



Concours de réorientation

Session : 2014

Epreuve de sciences physiques

Durée : 3 heures

Le sujet comporte 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4 et 2 feuilles annexes (1) et (2) à rendre avec la copie

Le candidat est appelé à traiter les deux parties, chimie et physique, sur feuilles séparées

Partie de chimie (9 points)

Exercice 1 (5.75 points)

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

L'acide ascorbique, ou « *vitamine C* », est un monoacide de formule brute $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$. Il favorise le développement des os, des tendons et des dents et on le trouve dans de nombreux aliments, en particulier dans les produits frais, légumes verts et fruits. En pharmacie il est possible de trouver la « *vitamine C* », ou l'acide ascorbique, par exemple sous forme de comprimés.

On se propose d'étudier le dosage pH-métrique d'une solution d'acide ascorbique par une solution d'hydroxyde de sodium (ou soude) et de préciser la signification de l'indication « *Vitamine C 500* » inscrite sur l'emballage d'une boîte de comprimés de « *vitamine C* ».

Pour cela, on commence par écraser soigneusement un comprimé dans un mortier, puis on dissout la poudre dans un peu d'eau distillée à l'intérieur d'une fiole jaugée de 50 mL que l'on complète ensuite au trait de jauge. On obtient ainsi une solution S_A de concentration molaire C_A en acide ascorbique.

A l'aide d'une pipette jaugée, on prélève un volume $V_A = 10 \text{ mL}$ de cette solution, que l'on verse dans un bécher. On ajoute peu à peu dans le bécher une solution aqueuse S_B de soude NaOH de concentration molaire $C_B = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et on relève le pH. On note V_B le volume de solution de soude, ajouté.

Le dispositif expérimental utilisé dans ce dosage est schématisé sur la figure 1 de la feuille annexe (1) à rendre avec la copie. L'évolution du pH en fonction de V_B est représentée par la courbe (℘) donnée sur la figure 2 de la feuille annexe (1), sur laquelle on a tracé deux droites (Δ_1) et (Δ_2) parallèles entre elles et tangentes aux deux parties concaves de la courbe.

- 1) Dans la feuille annexe (1) à rendre avec la copie, compléter l'annotation de la figure 1.
- 2) a- Par exploitation de la courbe (℘) de la figure 2 fournie en annexe (1), déterminer les coordonnées V_{BE} et pH_E du point d'équivalence.
(La trace du travail effectué devrait figurer sur la feuille annexe (1) à rendre avec la copie).
- b- En déduire la valeur du pK_a du couple acide/base auquel appartient l'acide ascorbique et la concentration molaire C_A de la solution S_A .
- c- Calculer, en milligrammes, la masse de l'acide ascorbique contenu dans un comprimé.
Justifier l'appellation « *Vitamine C 500* » inscrite sur la boîte de comprimés.
- d- Etablir l'expression de la constante d'équilibre K relative à la réaction de dosage en fonction de K_a et K_e , K_a étant la constante d'acidité du couple acide/base auquel appartient l'acide ascorbique.
Calculer K et en déduire que la réaction de dosage est totale.

3) Selon la forme du bécher on est obligé, pour permettre une bonne immersion de l'électrode ou de la sonde du pH-mètre dans le mélange, de rajouter une quantité d'eau distillée au volume V_A de la solution S_A à doser. Préciser, en le justifiant, si à la suite de ce rajout les grandeurs demandées dans la question 2) a- restent inchangées ou subissent une augmentation ou une diminution.

4) Au lieu du suivi pH-métrique, on réalise un dosage colorimétrique utilisant un indicateur coloré approprié.

Parmi les trois indicateurs colorés dont les zones de virage sont mentionnées dans le tableau ci-contre, lequel vous semble-t-il convenir le mieux à cette expérience ? Justifier.

indicateur coloré	zone de virage
rouge de méthyle	4,2 - 6,2
bleu de bromophénol	3 - 4,6
rouge de crésol	7,2 - 8,8

5) La solution précédente S_B de concentration molaire $C_B = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a été préparée juste avant son utilisation par dilution d'une solution mère S_0 de soude de concentration molaire $C_0 = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$.

