Dipôle RLC

Bac S 2003 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A. Quel est le nom du phénomène observé sur la voie 1 à la fermeture de K ?

À la fermeture de K, la tension u_1 augmente progressivement de 0 jusqu'à E : on observe la **charge du condensateur** à travers le conducteur ohmique.

Charge du condensateur : régime transitoire, puis régime permanent où $u_1 = E$.

COMPRENDRE
La tension aux bornes d'un condensateur ne peut pas sauter d'une valeur à une autre : elle évolue de façon continue. C'est pourquoi u_1 ne passe pas instantanément de 0 à 6 V.

2 Partie A. Reproduire la partie de circuit concernée et indiquer, juste après la fermeture de K, le sens du courant, le signe des charges des armatures et la flèche-tension u_1.

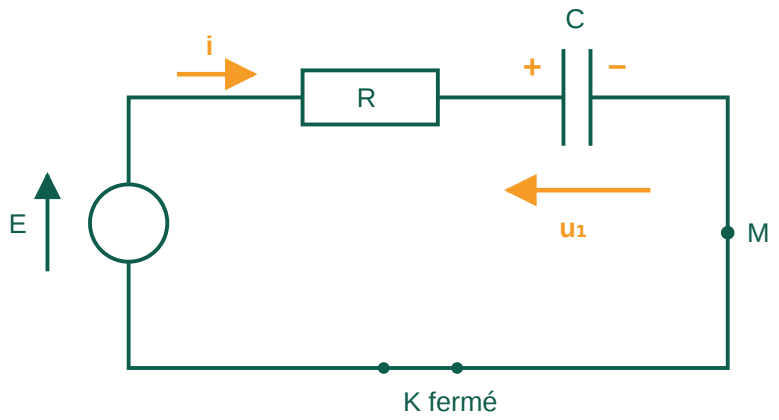
Seule la maille générateur – conducteur ohmique R – condensateur est parcourue par un courant (K' est ouvert).

- Le courant sort par la borne positive du générateur (pointe de la flèche E), traverse R puis arrive sur l'armature reliée à la voie 1.
- Cette armature se charge positivement ($+q$) ; l'armature reliée à la masse M porte la charge $-q$.
- La voie 1 mesure le potentiel de l'armature positive par rapport à M : la flèche u_1 pointe vers l'armature reliée à la voie 1.

Courant de la borne + du générateur vers R ; armature côté voie 1 : $+q$; armature côté M : $-q$; u_1 dirigée de M vers la voie 1.

PIÈGE
Dessiner tout le circuit de la figure 1. La branche contenant la bobine, le second conducteur ohmique et K' est ouverte : elle ne fait pas partie du schéma demandé.

MÉTHODE
Une flèche-tension pointe vers le point dont on mesure le potentiel (la voie), son origine est à la masse. La flèche E désigne de même la borne positive du générateur.



2 · Circuit de charge (K fermé, K' ouvert) : en orange, ce que l'élève ajoute

3 Partie A. Déterminer graphiquement la constante de temps τ du dipôle (R,C) en expliquant la méthode, puis en déduire la capacité C.

Données utiles $E = 6$ V ; $R = 20\ \Omega$; figure 2

Pour $t = \tau$, la tension vaut 63 % de sa valeur finale : $u_1(\tau) = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 6 = 3{,}8$ V.

Sur la figure 2, l'ordonnée 3,8 V est atteinte à l'abscisse $t = 0{,}4$ ms, donc $\tau = 0{,}4$ ms.

Vérification : la tangente à la courbe à l'origine coupe l'asymptote $u_1 = E$ à la même date.

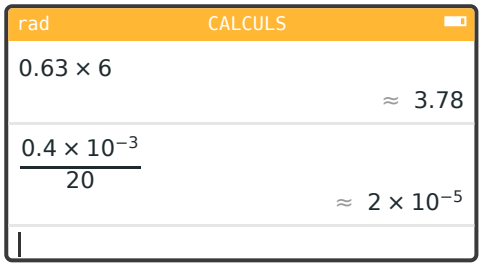
Comme $\tau = RC$: $\quad C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{0{,}4 \times 10^{-3}}{20} = 2 \times 10^{-5}$ F

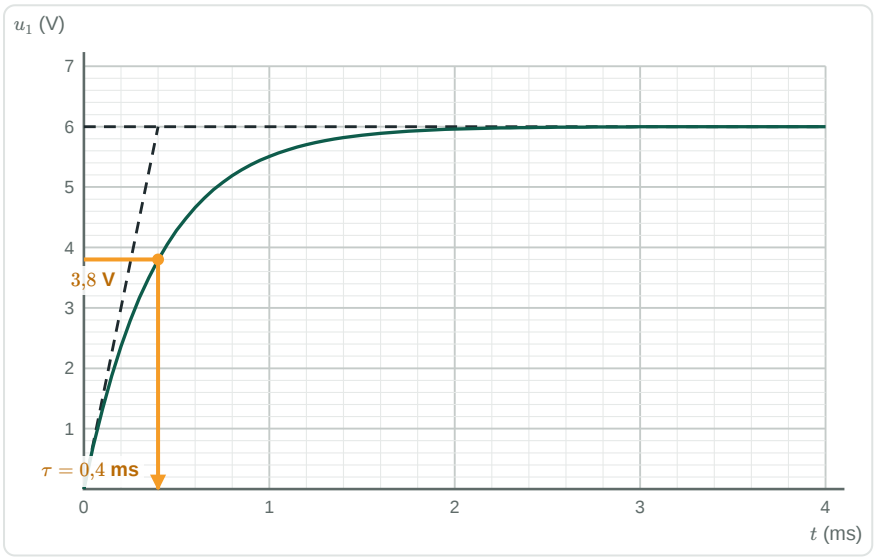
$\tau = 0{,}4$ ms et $C = 2 \times 10^{-5}$ F $= 20\ \mu$F

PIÈGE
Laisser τ en millisecondes dans le calcul : on obtiendrait une capacité mille fois trop grande. Convertir en secondes avant de diviser par R.

