dernière opération terminée, l'interrupteur bascule à nouveau en position (1) et le condensateur se charge, etc...

La tension u_C aux bornes du condensateur a alors au cours du temps l'allure indiquée sur la courbe 1, représentée sur l'annexe à remettre avec la copie.

1. Charge du condensateur

1.a. Quand l'interrupteur est en position (1), il se charge de façon quasi instantanée. Pourquoi ce phénomène est-il très rapide ?

1.b. Pour obtenir l'enregistrement de l'évolution temporelle de la tension u_C, on utilise un ordinateur muni d'une interface d'acquisition de données et d'un logiciel de saisie.

Reproduire le schéma 1 et indiquer où doivent être branchées la masse M de l'interface et la voie Y_A d'acquisition pour étudier les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur.

1.c. Sur la courbe 1, colorier la (ou les) portion(s) qui correspondent à la tension u_C lors de la charge du condensateur. Justifier votre choix.

1.d. On considère que le condensateur est complètement chargé. Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?

La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant. À partir de l'enregistrement $u_C = f(t)$, donner la valeur de E.

2. Décharge du condensateur

2.a. En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :

- préciser le signe de l'intensité i du courant lors de la décharge ;
- écrire la relation entre l'intensité i du courant et la tension u_R ;
- écrire la relation entre la charge q de l'armature A du condensateur et la tension u_C ;
- écrire la relation entre l'intensité i et la charge q ;
- écrire la relation entre les tensions u_R et u_C lors de la décharge.

2.b. En déduire que lors de la décharge , l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C est de la forme :

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}u_C = 0$$

2.c. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ. Montrer que cette grandeur a la même unité qu'une durée.

2.d. Déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de son choix qui apparaîtra sur la figure de l'annexe à rendre avec la copie.

2.e. En déduire la valeur de R.

3. Lien entre la décharge du condensateur et les battements du cœur

3.a. A l'instant t_1, le circuit de déclenchement génère une impulsion électrique ; le condensateur n'est pas complètement déchargé.

Quelle est l'expression littérale de la tension u_C aux bornes du condensateur, à cet instant ?

Graphiquement la valeur de cette tension est 2,1 V. Est-ce en accord avec la valeur de E obtenue à la question **1.d** ?

3.b. Sachant qu'une solution générale de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme :

$$u_C(t) = E \cdot \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}},$$

montrez que $t_1 = \tau$.

3.c. En déduire la durée Δt qui doit séparer deux impulsions électriques consécutives.

3.d. Quel est alors le nombre de battements de cœur par minute ?

Exercice 2 – Pourquoi cuisiner dans des casserolles en cuivre ?

Les casseroles en cuivre semblent un luxe. En sont-elles vraiment ? La chose n'est pas certaine, car le cuivre conduit très bien la chaleur : tout excès de chaleur, en un point de la casserole, est rapidement dissipé parce que la chaleur se propage rapidement vers le reste de l'ustensile...
Pour éviter le contact toxique du vert de gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.

D'après Hervé This, *Les secrets de la casserole.*

C'est par oxydation que le cuivre se recouvre de « vert de gris ». La couche obtenue donne un aspect particulier aux statues, mais elle est constituée d'un sel soluble qui est toxique.

L'électrolyse du cuivre consiste dans ce cas à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface du récipient. Ce procédé est appelé étamage. L'électrolyte est constitué de sulfate d'étain, ${Sn^{2+}}_{(aq)} + {SO_4^{2-}}_{(aq)}$ et de différents additifs. Le récipient à étamer constitue une électrode, l'autre étant de l'étain $Sn_{(s)}$ pur.

Données :

Masse molaire de l'étain : $M(\mathrm{Sn}) = 119\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$;

Constante de Faraday : $\mathcal{F} = 9,65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$;

L'étain appartient au couple $({Sn^{2+}}_{(aq)}/Sn_{(s)})$.

Partie A : Étamage d'une casserole

1. On considère le schéma du montage représenté en annexe à rendre avec la copie.

1.1. Indiquer sur ce schéma le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

1.2. L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier la réponse.

2. On étudie les réactions aux électrodes en considérant que le solvant n'intervient pas.

2.1. La réaction se produisant à l'électrode A reliée à la borne négative du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier.

En déduire le nom de chaque électrode.

2.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'électrode A.

Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.

2.3. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode (B).

