



Concours de réorientation
Epreuve de sciences physiques
Durée : 2 heures

Session : 2017

L'épreuve comporte deux exercices de chimie et deux exercices de physique repartis sur cinq pages numérotées de 1/5 à 5/5.
La page 5/5 est une feuille annexe à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie.

Partie de chimie (10 points)

Exercice 1 (5,25 points)

Toutes les solutions aqueuses sont prises à la température de 25°C , température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On donne les masses molaires : $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

L'aspirine est un médicament prescrit à faible dose, pour ses propriétés anticoagulantes, de manière préventive pour diminuer le risque de formation de caillots sanguins responsables des accidents vasculaires cérébraux (AVC). On trouve l'aspirine sous diverses formulations (comprimés simples ou effervescents, poudre, suppositoires...). Elle est active lorsqu'elle est passée dans le sang du patient donc après avoir traversé les parois lipidiques des cellules de l'estomac ou de l'intestin.

La molécule d'aspirine ou acide acétylsalicylique a pour formule brute $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ et possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le pK_a du couple acide/base ainsi constitué est égal à 3,5.

1- Le pH d'une solution aqueuse S d'acide acétylsalicylique de concentration molaire $C = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ vaut 2,9.

a- Ecrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide acétylsalicylique et l'eau. Donner le symbole de chacun des deux couples acide/base mis en jeu.

b- Exprimer le taux d'avancement final τ_f de cette réaction dans la solution S en fonction de C et pH . Préciser, en le justifiant, la qualification (totale ou limitée) de la transformation étudiée.

2- a- Donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple acide acétylsalicylique/ion acétylsalicylate. En déduire la relation entre le pK_a de ce couple et le pH du milieu dans lequel il se trouve.

b- On considère qu'une espèce chimique est prédominante devant une autre espèce chimique si sa concentration dans la solution est supérieure à celle de l'autre espèce chimique.

b₁- Lors de la digestion, la valeur du pH de l'estomac vaut environ 2. Préciser la forme prédominante (acide ou basique) du couple acide acétylsalicylique/ion acétylsalicylate dans le milieu stomacal. Justifier la réponse.

b₂- L'aspirine peut se trouver sous forme de suppositoire. La valeur du pH de la paroi intestinale étant d'environ 8, le médicament y est-il absorbé sous la même forme que dans le milieu stomacal ? Justifier.

3- L'étiquette d'un sachet d'aspirine prescrit au titre de la prévention des AVC porte la mention : «Aspirine 100». Le laborantin d'une firme pharmaceutique est chargé de vérifier qu'un sachet de ce médicament contient bien 100 mg d'acide acétylsalicylique. Pour cela, il prépare une solution S_A en introduisant l'aspirine contenue dans le sachet dans une fiole jaugée, puis en ajoutant de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume 500 mL. Il prélève ensuite un volume $V_A = 100 \text{ mL}$ de la solution S_A qu'il dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium NaOH de concentration $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de phénolphthaleïne. Le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence acido-basique est $V_E = 10,7 \text{ mL}$.

- a- Ecrire l'équation de la réaction acido-basique du dosage.
- b- Déterminer la quantité de matière d'aspirine dosée, puis celle contenue dans la fiole entière.
- c- Déterminer la masse m , exprimée en mg, d'acide acétylsalicylique contenu dans le sachet d'aspirine.
Ce résultat est-il en accord avec la mention portée sur l'étiquette du sachet ?
Identifier les principales sources d'erreurs responsables de l'écart éventuellement observé.

Exercice 2 (4,75 points)

À la température de 25 °C, on réalise une pile en reliant, à l'aide d'un pont salin, les deux couples redox suivants : Co^{2+}/Co (placé à gauche) et Ni^{2+}/Ni (placé à droite). Les solutions dans les deux compartiments de gauche et de droite ont le même volume. L'une est une solution aqueuse de sulfate de cobalt CoSO_4 de concentration molaire C_1 et l'autre une solution aqueuse de sulfate de nickel NiSO_4 de concentration molaire C_2 .

