**Amérique du nord 2022 Jour 1 Correction ©** [**https://labolycee.org**](https://labolycee.org)

**EXERCICE B : DES SUPERCONDENSATEURS POUR RECHARGER UN BUS ELECTRIQUE (5 POINTS)**

**A. Étude d’un supercondensateur**

Chaque supercondensateur utilisé dans le totem a une tension nominale *E*. Il s’agit de la tension atteinte lorsque le supercondensateur de capacité *C* est totalement chargé.

Après avoir chargé complètement un supercondensateur sous sa tension nominale *E*, on le place dans le circuit schématisé sur la figure ci-dessous. Et à l’instant *t* = 0, on bascule l’interrupteur K en position fermée.

**Schéma du circuit électrique de décharge d’un supercondensateur**

On désigne par *q*(*t*) la charge électrique portée par l’armature positive du condensateur à l’instant *t* comme indiqué sur le schéma du circuit.

**Données :**

- valeur initiale de la tension aux bornes du condensateur : *uC*(0) = *E* = 2,7 V ;

- valeur de la résistance : *R* = 100 ± 2 mΩ où ce qui suit le ± est l’incertitude-type.

**A.1. Montrer qu’au cours de la décharge l’intensité *i*(*t*) s’exprime par : .**

La flèche tension et la flèche intensité sont orientées dans le même sens. Cela indique que la convention générateur a été utilisée ici.

Dans ce cas on a .

Par définition, *q*(*t*) = *C*.*u*C(*t*) avec *C* = Cte.



Remarque : lors de la *décharge* *u*Cdiminue donc , donc .

Le courant circule dans le sens indiqué par la flèche *i*.

**A.2.En déduire que la tension *uC*(*t*) obéit à l’équation différentielle : *u*C(*t*) +  = 0**

D’après la loi des mailles : *u*C(*t*) – uR(*t*) = 0

D’après la loi d’Ohm *u*R(*t*) = *R*.*i*(*t*)

*u*C(*t*) – *R*.i(*t*) = 0

Comme , alors *u*C(*t*) +  = 0

La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u\_{C}\left(t\right) = A + B × e^{- \frac{t}{RC}}$

**A.3. En détaillant la démarche, déterminer les valeurs de A et B.**

À la date *t* 🡪 ∞, *u*C = 0 le condensateur est déchargé.

0 = A + B.e–∞/RC

0 = A + B×0

Donc A = 0 V.

À la date *t* = 0 s, *u*C = E.

E = A + B.e–0/RC

E = 0 + B

Donc B = 2,7 V.

La solution est *u*C(*t*) = E.e–t/RC.

Un dispositif d’acquisition permet d’enregistrer l’évolution de la tension *uC*(*t*) lors de la décharge du supercondensateur. On obtient alors la courbe suivante, qui est reproduite sur le **document réponse à rendre avec la copie**.



10,9 cm

10,9 cm 🡪 1750 s

1,8 cm 🡪 *τ* s



*U*C(*τ*) = 

1,8 cm

*τ*

**Évolution temporelle de la tension *uC*** **pour la décharge d’un supercondensateur**

**A.4.Déterminer le temps caractéristique** $τ$ **de la décharge. Faire apparaître la construction graphique réalisée sur la courbe du document réponse à rendre avec la copie.**

Pour *t* = *τ* = RC, *u*C(*t* = *τ*) = E.e–RC/RC = E.e–1 = 0,37 . E

*u*C(*t* = *τ*) = 0,37 × 2,7 = 0,99 V

On lit l’abscisse du point d’ordonnée 0,99 V.

On trouve *τ* = 2,9×102 s.

**A.5. En déduire la valeur de la capacité du supercondensateur utilisé dans cette étude. Commenter l’ordre de grandeur obtenu.**

*τ = R.C* donc 

= 2,9 kF

La capacité d’un supercondensateur est très grande par rapport à celles des condensateurs rencontrés en TP.

L’incertitude-type sur la lecture graphique de $τ$ est estimée à $u(τ)$ = 25 s.

L’incertitude-type *u*(*C*) sur la capacité *C* peut se calculer à partir de la relation :

$ u(C) = C × \sqrt{\left(\frac{u(τ)}{τ}\right)^{2}+\left(\frac{u(R)}{R}\right)^{2}}$où *u*(*x*) désigne l’incertitude-type sur la grandeur *x*.

**A.6. Calculer *u*(*C*) et exprimer le résultat de la mesure avec son incertitude-type. Comparer la valeur expérimentale à la valeur de référence annoncée par le constructeur *Créf* = 3000 F.**



 = 249 F

On arrondit l’incertitude par excès et avec un seul chiffre significatif donc *u*(C) = 3×102 F = 0,3 kF

C = 3,0 ± 0,3 kF

Pour comparer avec la valeur de référence, on peut calculer le z-score .

 < 2.

La mesure expérimentale ne s’écarte de la valeur de référence que de 0,3 fois l’incertitude.

La valeur expérimentale est en accord avec la valeur annoncée par le constructeur.

**B. Étude du totem**

Le totem contient une association d’un grand nombre de supercondensateurs. Cette association se comporte comme un unique condensateur, appelé condensateur totem, de capacité notée *Ctotem* = 20 F. La tension nominale du condensateur totem a pour valeur *Etotem* = 760 V.

La courbe ci-après représente l’évolution temporelle de la tension *uC* lors de la décharge du condensateur totem dans une résistance.



**Évolution temporelle de la tension *uC* pour la décharge du condensateur totem**

**B.1.** Déterminer la valeur de l’intensité maximale *Imax* lors de la phase de décharge. Commenter.

L’intensité est maximale à la date *t* = 0 s.



Pour évaluer , on trace la tangente à la courbe représentative de *u*C à la date *t* = 0 et on détermine son coefficient directeur.

En prenant sur la tangente, les points A(0 s ; 760 V) et B(2,0 s ; 0 V), on trouve  V.s-1.

*I*max = – 20 × – 380 = 7,6×103 A

Cette valeur est en accord avec l’énoncé qui nous dit que « l’intensité du courant électrique peut atteindre plusieurs milliers d’ampères en début de transfert.

L’énergie *W* emmagasinée dans le condensateur totem est donnée par la relation :

$W = \frac{1}{2} × C\_{totem} × u\_{c}^{2}$

avec l’énergie *W* en joule, la capacité *Ctotem* en farad et la tension du condensateur *uc* en volt.

Pour recharger le condensateur totem, on utilise le réseau électrique fournissant une puissance supposée constante de valeur 9,0 kW.

**B.2.** Estimer le délai minimal à respecter entre le passage de deux bus au totem.

*W = E* = *P*.Δ*t*

 = *P.*Δ*t*

Δ*t* = 

Δ*t* =  = 6,4×102 s

Il faut 6,4×102 s pour que le condensateur totem se recharge, c’est donc le délai minimal à respecter entre le passage de deux bus.

Si vous pensez avoir repéré une erreur, n’hésitez pas à nous la signaler par email labolycee@labolycee.org Merci.