Décrire le protocole expérimental nécessaire à la préparation le plus précisément de la solution diluée S_B à partir de la solution S_0 et préciser, en le justifiant, la verrerie utilisée parmi le matériel du tableau ci-contre :

Matériel	Capacités			
fioles jaugées	50 mL	100 mL	200 mL	250 mL
pipettes jaugées	5 mL	10 mL	20 mL	25 mL
éprouvettes graduées	20 mL	25 mL	50 mL	100 mL

Exercice 2 (3,25 points)

1) A la température 25°C , on réalise la pile P_1 donnée sur la figure 3 ci-contre, où la demi pile de droite est constituée par une lame de nickel Ni plongeant dans une solution aqueuse de sel de nickel de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions Ni^{2+} et la demi pile de gauche est l'électrode normale à hydrogène. On relie les bornes de cette pile à un voltmètre de très grande résistance. Celui-ci indique une tension: $U = V_{\text{Ni}} - V_{\text{Pt}} = -0,28 \text{ V}$.

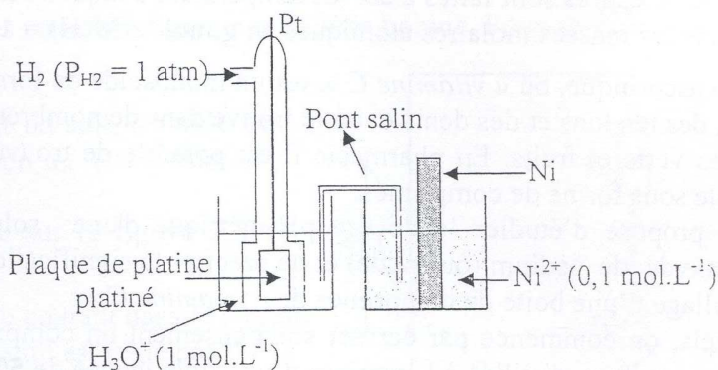


Figure 3

a- Donner le symbole de la pile P_1 et préciser, en le justifiant, la polarité de ses bornes.

b- Montrer que le potentiel standard redox du couple Ni^{2+}/Ni est $E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0,25 \text{ V}$.

2) On réalise maintenant une pile P_2 en reliant à l'aide d'un pont salin :

- une demi-pile (A), placée à gauche, constituée par une lame de nickel Ni plongée dans un volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sel de nickel de concentration $C_1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions Ni^{2+} ;

- une demi-pile (B), placée à droite, constituée par une lame de cobalt Co plongée dans un volume $V_2 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sel de cobalt de concentration $C_2 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions Co^{2+} .

On relie la pile P_2 à un conducteur ohmique et un ampèremètre et on ferme le circuit à l'instant $t = 0$.

On suppose qu'il n'y a ni changement des volumes des solutions ni risque d'épuisement des lames.

On donne : $E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^0 = -0,28 \text{ V}$; les masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $\text{Ni} \approx \text{Co} \approx 59$.

a- Calculer la valeur initiale de la force électromotrice fem de la pile P_2 .

b- Ecrire l'équation de la réaction spontanée ayant lieu dans la pile P_2 lors de son fonctionnement. Justifier.

c- On constate que l'intensité du courant débité par la pile P_2 décroît dans le circuit jusqu'à s'annuler après une certaine durée de temps Δt de fonctionnement.

Déterminer les valeurs des concentrations finales des solutions en ions Ni^{2+} et Co^{2+} , notées respectivement C_1' et C_2' . En déduire la variation de masse de chacune des lames Ni et Co en précisant s'il s'agit d'une augmentation ou d'une diminution.

Partie de physique (11 points)

Exercice 1 (6,5 points)

« La scintigraphie est une méthode d'imagerie médicale qui procède par l'administration, dans l'organisme, d'isotopes radioactifs afin de produire une image médicale par la détection des rayonnements émis par ces isotopes après captation par les organes à examiner.

