Pondichéry 2007 EXERCICE II. Etude d'un « super condensateur » (5 points)

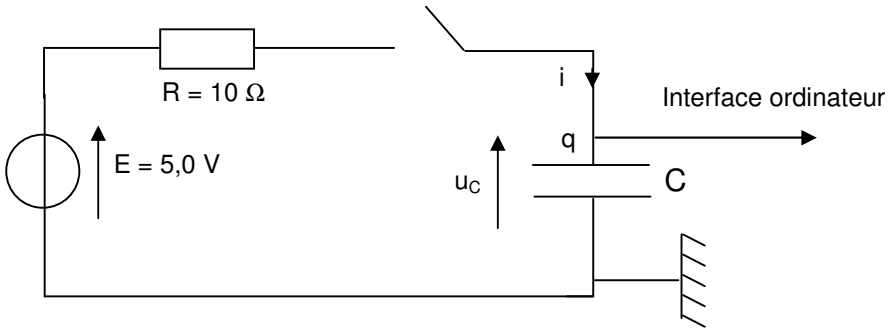
Le but de cet exercice est d'étudier les composants nommés Ultra Caps et en français « super condensateurs » : il s'agit de condensateurs à très forte capacité. Les condensateurs usuels ont en effet une capacité qui se chiffre en micro ou millifarads. Les « super condensateurs » ont une capacité qui peut dépasser le millier de farads ! Il s'agit en fait de composants intermédiaires entre des condensateurs et des accumulateurs électrochimiques.

La firme Bombardier (notamment fabricant de tramways), associée à MVV Verkehr AG de Mannheim, a développé le projet Mitrac Energy Saver : il s'agit d'équiper un tramway de « super condensateurs ». Ceux-ci, logés dans le toit du véhicule, sont capables d'emmagasiner une énergie importante, largement récupérée lors des freinages. Ces « super condensateurs » ne sont donc pas qu'une simple curiosité de laboratoire.

II.1.- Charge du condensateur à l'aide d'une source de tension constante.

On dispose d'un condensateur sur lequel le fabricant a indiqué « 1F ». Pour vérifier la valeur de la capacité, on réalise le circuit suivant :

Schéma 1



L'ensemble RC est attaqué par un générateur de tension E = 5,0 V.
Le sens positif du courant et les tensions sont indiqués sur le schéma.

On relie le condensateur à une interface de saisie de données.

A l'instant t = 0, on ferme l'interrupteur et on relève la tension aux bornes du condensateur. On obtient la courbe reproduite en annexe : enregistrement 1.

II.1.a - En utilisant la loi d'additivité des tensions, établir la relation qui existe entre $u_c(t)$ et sa dérivée par rapport au temps (équation différentielle vérifiée par u_c).

II.1.b - Vérifier que $u_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle précédente et vérifie la condition initiale : $u_C = 0$ à $t = 0$.

Déterminer l'expression de τ en fonction des caractéristiques du circuit.

II.1.c - A partir de l'enregistrement et par une méthode de votre choix (à détailler), déterminer la valeur de la capacité C du condensateur étudié (enregistrement 1 : utiliser la page en annexe qui est à rendre avec la copie). Comparer avec la valeur donnée par le fabricant.

II.2.- Restitution de l'énergie et décharge à courant constant.

Pour la suite de l'exercice, nous admettrons que la valeur de C est C = 1,0 F.

Le condensateur est incorporé au montage suivant (schéma 2) :

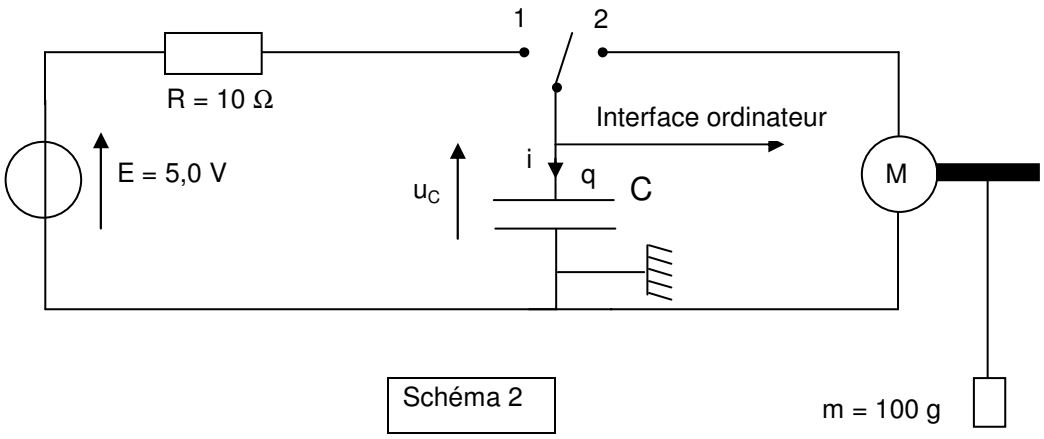


Schéma 2

Le schéma précise le sens positif du courant, la définition des tensions E et u_C et l'armature du condensateur portant la charge q(t).

M est un moteur sur l'axe duquel est enroulée une ficelle soutenant à son extrémité une masse marquée de valeur m = 100 g.

II.2.a - A l'instant t = 0 pris comme nouvelle origine du temps, on bascule l'interrupteur en voie 2.

Le condensateur se décharge et le moteur se met en mouvement entraînant la charge m = 100 g. Celle-ci monte d'une hauteur h = 3,10 m en 18 s.

Les valeurs enregistrées par le logiciel sont les suivantes :

t = 0 (démarrage du moteur) , u_c (0) = 4,9 V ; t = 18 s (arrêt du moteur), u_c(18) =1,5 V.

L'enregistrement de $u_C(t)$ par le logiciel donne une courbe qui peut être assimilée à une droite représentée par : $u_C(t) = at + b$, avec $a < 0$, et $b > 0$.

Calculer les valeurs numériques des constantes a et b.

II.2.b - Déterminer l'expression de la charge instantanée q(t) du condensateur en fonction du temps. En déduire la valeur de l'intensité du courant i. Que pensez-vous du signe de i ?

II.2.c - Calculer successivement :

- l'énergie stockée dans le condensateur à t = 0
- l'énergie restant à t = 18 s
- l'énergie cédée par le condensateur
- l'énergie mécanique (potentielle) reçue par la masse marquée, on prendra g = 9,8 $m.s^{-2}$
- le rendement du dispositif (en pourcentage).

Annexe

Enregistrement 1

