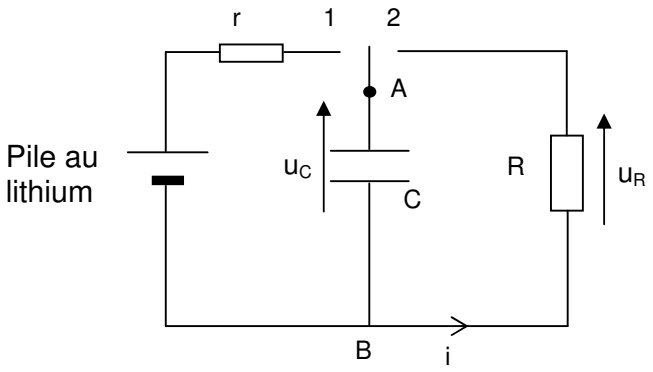
Polynésie Juin 2007

EXERCICE 2 : PHYSIQUE, CHIMIE ET STIMULATEUR CARDIAQUE (7 points)

DOCUMENT :

Un stimulateur cardiaque est un dispositif hautement perfectionné et très miniaturisé, relié au cœur humain par des électrodes (appelées les sondes). Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium; il génère de petites impulsions électriques de basse tension qui forcent le cœur à battre à un rythme régulier et suffisamment rapide. Il comporte donc deux parties : le boîtier, source des impulsions électriques, et les sondes, qui conduisent le courant.

Le générateur d'impulsions du stimulateur cardiaque peut être modélisé par le circuit représenté ci-dessous :



La valeur de r est très faible, de telle sorte que le condensateur se charge très rapidement lorsque l'interrupteur (en réalité un dispositif électronique) est en position 1. Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en position 2. Le condensateur se décharge lentement dans la résistance R, de valeur élevée.
Quand la tension aux bornes de R atteint une valeur donnée (e^{-1} fois sa valeur initiale, avec ln(e) = 1), le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes. L'interrupteur bascule simultanément en position 1 et la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément à travers r. Le processus recommence.

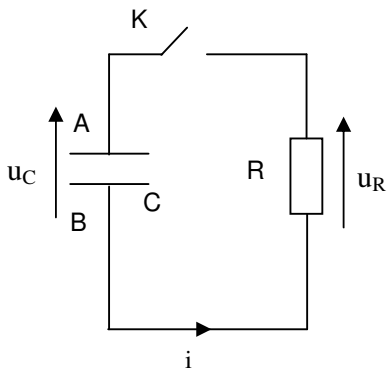
D'après Physique, Terminale S, Ed. Bréal

Les parties I et II sont indépendantes.

I - Étude du générateur d'impulsions

Pour déterminer la valeur de la résistance R, on insère le condensateur préalablement chargé sous la tension E dans le circuit schématisé ci-dessous :

La valeur de la capacité C du condensateur utilisé est : C = 0,40 µF



On *enregistre alors l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur. La courbe obtenue est fournie sur l'**ANNEXE N°2 À RENDRE AVEC LA COPIE.***

1 - Exploitation de la courbe

a - Déterminer graphiquement la valeur de la tension E.
b - Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ correspondant à la décharge du condensateur, en justifiant brièvement.

2 - Détermination de R

a - En respectant les notations du schéma ci-dessus, donner :
- la relation liant l'intensité du courant i et la charge q de l'une des armatures du condensateur, que l'on précisera ;
- la relation liant u_R et i.

b - En déduire que la tension u_C aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = 0$$

c - Montrer que cette équation différentielle admet une solution de la forme :

$$u_C(t) = A \exp(-\frac{t}{\tau})$$

Donner les expressions de A et τ en fonction de E, C et R.

d - En utilisant la valeur de τ déterminée à la question 1-b, calculer la valeur de R.

3 - Les impulsions

On *admet pour la suite que, tant que le condensateur se décharge, l'évolution de u_R en fonction du temps est donnée par :*

$$u_R(t) = 5{,}6 \exp(-\frac{t}{0{,}80})$$

On rappelle qu'une impulsion électrique est envoyée au cœur lorsque la tension aux bornes de R atteint e^{-1} fois sa valeur initiale.

a - Calculer la valeur de u_R qui déclenche l'envoi d'une impulsion vers le cœur.
b - À quelle date après le début de la décharge du condensateur, cette valeur est-elle atteinte ?
c - Que se passe-t-il après cette date ? Représenter l'allure de l'évolution de u_R au cours du temps lors de la génération des impulsions. Préciser les valeurs remarquables.
d - Déterminer la fréquence des impulsions de tension ainsi générées. On exprimera le résultat en hertz, puis en impulsions par minute. Vérifier que le résultat est bien compatible avec une fréquence cardiaque normale.

II - Étude d'une pile au lithium

Les différents types de piles au lithium ont tous en commun une électrode de lithium et un électrolyte constitué d'un solvant organique contenant entre autres des ions lithium Li^+. *L'équation de la réaction qui se produit à cette électrode est :* $Li = Li^+ + e^-$.

DONNÉES : *Masse molaire du lithium :* 6,9 $g.mol^{-1}$
Valeur du Faraday : $9{,}65 \times 10^4$ C

1 - Fonctionnement de la pile

Pour chacune des affirmations suivantes, répondre par VRAI ou FAUX en justifiant rapidement votre choix.

a - L'électrode de lithium est le pole négatif de la pile.
b - Lors de son fonctionnement, la pile constitue un système chimique en équilibre.
c - Lors du fonctionnement de la pile, le quotient Q_r de la réaction qui se produit est inférieur à la constante d'équilibre K correspondante.
d - La pile est usée lorsque tous les ions Li^+ ont été consommés.

2 - Quantité maximale d'électricité fournie par la pile

a - Montrer par analyse dimensionnelle qu'une quantité d'électricité peut s'exprimer en ampère.heure (A.h) et justifier l'égalité : 1 A.h = 3600 C.
b - Calculer en C, puis en A.h, la quantité d'électricité que pourrait fournir une pile contenant 1,0 g de lithium.

3 - Intérêt du lithium

Le *tableau suivant rassemble les « capacités massiques de stockage » de plusieurs éléments entrant dans la composition de différents types de piles. Cette « capacité massique » est la quantité maximale d'électricité que peut débiter la pile par kg d'élément constituant. Elle peut s'exprimer en* $A.h.kg^{-1}$.

Elément	Cadmium	Zinc	Argent	Lithium
Capacité massique ($A.h.\ kg^{-1}$)	480	500	820	3880

a - Pour une même intensité de courant électrique débité, comment évolue la durée de fonctionnement de la pile en fonction de sa « capacité massique » ?
b- Pourquoi utilise-t-on des piles au lithium pour alimenter les stimulateurs cardiaques ?

ANNEXE N°2 (Exercice II) À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

Évolution de la tension u_C aux bornes de C en fonction du temps :