Il est ainsi possible d'explorer le cœur, le cerveau, la thyroïde, les poumons ... »

D'après le site : <http://www.fracademic.com>

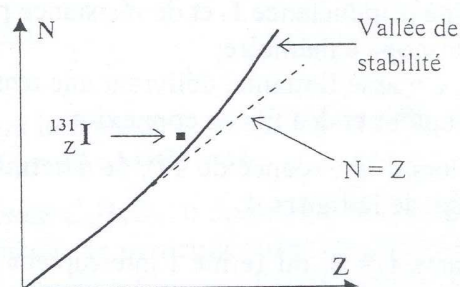
Pour vérifier la forme et le fonctionnement de la glande thyroïde, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ de l'iode, radioactif β^- .

Lors de cette scintigraphie, un patient ingère une dose de masse $m_0 = 1,00 \mu\text{g}$ de cet isotope. L'instant de l'ingestion est pris comme origine des temps.

1) a- Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

b- Calculer le nombre N_0 de noyaux d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ initialement présents dans la dose ingérée.

2) Sur le diagramme (Z, N) de la figure ci-contre où Z représente le nombre de protons et N le nombre de neutrons, la courbe tracée permet de situer la vallée de stabilité des isotopes. Le point représentatif du noyau de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$ est placé au-dessus de cette courbe.



a- Dédurre de ce diagramme si cet isotope radioactif possède un excès de neutron(s) ou un excès de proton(s) par rapport à un isotope stable du même élément.

b- Expliquer l'origine de la particule émise au cours d'une désintégration β^- .

c- Écrire l'équation de la désintégration du noyau d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ sachant que le noyau fils obtenu correspond à un isotope de xénon noté $(^{A}_{54}\text{Xe})$. En énonçant les lois utilisées, déterminer les valeurs de A et de Z .

d- Calculer en MeV l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'iode $^{131}_{53}\text{I}$.

3) Soit $N(t)$ le nombre de noyaux d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ non désintégrés à un instant de date t .

a- Définir l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif.

b- Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution du nombre de noyaux $N(t)$ en fonction du temps.

c- Vérifier que $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$ est une solution de cette équation différentielle. (λ_1 désigne la constante radioactive de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$).

4) a- Définir la demi-vie ou période radioactive T d'un radioélément.

b- Etablir la relation entre la période radioactive T et la constante radioactive λ .

5) a- Exprimer l'activité initiale A_0 de l'échantillon d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ (dose ingérée) en fonction de T_1 et N_0 . Calculer sa valeur dans le système international.

b- Calculer l'activité A de cet échantillon au moment où les images sont réalisées (les images sont généralement réalisées 4 heures après l'injection de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$).

c- En déduire la perte relative d'activité $\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A(t) - A_0|}{A_0}$ entre les deux instants évoqués. Cette perte sera calculée et exprimée en pourcentage.

6) L'isotope $^{123}_{53}\text{I}$ de l'iode est aussi utilisé lors d'une scintigraphie thyroïdienne. Cet isotope est produit par réaction nucléaire entre des noyaux de deutérium ^2_1H de haute énergie et du tellure $^{122}_{52}\text{Te}$.

a- Écrire l'équation correspondant à cette réaction nucléaire et donner la nature de la particule qui accompagne la formation de l'iode $^{123}_{53}\text{I}$. S'agit-il d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée ?

b- On considère maintenant que le patient ingère une quantité d'iode 123 d'activité initiale égale à celle trouvée à la question 5-a.

L'activité A (valeur calculée à la question 5-b) sera-t-elle atteinte après une durée identique, plus petite ou plus grande qu'avec l'isotope 131 de l'iode ? Justifier.

Données :

- période radioactive de l'iode 131 : $T_1 = 8$ jours ; période radioactive de l'iode 123 : $T_2 = 13,2$ heures;
- masses de quelques noyaux et particules :
 $m(^{131}\text{I}) = 130,87705 \text{ u}$; $m(^{131}_{54}\text{Xe}) = 130,87545 \text{ u}$; $m(\beta^-) = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}$;
- unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$

Exercice 2 (4,5 points)

Au laboratoire d'un lycée, on dispose du matériel suivant:

- un générateur de tension constante de valeur $E = 4 \text{ V}$,
- un conducteur ohmique de résistance R réglable,
- une bobine d'inductance L et de résistance r ,
- un oscilloscope à mémoire,
- un GBF, à masse flottante, délivrant une tension triangulaire,
- un interrupteur et des fils de connexion.