On supposera que le volume de la solution contenue dans chaque compartiment de la pile reste constant et qu'aucune des deux électrodes n'est totalement consommée durant le fonctionnement de la pile.

On donne les potentiels standards suivants : $E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^0 = -0,28 \text{ V}$ et $E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,25 \text{ V}$.

- 1- a- Donner le symbole de la pile ainsi réalisée et écrire l'équation chimique qui lui est associée.
b- Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K relative à l'équation chimique associée.
- 2- On fixe la valeur de C_1 , on fait varier C_2 et on mesure à chaque fois la valeur de la fem initiale E de la pile correspondante. Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe (C) de la figure 1 de la feuille annexe (page 5/5), traduisant l'évolution de E en fonction de $\log C_2$.
 - a- Déterminer, à partir de la courbe (C), l'expression de la fem initiale E en fonction de $\log C_2$.
 - b- En exploitant l'expression théorique de la fem initiale E , déduire la valeur de C_1 .
- 3- Pour $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et $C_2 = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$:
 - a- déterminer la valeur de la fem initiale E_i de la pile ainsi réalisée ;
 - b- déduire l'équation de la réaction spontanée lorsque la pile débite du courant dans un circuit extérieur ;
 - c- déterminer les concentrations molaires C'_1 et C'_2 respectivement des ions Co^{2+} et Ni^{2+} lorsque la pile ne débite plus du courant.
 - d- Lorsque la pile ne débite plus du courant dans le circuit extérieur, on ajoute une petite quantité de cristaux de sulfate de Cobalt dans son compartiment de gauche, sans variation sensible du volume de la solution correspondante.
 - Dire, en le justifiant, dans quel sens évolue le système ?
 - Préciser alors la polarité des électrodes de la pile. Justifier.

Partie de physique (10 points)

Exercice 1 (5 points)

La médecine est l'un des principaux domaines dans lequel on trouve l'application pratique de la radioactivité. On utilise dans ce domaine plusieurs éléments radioactifs pour diagnostiquer et traiter quelques maladies. Parmi ces éléments, on trouve le sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ qui peut nous aider à contrôler la circulation sanguine dans le corps humain.

1- Le sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ est un radio-isotope artificiel obtenu en bombardant le sodium $^{23}_{11}\text{Na}$ par des neutrons.

- a- Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire et rappeler les lois utilisées.
- b- S'agit-il d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée ?

2- Le sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ est radioactif, il se désintègre en un noyau de magnésium $^{24}_{12}\text{Mg}$.

La période radioactive du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ est : **T = 15 heures**.

- a- Quel est le type de radioactivité correspondant à cette désintégration? Justifier.
- b- Donner sans démonstration la loi de décroissance radioactive en précisant la signification de chaque terme.
- c- Donner la définition de la période ou demi-vie d'un élément radioactif.

3- Au cours d'une expérience visant à estimer le volume moyen V de sang contenu dans un corps humain, on injecte dans le sang d'un patient, une petite quantité d'une solution radioactive contenant initialement du **sodium 24**. On fait l'hypothèse que, en quelques heures, cette solution diffuse de manière homogène dans tout le volume sanguin. L'activité initiale A_0 de la solution radioactive injectée est égale à **960 kBq**. **30 heures** après l'injection, on mesure l'activité A_p d'un prélèvement sanguin de volume $V_p = 10 \text{ mL}$, on obtient une valeur $A_p = 480 \text{ Bq}$.

- a- Déterminer la valeur de l'activité résiduelle A_1 de la totalité de la solution radioactive injectée dans le sang, **30 heures** après l'injection.
- b- Pourquoi la valeur de A_1 est-elle différente de la valeur de A_p ?
- c- Établir la relation qui lie A_1 , A_p , V et V_p .
- d- En déduire le volume V de sang dans le corps du patient.

