Devoir de sciences physiques n°6 Classe de TS_1

LES CALCULATRICES NE SONT PAS AUTORISEES

Partie Physique Principe d'une minuterie (10 points)

1. ÉTUDE THÉORIQUE D'UN DIPÔLE RC SOUMIS À UN ÉCHELON DE TENSION.

Le montage du circuit électrique schématisé ci-dessous (figure 1) comporte :

- un générateur idéal de tension de force électromotrice E = 12,0 V ;
- un conducteur ohmique de résistance R inconnue ;
- un condensateur de capacité C = 100 µF ;
- un interrupteur K.

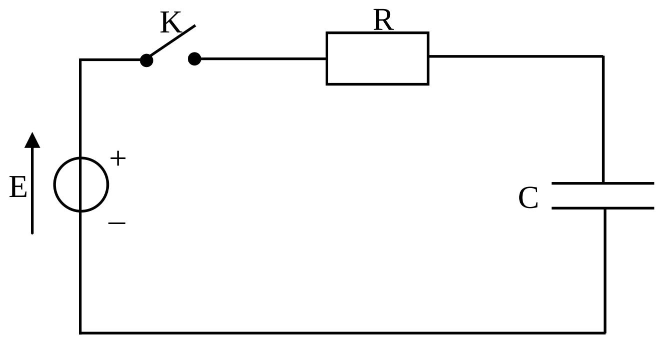

Figure 1

Le condensateur est initialement déchargé.
À la date t = 0, on ferme l'interrupteur K.

Sur le schéma du circuit donné en **ANNEXE (figure 1 à rendre avec la copie)**, une flèche représente le sens de circulation du courant d'intensité i dans le circuit. Ce sens sera considéré comme le sens positif. Par ailleurs, on note q la charge de l'armature du condensateur qui se chargera positivement.

1.1. En utilisant la convention récepteur, représenter par des flèches sur la figure 1 de **l'ANNEXE** les tensions u_C aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique.

1.2. Donner l'expression de u_R en fonction de i.

1.3. Donner l'expression de i en fonction de la charge q du condensateur.

1.4. Donner la relation liant q et u_C.

1.5. En déduire l'expression de i en fonction de la capacité C et de la tension u_C.

1.6. En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir une relation entre E, u_R et u_C.

1.7. Établir l'équation différentielle notée (1) à laquelle obéit u_C.

1.8. $u_C = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, avec τ = RC, est solution de l'équation différentielle (1).

1.8.1. Vérifier que $u_C = E\,(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle (1).

1.8.2. De même, vérifier que $u_C = E\,(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$ respecte la condition initiale.

1.9. On s'intéresse à la constante de temps du dipôle RC : τ = RC.

1.9.1. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le produit τ = RC est bien homogène à une durée.

1.9.2. A l'aide de la courbe u_C = f(t) donnée en **ANNEXE (figure 2 à rendre avec la copie**), déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de votre choix. La construction qui permet la détermination de τ doit figurer sur la courbe u_c = f(t).

Aides aux calculs :	0,63 x 12 = 7,6	0,37 x 12 = 4,4

1.9.3. En déduire la valeur de la résistance R. Cette valeur sera donnée avec deux chiffres significatifs.

2. APPLICATION.

Au dipôle RC précédemment étudié, on associe un montage électronique qui commande l'allumage d'une lampe :

- la lampe s'allume lorsque la tension u_C aux bornes du condensateur est inférieure à une valeur limite u_{al} = 6,0 V ;
- la lampe s'éteint dès que la tension u_C aux bornes du condensateur est supérieure à cette valeur limite u_{al} = 6,0 V.