On se propose, lors d'une séance de TP, de déterminer les caractéristiques r et L de la bobine. Pour ce faire, on réalise le montage de la figure 4.

A l'instant de date $t = 0$, on ferme l'interrupteur (K) et on suit, à l'aide de l'oscilloscope, l'évolution, au cours du temps, de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

Pour $R = R_1 = 85 \Omega$, on enregistre la courbe donnée sur la figure 5 de l'annexe (2) à rendre avec la copie.

- 1) Préciser l'influence de la bobine sur l'établissement du courant dans le circuit.
- 2) Montrer que l'intensité $i(t)$ du courant traversant le circuit est régie par

$$\text{l'équation différentielle : } E = (R_1 + r) i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

- 3) En exploitant la courbe de la figure 5 de l'annexe (2), déterminer la valeur de r .

- 4) a- Montrer qu'à $t = 0$, on a la relation suivante : $\left. \frac{du_R(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{U_0}{\tau}$, où U_0 est la tension aux bornes du

dipôle résistor en régime permanent et τ la constante du temps du circuit étudié.

- b- En exploitant la relation précédente et la courbe de la figure 5, déterminer la valeur de L .
(La trace du travail effectué devrait figurer sur la feuille annexe (2) à rendre avec la copie).

- 5) Afin de vérifier la valeur de l'inductance L trouvée précédemment, on réalise le montage de la figure 6.

On ajuste la résistance du conducteur ohmique à la valeur $R = r$. Puis on visualise, à l'aide de l'oscilloscope, les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ (voir figure 6). Les deux voies de l'oscilloscope n'étant pas inversées.

Ensuite, on visualise la tension $u_s(t) = u_1(t) + u_2(t)$, en appuyant sur la touche ADD de l'oscilloscope. Les courbes traduisant l'évolution des tensions $u_1(t)$ et $u_s(t)$ sont représentées sur la figure 7 de l'annexe (2).

- a- Montrer que $u_s(t) = - \frac{L}{r} \frac{du_1(t)}{dt}$

- b- En exploitant les courbes représentées sur la figure 7, déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine.

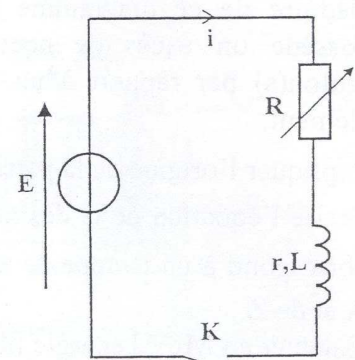


Figure 4

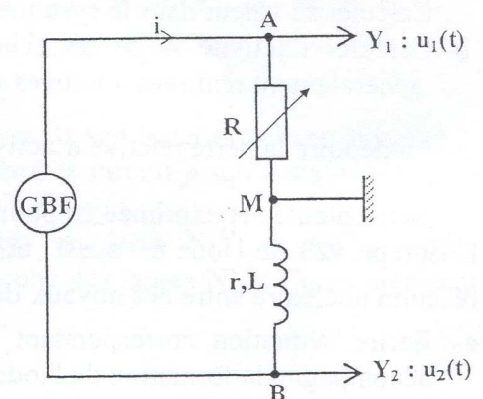


Figure 6

Nom et prénom :
N° d'inscription :

Signature des surveillants

.....

.....