COMPRENDRE
La lecture graphique ne donne τ qu'avec un seul chiffre significatif : on n'en garde pas davantage pour C. La valeur 20 µF est bien celle indiquée sur la figure 3.

À LA CALCULATRICE





3 · Figure 2 du sujet : lecture à 63 % de E et tangente à l'origine

4 Partie A. a) Retrouver l'équation différentielle $\tau \dfrac{du_1}{dt} + u_1 = E$ avec la loi d'additivité des tensions. b) Calculer u_1 pour $t = 5\tau$ à partir de la solution donnée. Conclure.

Données utiles $E = 6$ V ; $u_1 = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

a) Loi d'additivité des tensions dans la maille : $E = u_R + u_1$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$. Pour le condensateur : $i = \dfrac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_1$, donc $i = C\,\dfrac{du_1}{dt}$.

D'où $E = RC\,\dfrac{du_1}{dt} + u_1$, soit, en posant $\tau = RC$: $\quad \tau\,\dfrac{du_1}{dt} + u_1 = E$.

b) Pour $t = 5\tau$: $\quad u_1 = E\left(1 - e^{-5}\right) = 6 \times \left(1 - e^{-5}\right) = 5{,}96$ V, soit $0{,}99\,E$.

$u_1(5\tau) = 5{,}96$ V $\approx E$: au bout de 5τ (2 ms), le condensateur est chargé à plus de 99 %, on le considère comme chargé.

PIÈGE
Écrire $i = C\,\dfrac{du_1}{dt}$ sans passer par $q = C\,u_1$ et $i = \dfrac{dq}{dt}$, ou sans orienter le circuit : ces relations supposent i dirigé vers l'armature qui porte q.

COMPRENDRE
La figure 2 le confirme : à $t = 2$ ms, la courbe se confond avec son asymptote à 6 V. La charge n'est jamais mathématiquement terminée, mais l'écart devient inférieur à 1 %.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$6 \times (1 - e^{-5})$

$\approx$ 5.959572

1 Partie B. Attribuer à chaque courbe de la figure 3 la tension correspondante en justifiant brièvement pour une courbe seulement.

À la date $t = 0$ (fermeture de K'), le condensateur vient d'être chargé sous la tension E : $u_1(0) = E = 6$ V.

Seule la courbe 1 part de 6 V ; la courbe 2 part de 0.

Courbe 1 : tension u_1 aux bornes du condensateur ; courbe 2 : tension u_2 aux bornes du conducteur ohmique.

COMPRENDRE
Cohérent pour la courbe 2 : u_2 est proportionnelle à l'intensité, et la bobine empêche le courant de s'établir brutalement, donc $u_2(0) = 0$.

COMPRENDRE
La bobine et les circuits RL et RLC (oscillations électriques) ne figurent plus au programme actuel de spécialité de terminale ; la partie A (circuit RC) y est toujours.

2 Partie B. Mesurer la pseudo-période T des oscillations. Calculer la période propre correspondant au cas où les résistances R sont négligeables. Conclure.

Données utiles figure 3 ; $L = 0{,}8$ H ; $C = 20\ \mu$F

Sur la courbe 1, trois pseudo-périodes séparent le maximum de la date $t = 0$ du maximum situé vers $t = 75$ ms : $3T = 75$ ms, donc $T = 25$ ms.

Période propre du circuit sans résistance :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{0{,}8 \times 20 \times 10^{-6}} = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{s} = 25\ \text{ms}$$

$T = 25$ ms et $T_0 = 25$ ms : $T \approx T_0$, les résistances amortissent les oscillations sans modifier sensiblement leur période.

PIÈGE
Laisser C en microfarads sous la racine. Avec L en henrys et C en farads, T_0 s'obtient en secondes.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs pseudo-périodes puis diviser : l'incertitude de lecture est divisée d'autant. Repérer des maxima, ou des passages par zéro dans le même sens.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{75}{3}$

$\approx$ 25

$2 \times \pi \times \sqrt{0.8 \times 20 \times 10^{-6}}$

$\approx$ 0.02513274

3 Partie B. On a diminué L dans un cas, augmenté C dans l'autre : attribuer à chaque cas la figure 4 ou la figure 5. Justifier.

Données utiles $T = 25$ ms (Q2 de la partie B) ; figures 4 et 5

La pseudo-période est voisine de $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$: elle diminue si L diminue, elle augmente si C augmente.

Figure 4 : deux pseudo-périodes durent environ 80 ms, soit $T \approx 40$ ms, valeur supérieure à 25 ms.

Figure 5 : quatre pseudo-périodes durent environ 80 ms, soit $T \approx 20$ ms, valeur inférieure à 25 ms.

Figure 4 : C a été augmentée (la période augmente) ; figure 5 : L a été diminuée (la période diminue).

MÉTHODE

Pour étudier l'influence d'un paramètre : écrire la relation littérale, dire dans quel sens varie la grandeur, puis comparer à une mesure faite sur chaque courbe.

À LA CALCULATRICE