Le circuit obtenu (figure 3) est le suivant :

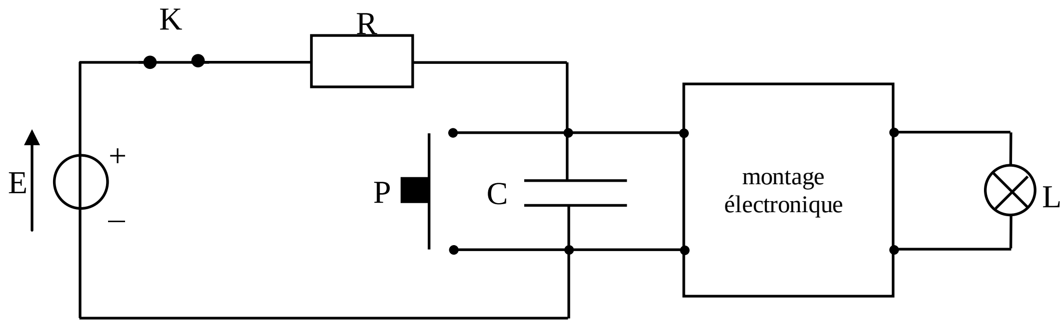

figure 3

Fonctionnement du bouton poussoir :

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir, ce dernier entre en contact avec les deux bornes du condensateur et se comporte comme un fil conducteur de résistance nulle. Il provoque la décharge instantanée du condensateur.
Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, ce dernier se comporte alors comme un interrupteur ouvert.

2.1. Le condensateur est initialement chargé avec une tension égale à 12 V, la lampe est éteinte. On appuie sur le bouton poussoir P.
Que devient la tension aux bornes du condensateur u_C pendant cette phase de contact ?
La lampe s'allume-t-elle ? Justifier la réponse.

2.2. On relâche le bouton poussoir.

2.2.1. Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ?

2.2.2. La constante de temps du dipôle RC utilisé est τ = 25 s.
Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ?

2.2.3. En vous aidant de la solution de l'équation différentielle (donnée à la question 1.8.1.), donner l'expression littérale de la date t_{al}, à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite u_{al} en fonction de u_{al}, E et τ.

2.2.4. Calculer la valeur de t_{al} durée d'allumage de la lampe.

Aides aux calculs :	ln(2) = 0,7	ln(0,5) = - 0,7

2.2.5. Retrouver graphiquement la valeur de t_{al} à l'aide de la courbe u_C = f(t) fournie en **ANNEXE (figure 2 à rendre avec la copie)**. Indiquer clairement cette durée sur le graphe.

2.3. La tension aux bornes du générateur E étant constante, on voudrait augmenter la durée d'allumage. Quels sont les deux paramètres du circuit électrique de la figure 1 sur lesquels on peut agir ? Préciser pour chacun d'entre eux comment ils doivent varier.

Partie Chimie Transport du dioxygène dans le sang (10 points)

Le but de cet exercice est d'étudier, de manière simplifiée, le transport du dioxygène par l'hémoglobine du sang des poumons vers les organes.
Une molécule d'hémoglobine est constituée de plusieurs sous-unités. ***On ne considèrera dans tout l'exercice que la sous-unité notée $Hb_{(aq)}$.***
Le dioxygène est transporté de deux façons dans l'organisme :

- *sous forme de dioxygène dissous dans le sang que l'on note $O_{2(aq)}$.*
- *sous forme d'oxyhémoglobine que l'on notera $HbO_{2(aq)}$.*

Le sang est assimilé à une solution aqueuse.
Donnée :
Masse molaire de la sous-unité d'hémoglobine : $M(Hb) = 1{,}6 \times 10^{4}$ g.mol^{-1}

Les quatre parties sont indépendantes.

1. Transport du dioxygène dans l'organisme par l'hémoglobine du sang

Au niveau des poumons, une sous-unité d'hémoglobine fixe une molécule de dioxygène pour donner une sous-unité d'oxyhémoglobine. L'équation de la réaction associée à la transformation chimique est :

$$Hb_{(aq)} + O_{2(aq)} = HbO_{2(aq)} \quad \text{(équation 1)}$$

1.1. *À l'état initial, on suppose qu'un volume V = 100 mL de sang contient une quantité de sous-unités d'hémoglobine notée n_0, un excès de dioxygène et ne contient pas de sous-unités d'oxyhémoglobine.*
Ce volume V de sang contient une masse m = 16 g de sous-unités d'hémoglobine.
Calculer la quantité de matière n_0 *de sous-unités d'hémoglobine* correspondante.