Feuille annexe (2) à rendre avec la copie de physique

Figure 5

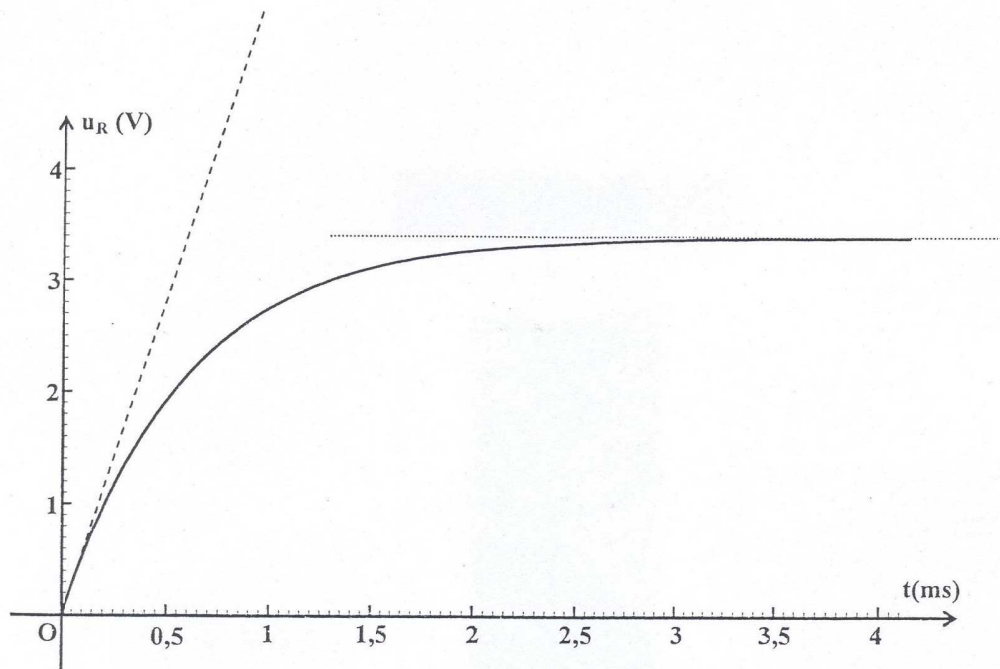
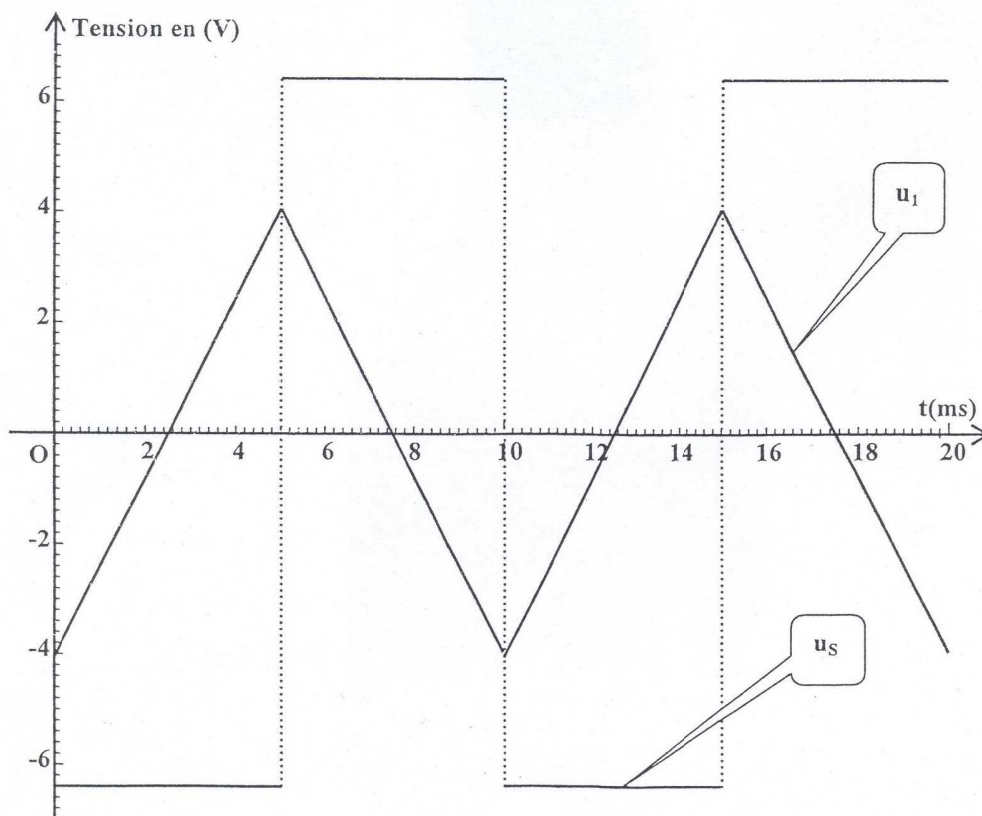


Figure 7



Nom et prénom :

N° d'inscription :

Signature des surveillants

.....

.....

Feuille annexe (1) à compléter et à rendre avec la copie de chimie