2.4. En déduire l'équation de la réaction globale de cette électrolyse.

Comment évolue la concentration en ions étain ${Sn^{2+}}_{(aq)}$ dans la solution au cours de la réaction ?

3. L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée Δt de l'électrolyse et vaut $I = 0,250$ A.

3.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.

3.2. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir la relation entre la quantité d'électrons $n(\mathrm{e}^-)$ échangée et la quantité d'étain n_{Sn} déposé sur le récipient.

3.3. Donner la relation entre la quantité d'électricité Q et la quantité d'électrons $n(\mathrm{e}^-)$ échangés aux électrodes.

3.4. Montrer alors que la durée de l'électrolyse peut être exprimée, en fonction de la masse m_{Sn} déposée, par la relation :

$$\Delta t = \frac{2m_{\mathrm{Sn}}\mathcal{F}}{IM(\mathrm{Sn})}$$

4. On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre $D = 15$ cm, de hauteur $H = 7,0$ cm, et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur $e = 20\ \mu$m.

Le volume d'étain nécessaire pour le dépôt est donné par la relation $V = Se$ avec :

$$S = \frac{\pi D^2}{2} + 2\pi DH$$

4.1. Calculer la valeur de V en cm^3.

4.2. La masse volumique de l'étain est $\rho = 7,30\ \mathrm{g\cdot cm^{-3}}$. Calculer la masse d'étain nécessaire.

4.3. À l'aide de l'expression donnée en **3.4**, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

Partie B : Utiliser un autre métal ?

Le cuivre est cher et l'électrolyse est un procédé coûteux. Le fer, par exemple, est beaucoup moins onéreux mais il rouille. La rouille apparaissant sur le fer est le résultat d'une réaction d'oxydoréduction. Les couples oxydant-réducteur en présence sont $((\mathrm{Fe_2O_3, H_2O})_{(\mathrm{s})} / \mathrm{Fe}_{(\mathrm{s})})$ et $(\mathrm{O}_{2(\mathrm{g})} / \mathrm{H_2O}_{(\ell)})$.

On donne la demi-équation électronique associée au premier couple :

$$2\mathrm{Fe}_{(\mathrm{s})} + 4\mathrm{H_2O}_{(\ell)} = (\mathrm{Fe_2O_3, H_2O})_{(\mathrm{s})} + 6\mathrm{H}^+ + 6\mathrm{e}^-$$

1. Donner la demi-équation électronique associée au second couple $(\mathrm{O}_{2(\mathrm{g})} / \mathrm{H_2O}_{(\ell)})$.

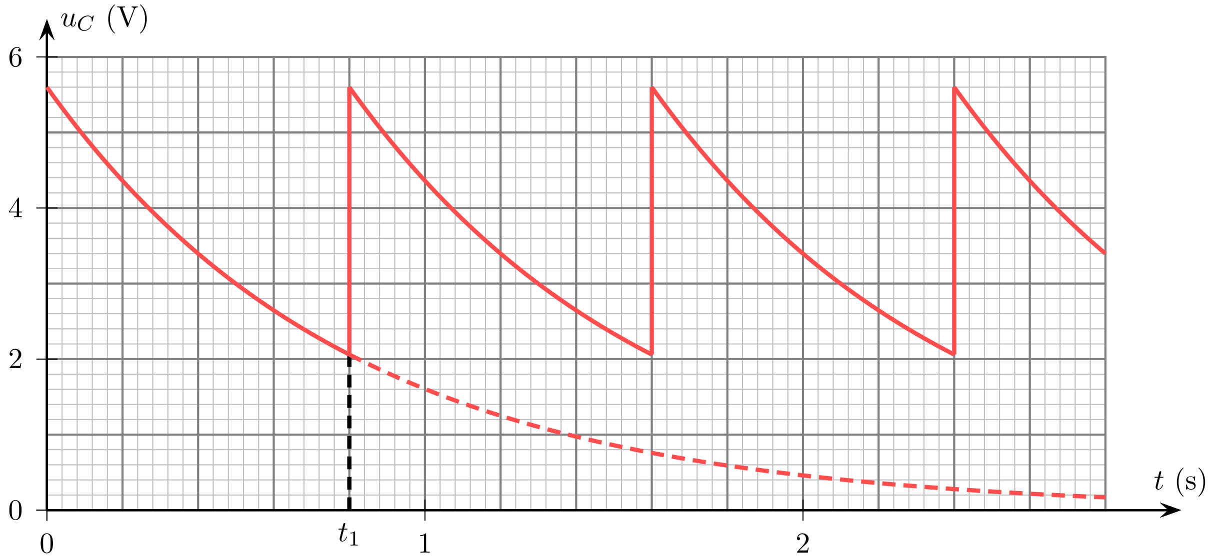
2. En déduire l'équation de la réaction globale de la formation de la rouille.