1.2. En déduire l'avancement maximum x_{max} de la réaction. *On pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système.*

1.3. *Le taux d'avancement final τ_f de la réaction chimique (1) a pour valeur 0,97.*
Donner la relation qui définit le taux d'avancement final τ_f et en déduire la valeur x_f de l'avancement final.

1.4. En déduire la quantité de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formée dans l'état final.

1.5. *En une minute, le débit cardiaque moyen permet de traiter V_S = 5,0 L de sang au niveau des poumons.* En déduire la quantité correspondante n_S de sous-unités d'oxyhémoglobine HbO_2 formées pendant une minute.

Aides aux calculs :	$\frac{5}{97} = 0{,}05$	5x97 = 485	$\frac{97}{5} = 19{,}4$

2. Libération du dioxygène au niveau des organes

Le volume V de sang étudié dans la partie 1 arrive au niveau des tissus des organes. À ce stade une partie du dioxygène dissous est absorbée par les tissus faisant ainsi chuter la concentration en dioxygène dans le sang.
Le système chimique étudié dans la partie 1 se trouve alors dans un nouvel état initial, noté état 1, tel que la concentration en dioxygène dissous est $[O_2]_1 = 3{,}6 \times 10^{-5}$ mol.L^{-1} ; celle de sous-unités d'hémoglobine est alors $[Hb]_1 = 2{,}8 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1} et celle de sous-unités d'oxyhémoglobine est $[HbO_2]_1 = 9{,}1 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1}.

2.1. Calculer la valeur du quotient de réaction Q_{r1} dans l'état 1 correspondant à l'équation (1).

Aides aux calculs :	$\frac{9{,}1}{3{,}6\text{x}2{,}8} = 7{,}0$	$\frac{3{,}6\text{x}2{,}8}{9{,}1} = 1{,}1$	$\frac{3{,}6\text{x}9{,}1}{2{,}8} = 11{,}7$

2.2. *La constante d'équilibre K_1 liée à l'équation (1) a pour valeur $K_1 = 3,0 \times 10^5$.*
Dans quel sens évolue le système ?

3. Et lors d'un effort musculaire ?

<u>Données :</u>
Au cours d'un effort, du dioxyde de carbone est formé au niveau des muscles. Il se dissout dans le sang. Le couple acide-base mis en jeu est CO_2 , H_2O / $HCO_3^-(aq)$ de pKa = 6,4.

3.1. Écrire l'équation notée (2) de la réaction associée à la transformation entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau.

3.2. Représenter sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces du couple CO_2,H_2O / HCO_3^-.

3.3. En déduire, en le justifiant, l'espèce prédominante de ce couple dans le sang au niveau des tissus pour un pH du sang égal à 7,4.

3.4. Pourquoi la dissolution du dioxyde de carbone provoque-t-elle une diminution du pH sanguin en l'absence d'autres réactions ?

3.5. *Chez l'homme, le pH du sang est compris dans des limites très étroites : 7,36 à 7,42. D'autre part, l'oxyhémoglobine peut réagir avec les ions oxonium selon l'équation :*

$$HbO_{2(aq)} + H_3O^+ = O_{2(aq)} + HbH^+_{(aq)} + H_2O \quad \text{(équation 3)}$$

Montrer que les ions H_3O^+ produit par la réaction d'équation (2) permettent la libération du dioxygène nécessaire à l'effort musculaire tout en limitant la variation de pH, vue à la question 3.4.

