Alimentation simplifiée d'un injecteur d'automobile

Bac S 2008 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Déterminer la période T de la tension $u_L(t)$ à partir du document a.

Le motif de $u_L(t)$ (créneau haut puis palier bas) se reproduit à l'identique à $t = 0$, 20, 40 et 60 ms.

$T = 20$ ms

MÉTHODE
Pour limiter l'erreur de lecture, mesurer plusieurs périodes : ici trois motifs occupent 60 ms, soit $T = 60 \div 3 = 20$ ms.

1.2 La période T' du cycle de l'injection vaut-elle Δt, $\Delta t'$ ou $\Delta t + \Delta t'$?

Un cycle complet comprend la phase d'injection (durée $\Delta t = 3$ ms) puis la phase sans injection (durée $\Delta t' = 17$ ms) : les injections débutent à 0, 20, 40 et 60 ms.

$T' = \Delta t + \Delta t' = 3 + 17 = 20$ ms

PIÈGE
Répondre Δt : c'est la durée d'une injection, pas la durée qui sépare deux débuts d'injection consécutifs.

1.3 Comparer T et T'.

$T = T' = 20$ ms : la tension aux bornes de la bobine et le cycle d'injection ont la même période.

COMPRENDRE
C'est attendu : l'électroaimant commande l'injecteur. Le créneau haut de u_L coïncide avec la phase d'injection, le palier bas avec la phase de repos.

1.4 Montrer que la valeur de T' est en accord avec les « 3000 tours par minute » effectués par le moteur.

Données utiles $T' = 20$ ms (Q1.2) ; document a : une injection par tour du moteur

D'après le document a, il y a un cycle d'injection par tour : un tour du moteur dure $T' = 20\text{ ms} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ s.

Nombre de tours en une minute :

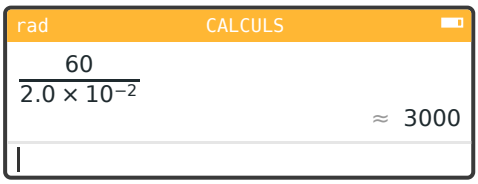
$$N = \frac{60}{T'} = \frac{60}{2{,}0 \times 10^{-2}} = 3{,}0 \times 10^{3}$$

$N = 3{,}0 \times 10^3$ tours par minute : T' est bien en accord avec les 3000 tours par minute annoncés.

PIÈGE
Oublier de convertir T' en secondes, ou la minute en secondes : les deux durées doivent être dans la même unité avant de diviser.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la lecture de T'. On peut aussi partir du moteur : 3000 tours en 60 s, soit 50 tours par seconde, donc 0,020 s par tour.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Quelle tension visualise-t-on sur l'entrée EA0 du système d'acquisition ?

L'entrée EA0 est reliée au point commun à la bobine et au conducteur ohmique ; l'autre borne du conducteur ohmique est à la masse.

EA0 visualise la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

MÉTHODE
Une voie d'acquisition mesure la tension entre le point où elle est branchée et la masse : repérer les dipôles situés entre ces deux points.

2.1.2 Quelle tension visualise-t-on sur l'entrée EA1 du système d'acquisition ?

L'entrée EA1 est reliée à la borne du générateur qui n'est pas à la masse : entre ce point et la masse se trouve l'ensemble bobine et conducteur ohmique.

EA1 visualise la tension $e(t)$ aux bornes du générateur, avec $e(t) = u_L(t) + u_R(t)$.

PIÈGE
Répondre $u_L(t)$ parce que EA1 est dessinée à la pointe de la flèche u_L : la bobine n'a aucune borne à la masse, sa tension n'est pas mesurée directement.

2.2 Comment a-t-on obtenu la courbe $u_L(t)$ à partir des tensions enregistrées en EA0 et EA1 ?

Loi d'additivité des tensions : $e(t) = u_L(t) + u_R(t)$.

Le logiciel de traitement calcule, à chaque instant, la différence des deux tensions enregistrées (voie EA1 moins voie EA0).

$$u_L(t) = e(t) - u_R(t)$$

2.3.1 Donner l'expression littérale de $u_R(t)$ en fonction de $i(t)$. En déduire l'expression de $\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$.

Loi d'Ohm, le conducteur ohmique étant en convention récepteur (flèches u_R et i de sens opposés) : $u_R(t) = R\,i(t)$, donc $i(t) = \dfrac{u_R(t)}{R}$.

On dérive par rapport au temps, R étant une constante :

$$u_R(t) = R\,i(t) \text{ et } \frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{R}\,\frac{\mathrm{d}u_R(t)}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
La tension u_R est l'image de l'intensité, à un facteur R près : sa pente donne donc celle de $i(t)$. C'est la raison d'être du conducteur ohmique dans ce montage.

2.3.2 À l'aide du document b, compléter le tableau fourni en annexe 1.

Données utiles $R = 1{,}00\ \mathrm{k\Omega} = 1{,}00 \times 10^3\ \Omega$; relation de la question 2.3.1

Sur chaque intervalle, $u_R(t)$ est un segment de droite : $\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t}$ est son coefficient directeur.

Sur $\Delta t'$ (de 3 ms à 20 ms), u_R passe de 2,0 V à $-2{,}0$ V :

$$\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = \frac{-2{,}0 - 2{,}0}{(20-3)\times 10^{-3}} = -2{,}4 \times 10^2\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$$

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{R}\,\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = \frac{-2{,}4\times 10^2}{1{,}00\times 10^3} = -0{,}24\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$$

Lecture de u_L (paliers horizontaux) : $u_L = 2{,}5$ V sur Δt et $u_L = -0{,}5$ V sur $\Delta t'$.