3. Pour éviter la formation de rouille, on peut utiliser des alliages particuliers dits inoxydables, comme l'acier inox. On peut aussi protéger le fer par des vernis, des peintures ou des traitements de surface. Mais le procédé le plus répandu est l'étamage de l'acier. On obtient ainsi du fer blanc utilisé pour les boîtes de conserves et les canettes de boisson par exemple.

Par analogie avec l'étamage du cuivre, proposer un schéma d'électrolyse d'une boîte de conserve, en disposant les électrodes de façon à ce que le dépôt d'étain se fasse de façon uniforme sur la face interne de la boîte.

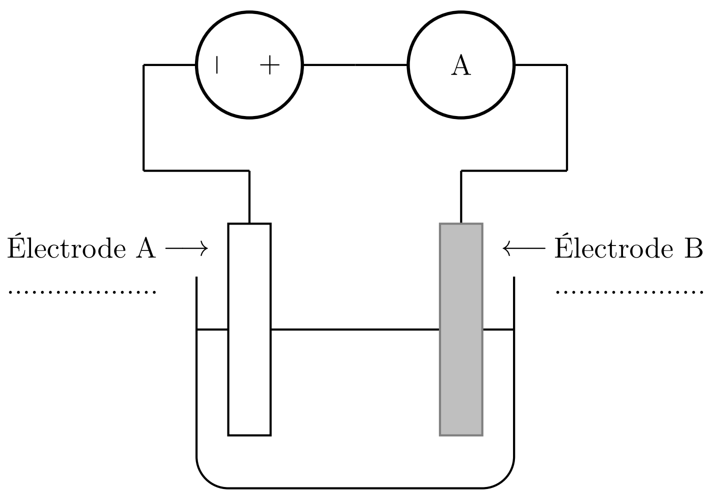
Nom : .... **Prénom : ....**

Annexe de l'exercice 1



Courbe 1 (exercice 1)

Annexe de l'exercice 2



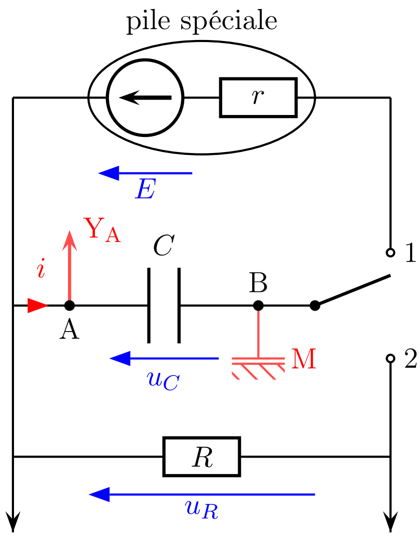
Question 1 (exercice 2)

Corrigé du DS n°6 – TS1 2012
Électrolyse & Dipôle RC

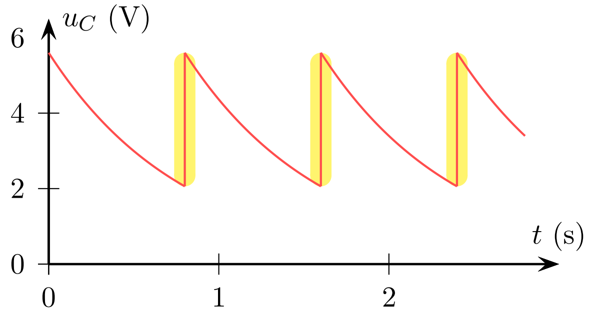
Exercice 1 – Le stimulateur cardiaque

1.a. Lorsque l'interrupteur est en position (1), le condensateur est directement connecté à la pile, de résistance interne r très faible. Par conséquent, rien ne vient limiter l'intensité du courant de charge, et le condensateur se charge très rapidement.