ANNEXE (à rendre avec la copie)

NOM : **PRENOM**

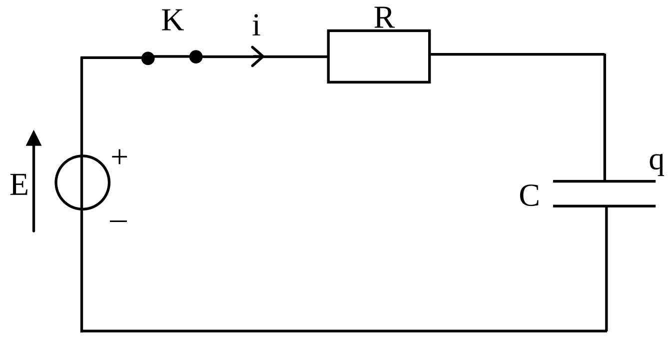

Figure 1

Courbe $u_C = f(t)$

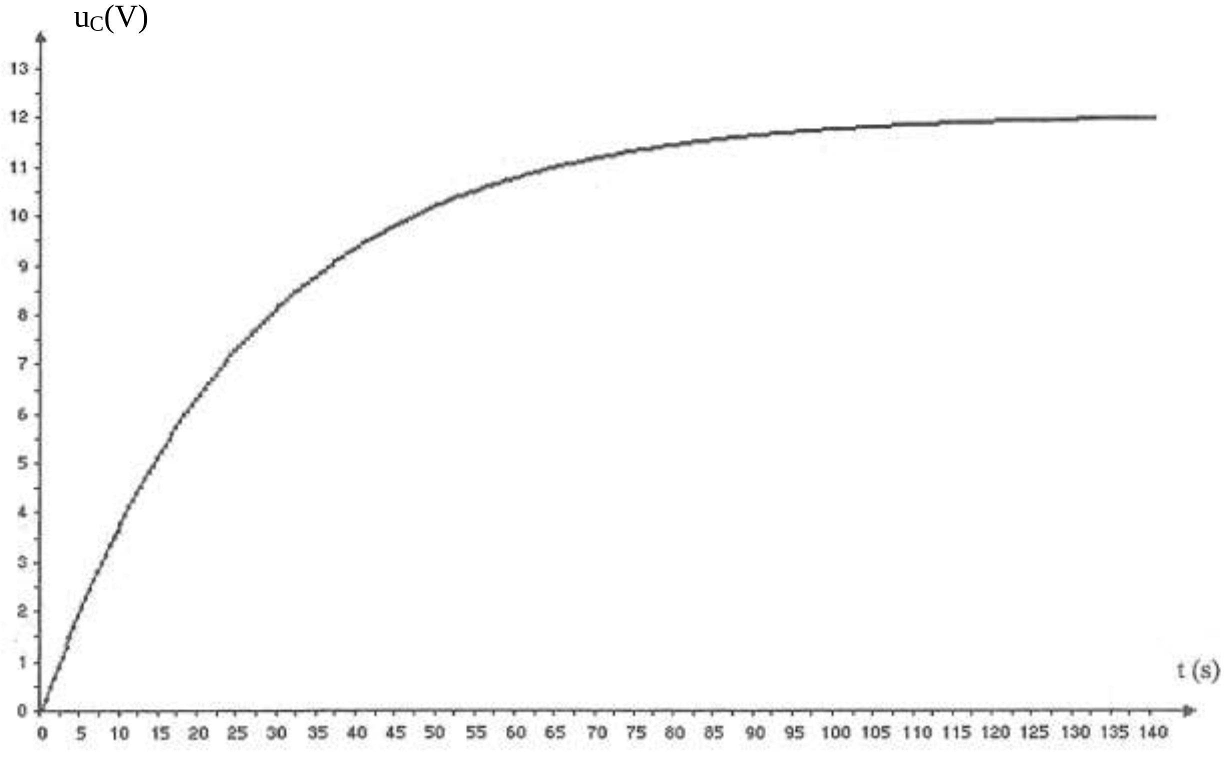

Figure 2