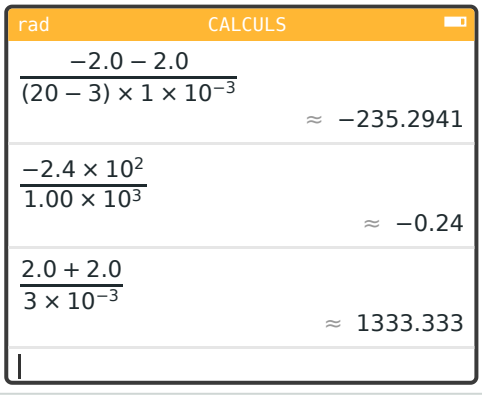
Vérification de la valeur donnée sur Δt (de 0 à 3 ms) : $\dfrac{2{,}0 - (-2{,}0)}{3\times 10^{-3}} = 1{,}3 \times 10^3\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$.

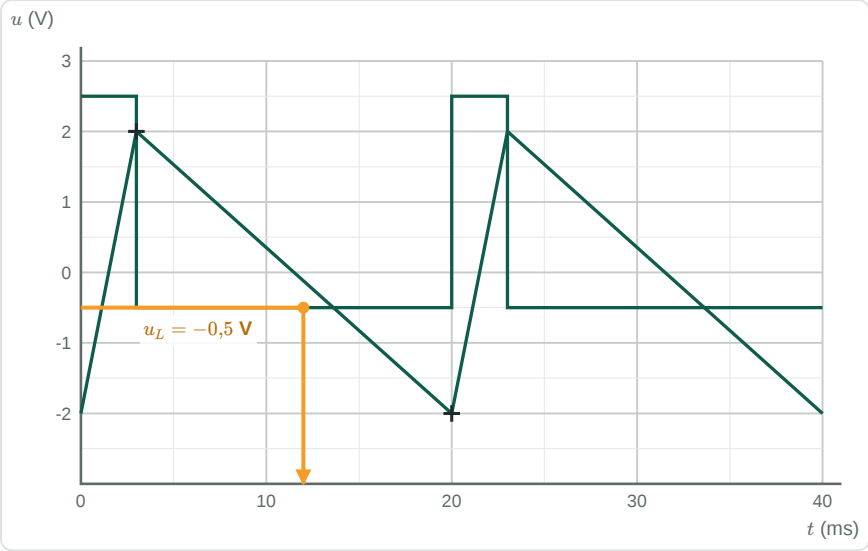
Sur $\Delta t'$: $\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = -2{,}4\times 10^2\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$ et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = -0{,}24\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$; $u_L = 2{,}5$ V sur Δt, $u_L = -0{,}5$ V sur $\Delta t'$.

PIÈGE
Oublier le signe : sur $\Delta t'$ la tension u_R décroît, la pente est négative. Oublier aussi de convertir les millisecondes en secondes donne une pente mille fois trop petite.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques ($\pm 2{,}0$ V) n'ont que deux chiffres significatifs : les pentes sont données avec deux chiffres.

À LA CALCULATRICE





2.3.2 · Document b : $u_R(t)$ en dents de scie, $u_L(t)$ en créneaux ; croix : extrémités du segment sur $\Delta t'$

2.3.3 Dans le tableau de l'annexe 1, préciser les unités, dans le système international, de $\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$ et de L.

$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ est une intensité (en ampères) divisée par une durée (en secondes). L'inductance s'exprime en henrys.

$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ en $\mathrm{A \cdot s^{-1}}$; L en henrys (H).

COMPRENDRE

Comme $L = u_L \div \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, on a $1\ \mathrm{H} = 1\ \mathrm{V \cdot s \cdot A^{-1}}$. Les « 2,0 S.I. » du constructeur signifient donc 2,0 H.

	Δt	Δt′
du_R/dt ($V \cdot s^{-1}$)	$1{,}3 \times 10^3$	$-2{,}4 \times 10^2$
di/dt ($A \cdot s^{-1}$)	1,3	−0,24
u_L (t) (V)	2,5	−0,5
L (H)	1,9	2,1

2.3.3 · Annexe 1 complétée (en orange : ce que l'on ajoute ; ligne L : question 2.4)

2.4 À partir de l'expression littérale de $u_L(t)$ et des valeurs du tableau, en déduire la valeur de l'inductance L sur les intervalles Δt et $\Delta t'$. Commenter les deux valeurs sachant que le constructeur annonce $L \approx 2{,}0$ S.I.

Données utiles valeurs de l'annexe 1 (Q2.3.2) ; $L_{\text{constructeur}} \approx 2{,}0$ H

Pour une bobine idéale en convention récepteur : $u_L(t) = L\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$, donc $L = \dfrac{u_L}{\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$.

Sur Δt : $L = \dfrac{2{,}5}{1{,}3} = 1{,}9$ H Sur $\Delta t'$: $L = \dfrac{-0{,}5}{-0{,}24} = 2{,}1$ H

Écart relatif à la valeur du constructeur : $\dfrac{|1{,}9 - 2{,}0|}{2{,}0} = \dfrac{|2{,}1 - 2{,}0|}{2{,}0} = 5\,\%$.

$L = 1{,}9$ H sur Δt et $L = 2{,}1$ H sur $\Delta t'$: deux valeurs voisines, en accord à 5 % près avec les 2,0 H annoncés.

PIÈGE

Perdre un signe sur $\Delta t'$: u_L et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ sont tous deux négatifs, leur quotient est positif. Une inductance est toujours positive.

COMPRENDRE

Une tension u_L constante impose une pente de $i(t)$ constante : c'est pourquoi des créneaux de u_L accompagnent des rampes de u_R. L'écart de 5 % vient de l'imprécision des lectures graphiques.

À LA CALCULATRICE