1.b. Il faut brancher la masse de l'interface sur le point milieu de l'interrupteur à deux positions, donc en B, et la voie de mesure $\mathrm{Y_A}$ en A :



1.c. La partie correspondant à la charge du condensateur est la partie verticale, car le condensateur se charge quasiment instantanément (la tension à ses bornes augmente quasi instantanément). Ces portions de courbe sont mises en évidence par un tracé au stabilo sur la courbe n°1.



1.d. Lorsque le condensateur est complétement chargé, l'intensité du courant qui circule dans le circuit est nulle.
La tension aux bornes du condensateur est alors égale à la force électromotrice E de la pile, puisque la tension aux bornes de la résistance interne de la pile spéciale est nulle :

$$u_r = ri \quad \text{et} \quad i = 0 \quad \Rightarrow \quad u_r = 0$$

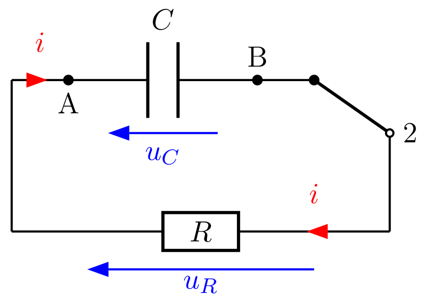
Par lecture graphique en $t = 0$ sur la courbe n°1, $E = 5,6$ V.

2.a. Lors de la décharge :

- $i < 0$ puisque :

$$q(t) \searrow \quad \Rightarrow \quad \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} < 0 \quad \Rightarrow \quad i < 0$$

- Loi d'Ohm, avec une convention générateur (flèches de i et de u_R dans le même sens) :



$$u_R = -Ri \quad \Leftrightarrow \quad i = -\frac{u_R}{R}$$

- $q = Cu_C$, charge de l'armature vers laquelle est orienté la flèche de l'intensité i ;
- Intensité $i(t)$:

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$$

- En remplaçant l'avant-dernière expression dans la dernière :

$$i = \frac{\mathrm{d}\left(Cu_C\right)}{\mathrm{d}t} = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

2.b. La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$$u_C = u_R \quad \Leftrightarrow \quad u_C - u_R = 0$$

On remplace u_R par son expression :

$$u_C - (-Ri) = 0$$

Et on remplace i par son expression :

$$u_C + RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{RC}u_C = 0$$

Il s'agit bien d'une équation différentielle de la forme demandée, avec :

$$\tau = RC$$

2.c. L'expression littérale de τ est rappelée ci-dessus. Analyse dimensionnelle :

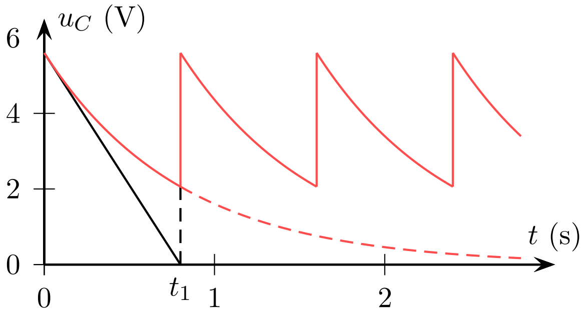
$$\begin{cases} [\tau] = \mathrm{s} \\ [RC] = \Omega \cdot \mathrm{F} \end{cases}$$

On détaille chaque unité :

$$\begin{cases} R = -\dfrac{u_R}{i} & \Rightarrow \quad \Omega = \dfrac{\text{V}}{\text{A}} = \text{V}\cdot\text{A}^{-1} \\ C = \dfrac{i}{\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}} & \Rightarrow \quad \text{F} = \dfrac{\text{A}}{\frac{\text{V}}{\text{s}}} = \text{A}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ [RC] = \text{V}\cdot\text{A}^{-1}\cdot\text{A}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s} = \text{s} \qquad \text{c. q. f. d.}$$

2.d. On détermine τ en notant l'abscisse du point d'intersection entre la tangente à l'origine et l'axe des abscisses : $\tau = t_1 = 0,80$ s.



