EXERCICE III. UNE LAMPE SECOUÉE. (4 points)

BAC S Liban 2012

De nouvelles lampes dites écologiques ont fait leur apparition sur le marché. On se propose, dans cet exercice, d'étudier leur dispositif de stockage de l'énergie électrique.

Nous avons cherché longtemps une solution à l'éternel problème de la lampe de secours (voiture, bateau, maison, camping, avion…) qui, bien sûr, ne marche jamais quand on en a besoin. Au mieux les piles sont « mortes », au pire elles ont coulé ou l'ampoule est grillée quand ce ne sont pas les contacts qui sont corrodés. […]

Aux USA, un petit fabriquant a mis à profit l'arrivée des DEL pour réaliser l'un de ses rêves, la « lampe sans pile ».

Fonctionnement : *En secouant (un peu comme une bombe de peinture mais plus doucement) la lampe 30 secondes, de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. Vous obtenez alors environ 20 min d'une lumière produite par une DEL.*
Si vous n'utilisez pas toute l'énergie produite elle restera stockée dans le condensateur pendant plusieurs semaines pour être immédiatement disponible sur simple pression du bouton.

Information sur les composants :
Le condensateur a une capacité d'un farad et peut stocker au maximum une énergie égale à 12 J. Il perd 8 mJ par heure.

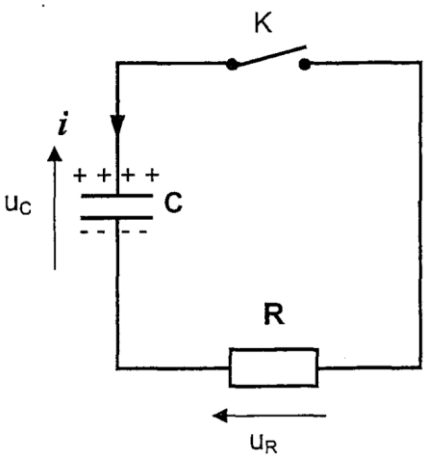
D'après : http://www.lampesdepoche.com

On considère qu'en secouant la lampe durant trente secondes le condensateur est chargé et la tension entre ses bornes est U_0 = 3,6 V.

1. Le dipôle RC

On étudie la décharge du condensateur de capacité C =1,0 F à travers un conducteur ohmique de résistance R.

À t_0 = 0 s, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.



1.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = 0$ où $\tau = R.C$ est la constante de temps du circuit.

1.2. Vérifier par une analyse dimensionnelle que la constante de temps τ est homogène à un temps.

1.3. Montrer que $u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle précédente.

1.4. En déduire qu'une durée environ égale à 5τ permet une décharge quasi-complète du condensateur.

1.5. Si l'on considère que cette durée est égale à vingt minutes, déterminer la valeur de la résistance *R* du conducteur ohmique qu'il faut alors associer au condensateur de capacité *C* = 1,0 F.

2. Énergie emmagasinée dans le dipôle RC

2.1. Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie. Choisir parmi les propositions suivantes celle qui décrit le mieux la situation :
a) Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique ;
b) Conversion d'énergie chimique en énergie électrique ;
c) Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique ;
d) Conversion d'énergie mécanique en énergie chimique.

2.2. Rappeler l'expression de l'énergie *E(t)* emmagasinée dans le condensateur au cours du temps en fonction de $u_C(t)$ et *C*.

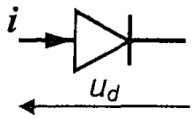
2.3. Calculer l'énergie E_{max} emmagasinée dans le condensateur à l'issue de sa charge lorsque la tension à entre ses bornes est U_0 = 3,6 V. Vérifier qu'elle ne dépasse pas les performances annoncées par le constructeur.

2.4. Vérifier par un calcul que la lampe ne pourra pas fonctionner sans être « secouée » après plusieurs semaines sans utilisation.

3. Simulation de l'éclairage

On peut simuler le fonctionnement de la lampe en ajoutant en série, dans le circuit de décharge du condensateur, une diode électroluminescente (DEL) composant polarisé.

Une diode ne laisse passer le courant que dans le sens indiqué sur le schéma ci-dessous (appelé sens passant) et à la condition que la tension u_d entre ses bornes soit supérieure ou égale à une tension appelée tension de seuil soit ici $U_{seuil} = 3,0$ *V*. De plus, on considère que la diode possède une résistance r supposée constante.



3.1. Sur le schéma du circuit représenté figure 1 de **l'annexe 2 à rendre avec la copie**, ajouter, en série avec la résistance R, une diode électroluminescente qui laisse passer le courant lors de la décharge du condensateur.

3.2. Pourquoi le condensateur ne peut-il pas se décharger complètement ?

3.3. La durée d'évolution de la tension aux bornes du condensateur de 3,6 V à 3,0 V est-elle modifiée par la présence de la DEL dans le montage ? Justifier.

3.4. Pour décharger complètement le condensateur dans le montage précédent, on propose plusieurs solutions :

- Inverser le sens de la diode ;
- Augmenter la valeur de la résistance R ;
- Court-circuiter le condensateur ;
- Court-circuiter la diode ;

Choisir la ou les solution(s) permettant la décharge complète en donnant un argument justifiant ce choix.

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 3 : Une lampe secouée

Question 3.1. : Schéma à compléter

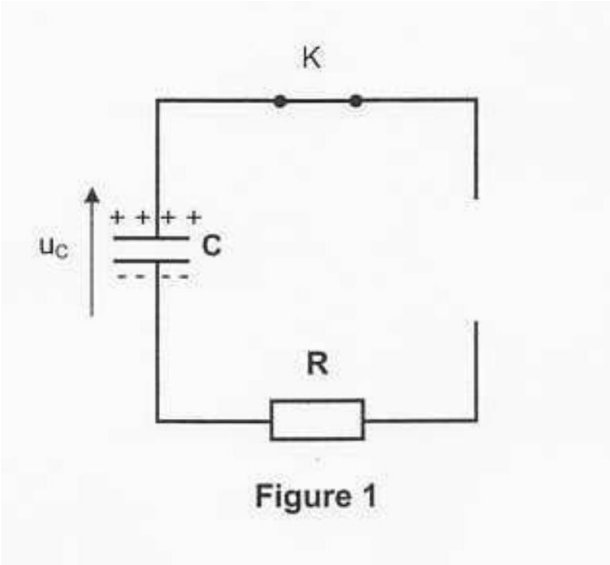


Figure 1