Exercice 2 (5 points)

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) qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes.

Ce pacemaker est en fait un générateur d'impulsions ; il peut être modélisé par le circuit électrique en dérivation, de la **figure 2**, qui comprend un condensateur, initialement déchargé, de capacité $C = 470 \text{ nF}$, un conducteur ohmique de résistance élevée 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'un conducteur ohmique de résistance r (ici très faible) 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 , jusqu'à une valeur limite $u_{\text{limite}} = \frac{E}{e}$ avec $\ln(e) = 1$; où \ln représente le logarithme népérien.

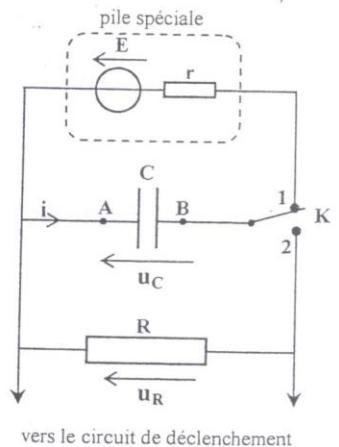


Figure 2

A cet instant, noté t_d , 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...

L'évolution, en fonction du temps, de la tension u_C aux bornes du condensateur a alors l'allure indiquée sur la figure 3 de la feuille annexe (page 5/5) à compléter et à remettre avec la copie.

I- Charge du condensateur :

- 1- a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C lors de la charge est donnée par : $E = u_c + rC \frac{du_c}{dt}$.
 - b- Sachant que $u_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$ est une solution de cette équation différentielle, déterminer l'expression de la constante de temps τ_1 du circuit de charge.
 - c- Quand l'interrupteur est en position (1), le condensateur se charge de façon quasi-instantanée. Préciser pourquoi la charge du condensateur est quasi instantanée.
- 2- a- Sur la courbe de la figure 3 de la feuille annexe (page 5/5) à compléter et à remettre avec la copie, colorier la (ou les) portion(s) qui correspondent à la tension u_C lors de la charge du condensateur.
 - b- En exploitant la courbe de la figure 3, déterminer la valeur de E .

II- Décharge du condensateur :

- 1- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ_2 du circuit de décharge.
- 2- En déduire la valeur de R .
- 3- A l'instant t_d , le circuit de déclenchement génère une impulsion électrique ; le condensateur n'est pas complètement déchargé, la tension entre ses bornes est u_{limite} .
 - a- Déterminer graphiquement la valeur de u_{limite} . Est-ce en accord avec la valeur de E obtenue à la question I-2-b ?
 - b- Sachant que lors de la décharge, la tension entre les bornes du condensateur s'exprime par :
$$u_c(t) = E e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$
, montrer que $t_d = \tau_2$.
 - c- Déterminer le nombre de battements du cœur par minute.

Nom et prénom :
N° d'inscription :