2.e.

$$\tau = RC \quad \Leftrightarrow \quad R = \frac{\tau}{C}$$

$$R = \frac{0,80}{470\times 10^{-9}}$$

$$R = 1,7\times 10^{6}\ \Omega = 1,7\ \text{M}\Omega$$

3.a. Comme l'indique le texte, le condensateur se décharge jusqu'à une valeur limite :

$$u_{\text{limite}} = \frac{E}{\text{e}}$$

donc l'expression littérale de la tension u_C aux bornes du condensateur, à l'instant t_1, est :

$$u_C(t_1) = \frac{E}{\text{e}}$$

On en déduit une valeur de E :

$$\Leftrightarrow \quad E = \text{e}u_C(t_1) = \text{e}\times 2,1 = 5,7\ \text{V}$$

La valeur déterminée par lecture graphique est $E = 5,6$ V, donc un écart en pourcentage de :

$$\frac{5,7-5,6}{5,6} = 0,018 = 1,8\,\%$$

Il y a donc un bon accord.

3.b. On remplace t par t_1 dans la solution proposée :

$$u_C(t_1) = E\cdot \text{e}^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

Par identification avec la formule littérale précédente :

$$E\cdot\text{e}^{-\frac{t_1}{\tau}} = \frac{E}{\text{e}} \quad \Rightarrow \quad \text{e}^{-\frac{t_1}{\tau}} = e^{-1}$$
$$\Rightarrow \quad t_1 = \tau$$

3.c. La charge du condensateur étant quasi-immédiate, et sa décharge nécessitant une durée t_1, il faut donc séparer deux impulsions électriques consécutives d'une durée $\Delta t = t_1$.

3.d. La période de battement du cœur est imposée, $T = t_1 = 0,80$ s ; la fréquence cardiaque est donc, par seconde :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,80} = 1,25\ \text{Hz}$$

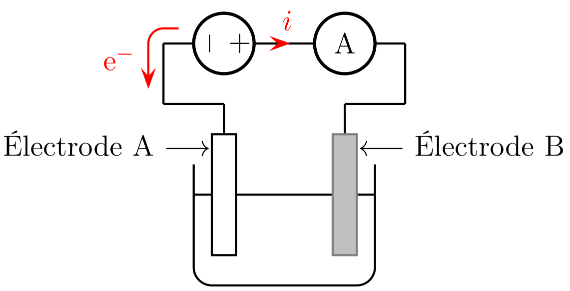
et donc, par minute :

$$f = 1,25\times 60 = 75\ \text{min}^{-1}$$

Exercice 2 – Pourquoi cuisiner dans des casseroles en cuivre ?

Partie A : Étamage d'une casserole

1.1. Les porteurs de charge sont les électrons dans les fils conducteurs, et les ions dans la solution. Les anions semblent continuer dans le même sens que les électrons alors que les cations vont dans le sens opposé aux anions, en raison de leurs charges, opposées.



1.2. L'électrolyse est une transformation forcée : la circulation du courant impose un sens contraire au sens spontané de la réaction d'oxydo-réduction.

2.1. À l'électrode A, reliée à la borne négative du générateur, les électrons sont consommés dans une réaction qui est donc une réduction (l'oxydant capte des électrons en étant réduit) :

$$Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^- = Sn_{(s)}$$

Les anions chargés négativement s'éloignent de cette électrode alors que les cations se déplacent vers elle, c'est la cathode.
Inversement l'électrode B, reliée à la borne positive, est le siège d'une oxydation, et se trouve être l'anode.

2.2. L'électrode B est une électrode sacrificielle, appelée improprement « anode soluble » :

$$Sn_{(s)} = Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^-$$

2.3.

$$\begin{array}{rcl} Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^- & = & Sn_{(s)} \\ Sn_{(s)} & = & Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^- \\ \hline Sn^{2+}{}_{(aq)} + Sn_{(s)} & \rightarrow & Sn_{(s)} + Sn^{2+}{}_{(aq)} \end{array}$$

La concentration en ions étain $Sn^{2+}_{(aq)}$ dans la solution ne varie pas, car il y a autant d'ions consommés à la cathode que formés à l'anode.

3.1. L'intensité étant constante, la dérivée de la charge par rapport au temps s'écrit :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad Q = I\Delta t$$

3.2. On constate dans les demi-équations précédentes que $y = 2$ électrons sont échangés pour chaque atome d'étain déposé. Par suite,

$$n(\mathrm{e}^-) = 2n_{\mathrm{Sn}}$$

3.3.

$$Q = n(\mathrm{e}^-)\mathcal{F}$$

3.4. On élimine la charge Q en regroupant ses deux expressions précédentes :

$$I\Delta t = n(\mathrm{e}^-)\mathcal{F} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{n(\mathrm{e}^-)\mathcal{F}}{I}$$

$$n(\mathrm{e}^-) = 2n_{\mathrm{Sn}} \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{2n_{\mathrm{Sn}}\mathcal{F}}{I}$$

La quantité de matière d'étain s'exprime en fonction de la masse d'étain m_{Sn} déposé :

$$n_{\mathrm{Sn}} = \frac{m_{\mathrm{Sn}}}{M_{\mathrm{Sn}}} \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{2m_{\mathrm{Sn}}\mathcal{F}}{IM_{\mathrm{Sn}}}$$

4.1. Expression littérale du volume V d'étain :

$$V = Se = \left(\frac{\pi D^2}{2} + 2\pi DH\right) e$$

Application numérique, avec $D = 15$ cm, $H = 7,0$cm et $e = 20$ μm $= 0,0020$ cm :

$$V = \left(\frac{\pi \times 15^2}{2} + 2\pi \times 15 \times 7,0\right) \times 0,0020$$

$$V = 2,0 \text{ cm}^3$$

4.2. Par définition de la masse volumique :

$$\rho = \frac{m_{\mathrm{Sn}}}{V} \quad \Leftrightarrow \quad m_{\mathrm{Sn}} = \rho V$$

Application numérique :

$$m_{\mathrm{Sn}} = 7,30 \times 2,0 = 15 \text{ g}$$

4.3. Durée minimale du dépôt :

$$\Delta t = \frac{2 \times 15 \times 9,65 \times 10^4}{0,250 \times 119} = 9,7 \times 10^4 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{9,7 \times 10^4}{3\,600} = 27 \text{ heures}$$

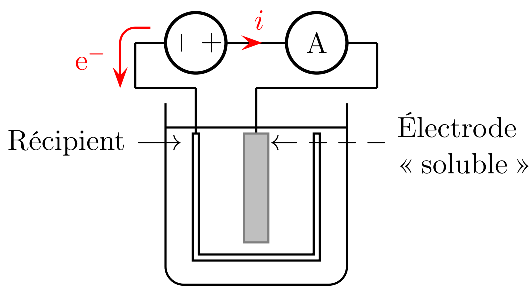
Partie B : Utiliser un autre métal

1.

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- = 2\,H_2O$$

2. L'équation de la réaction globale est détaillée en fin de corrigé, avec les différentes étapes de simplification ($12\,H^+$ de part et d'autre, $6\,H_2O$ de part et d'autre, et division de l'ensemble par deux).

3. Il faut disposer l'anode « soluble » à l'intérieur de la boîte, au centre, le récipient à étamer formant la cathode :



$$\begin{array}{rcll}
O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- & = & 2\,H_2O & \times 3 \\
2\,Fe + 4\,H_2O & = & (Fe_2O_3, H_2O) + 6\,H^+ + 6\,e^- & \times 2 \\
\hline
4\,Fe + 8\,H_2O + 3\,O_2 + 12\,H^+ & \rightarrow & 2\,(Fe_2O_3, H_2O) + 12\,H^+ + 6\,H_2O & \\
4\,Fe + 2\,H_2O + 3\,O_2 & \rightarrow & 2\,(Fe_2O_3, H_2O) & \\
2\,Fe_{(s)} + H_2O_{(\ell)} + \frac{3}{2}\,O_{2\,(g)} & \rightarrow & (Fe_2O_3, H_2O)_{(s)} &
\end{array}$$

Grille DS6 – TS1 20112

1. Le stimulateur cardiaque ... /20

- ❑ Pas de résistance en série
- ❑ Schéma 1 : M sur point milieu + Y_A sur C
- ❑ Annexe 1 : charge verticale, justifié
- ❑ $i = 0$ si condensateur chargé
- ❑ $E = 5,5$ V lu sur le sommet du pic de charge
- ❑ $i < 0$ lors de la décharge
- ❑ $i = u_R/R$
- ❑ $q_A = Cu_C$
- ❑ $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$
- ❑ $u_R + u_C = 0$
- ❑ Démo $\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t + (1/RC)u_C = 0$
- ❑ $\tau = RC$ + Analyse dimensionnelle
- ❑ Annexe 1 : mesure de τ
- ❑ $\tau = 0,80$ s
- ❑ $R = 1,7$ MΩ
- ❑ $u_C(t_1) = E/\mathrm{e}$
- ❑ $u_C(t_1) = 2,0$ V + écart 5 % donc accord
- ❑ Démo $t_1 = \tau$ par identification
- ❑ $\Delta t = t_1 = 0,8$ s
- ❑ 75 battements par minute