Signature des surveillants

Feuille annexe à compléter et à rendre avec la copie

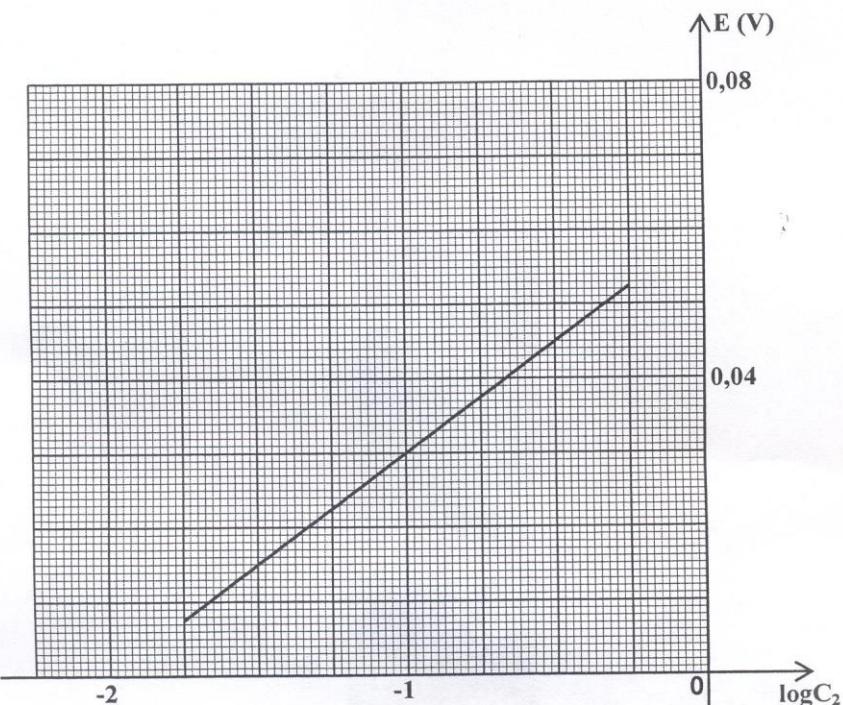
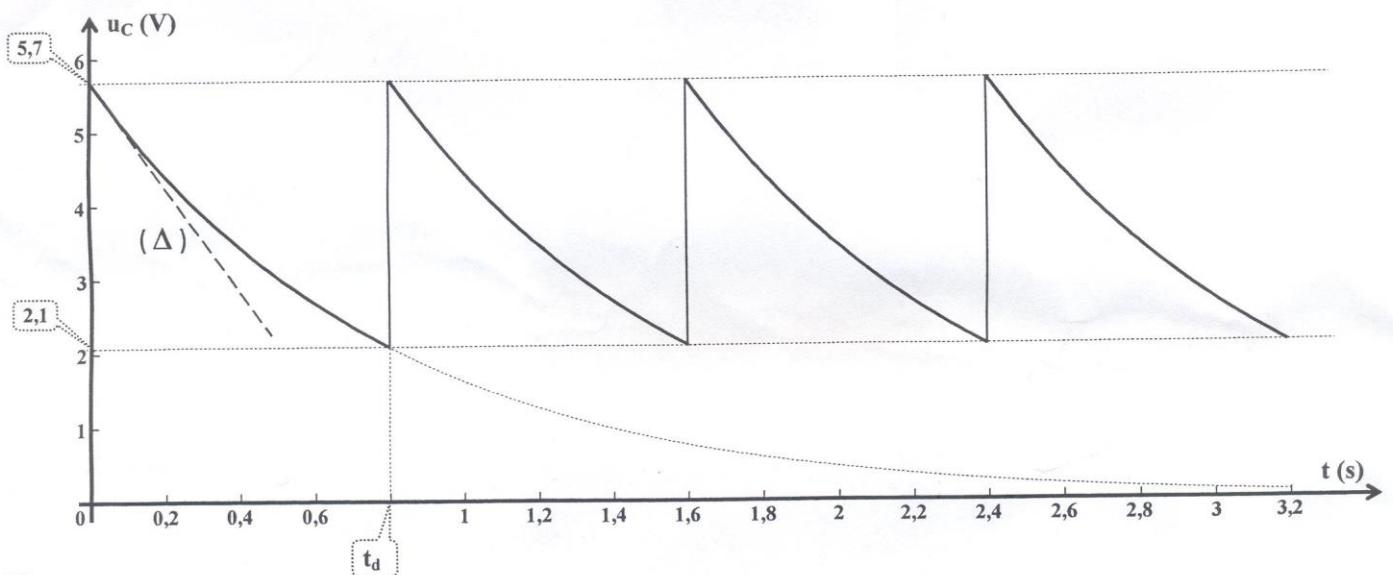


Figure 1



(Δ) est tangente à la courbe $u_c(t)$ à l'instant $t = 0$.

Figure 3