2. Casseroles en cuivre ... /20

- ❑ Sens des porteurs sur le schéma
- ❑ Transformation forcée
- ❑ A : réduction, cathode, justifié
- ❑ Donc B : oxydation, anode
- ❑ A : $Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^- = Sn_{(s)}$
- ❑ Casserole en A, justifié
- ❑ B : $Sn_{(s)} = Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^-$
- ❑ Bilan $Sn^{2+}{}_{(aq)} + Sn_{(s)} = Sn_{(s)} + Sn^{2+}{}_{(aq)}$
- ❑ Concentration $Sn^{2+}{}_{(aq)}$ constante
- ❑ $Q = I\Delta t$
- ❑ $n_{e^-} = 2\,n_{Sn}$, justifié
- ❑ $Q = n_{e^-}\mathcal{F}$
- ❑ Démo $\Delta t = 2m_{Sn}\mathcal{F}/IM_{Sn}$
- ❑ $V = 2,0$ cm^3 avec 20×10^{-4} pour μm $\rightarrow$ cm
- ❑ $m_{Sn} = \rho V$
- ❑ $m = 15$ g
- ❑ $\Delta t = 9,7 \times 10^4$ s $= 27$ heures
- ❑ $O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- = 2\,H_2O$
- ❑ $2\,Fe_{(s)} + H_2O_{(\ell)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} = (Fe_2O_3, H_2O)_{(s)}$
- ❑ Électrode à l'intérieur de la boîte !

Total ... /40

Note ... /20

Grille DS6 – TS1 20112

1. Le stimulateur cardiaque ... /20

- ❑ Pas de résistance en série
- ❑ Schéma 1 : M sur point milieu + Y_A sur C
- ❑ Annexe 1 : charge verticale, justifié
- ❑ $i = 0$ si condensateur chargé
- ❑ $E = 5,5$ V lu sur le sommet du pic de charge
- ❑ $i < 0$ lors de la décharge
- ❑ $i = u_R/R$
- ❑ $q_A = Cu_C$
- ❑ $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$
- ❑ $u_R + u_C = 0$
- ❑ Démo $\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t + (1/RC)u_C = 0$
- ❑ $\tau = RC$ + Analyse dimensionnelle
- ❑ Annexe 1 : mesure de τ
- ❑ $\tau = 0,80$ s
- ❑ $R = 1,7$ MΩ
- ❑ $u_C(t_1) = E/\mathrm{e}$
- ❑ $u_C(t_1) = 2,0$ V + écart 5 % donc accord
- ❑ Démo $t_1 = \tau$ par identification
- ❑ $\Delta t = t_1 = 0,8$ s
- ❑ 75 battements par minute

2. Casseroles en cuivre ... /20

- ❑ Sens des porteurs sur le schéma
- ❑ Transformation forcée
- ❑ A : réduction, cathode, justifié
- ❑ Donc B : oxydation, anode
- ❑ A : $Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^- = Sn_{(s)}$
- ❑ Casserole en A, justifié
- ❑ B : $Sn_{(s)} = Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,e^-$
- ❑ Bilan $Sn^{2+}{}_{(aq)} + Sn_{(s)} = Sn_{(s)} + Sn^{2+}{}_{(aq)}$
- ❑ Concentration $Sn^{2+}{}_{(aq)}$ constante
- ❑ $Q = I\Delta t$
- ❑ $n_{e^-} = 2\,n_{Sn}$, justifié
- ❑ $Q = n_{e^-}\mathcal{F}$
- ❑ Démo $\Delta t = 2m_{Sn}\mathcal{F}/IM_{Sn}$
- ❑ $V = 2,0$ cm^3 avec 20×10^{-4} pour μm $\rightarrow$ cm
- ❑ $m_{Sn} = \rho V$
- ❑ $m = 15$ g
- ❑ $\Delta t = 9,7 \times 10^4$ s $= 27$ heures
- ❑ $O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- = 2\,H_2O$
- ❑ $2\,Fe_{(s)} + H_2O_{(\ell)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} = (Fe_2O_3, H_2O)_{(s)}$
- ❑ Électrode à l'intérieur de la boîte !

Total ... /40

Note ... /20