Etude expérimentale d'une bobine

Bac S 2004 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Vérifier à l'aide de la figure 2 que la fréquence du GBF est bien réglée sur 1,0 kHz.

Le courant $i(t)$ a la même période que la tension du GBF. Deux minimums successifs de i (points C et B) sont séparés d'une période :

$T = 1{,}6 - 0{,}6 = 1{,}0 \text{ ms} = 1{,}0 \times 10^{-3} \text{ s}$

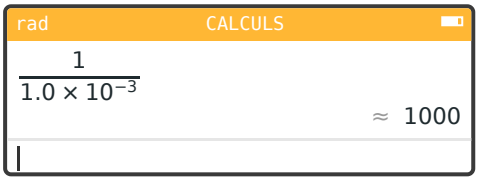
$f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{1{,}0 \times 10^{-3}}$

$f = 1{,}0 \times 10^{3} \text{ Hz} = 1{,}0 \text{ kHz}$: la valeur annoncée est vérifiée.

PIÈGE
Convertir la période en secondes avant de calculer : avec T en ms, on obtient des kHz, pas des hertz.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques sont faites à deux chiffres significatifs : les résultats de l'exercice en gardent deux.

À LA CALCULATRICE



1.2 Quelle est l'expression de la tension mesurée sur la voie 2 ? En déduire les opérations que le logiciel doit effectuer pour afficher l'intensité.

Données utiles $R = 1{,}0 \times 10^{4}\ \Omega$

La voie 2 mesure la tension u_2 aux bornes du conducteur ohmique. Sur la figure 1, la flèche de u_2 est dans le même sens que i : la loi d'Ohm s'écrit avec un signe moins.

$u_2 = -R\,i$

Le logiciel doit donc changer le signe de u_2 et diviser par R :

$u_2 = -R\,i$, donc $i = -\dfrac{u_2}{R} = -\dfrac{u_2}{1{,}0 \times 10^{4}}$

PIÈGE
Écrire $u_2 = R\,i$ sans regarder les flèches. La relation $u = R\,i$ suppose une flèche de tension opposée au sens du courant (convention récepteur).

COMPRENDRE
Un système d'acquisition ne mesure que des tensions. La masse est placée entre la bobine et R pour relever en même temps u_1 et u_2.

1.3 Exprimer la tension u_L aux bornes de la bobine en fonction de ses caractéristiques, de l'intensité i et de sa dérivée.

La flèche de $u_1 = u_L$ est opposée au sens de i (convention récepteur) :

$u_L = r\,i + L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$

COMPRENDRE
La bobine et le circuit RL ne figurent plus au programme actuel de spécialité. Le raisonnement reste proche de celui du circuit RC : loi des mailles, régime permanent, constante de temps.

1.4.1 Les crêtes de $i(t)$ sont arrondies : la tangente au sommet est horizontale. En déduire une expression simplifiée de u_L quand l'intensité est extrémale.

Une tangente horizontale signifie $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0$. Le terme $L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ s'annule :

$u_L = r\,i$ quand i est extrémale.

1.4.2 En mesurant u_L sur la figure 2 quand l'intensité est extrémale, à $t = 1{,}6$ ms par exemple, montrer que $r \ll R$.

Données utiles $R = 1{,}0 \times 10^4\ \Omega$; $u_L = r\,i$ (1.4.1)

À $t = 1{,}6$ ms (point B) : $i = -400\ \mu$A.

À cette date, u_L est trop faible pour être lue avec précision (échelle de droite, 50 mV par graduation). Elle est négative et sa valeur absolue ne dépasse pas une graduation : $|u_L| \leqslant 50\ \text{mV}$.

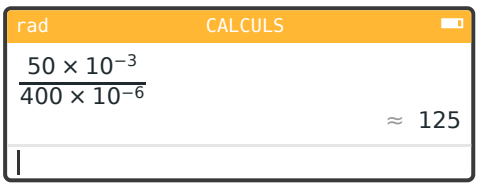
$r = \dfrac{u_L}{i}$ donc $r \leqslant \dfrac{50 \times 10^{-3}}{400 \times 10^{-6}} \approx 1{,}3 \times 10^2\ \Omega$

$r \leqslant 1{,}3 \times 10^2\ \Omega$, soit au plus environ 1 % de $R = 1{,}0 \times 10^4\ \Omega$: $r \ll R$.

PIÈGE
La courbe $u_L(t)$ se lit sur l'échelle de droite, en mV ; l'intensité se lit sur celle de gauche, en μA.

MÉTHODE
Quand une valeur est trop petite pour être lue, on en donne un majorant. Un encadrement suffit pour comparer deux ordres de grandeur.

À LA CALCULATRICE



1.5 Sur la demi-période comprise entre C et D, mesurer u_L, calculer $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ et en déduire la valeur de L (on néglige le terme en r et les arrondis des crêtes).

Données utiles C : $t_C = 0{,}6$ ms, $i_C = -400\ \mu$A ; D : $t_D = 1{,}1$ ms, $i_D = 400\ \mu$A

Entre C et D, u_L est constante : $u_L = 200\ \text{mV} = 0{,}20\ \text{V}$ (échelle de droite).

Sur cette portion, $i(t)$ est une droite, sa dérivée est le coefficient directeur :

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{i_D - i_C}{t_D - t_C} = \frac{\big(400 - (-400)\big) \times 10^{-6}}{(1{,}1 - 0{,}6) \times 10^{-3}} = 1{,}6\ \text{A} \cdot \text{s}^{-1}$$

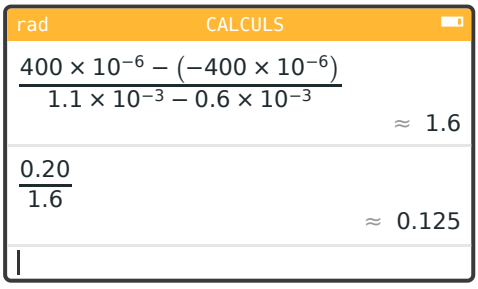
Terme en r négligé : $u_L = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, donc $L = \dfrac{u_L}{\mathrm{d}i/\mathrm{d}t} = \dfrac{0{,}20}{1{,}6}$

$L = 0{,}125\ \text{H} \approx 0{,}13\ \text{H}$

PIÈGE
Oublier les conversions : i en ampères ($\mu\text{A} = 10^{-6}$ A), t en secondes, u_L en volts. Sans elles, L est fausse d'un facteur mille.

COMPRENDRE
Un courant en dents de scie a une dérivée constante par morceaux : u_L est un créneau, positif quand i augmente, négatif quand i diminue.

À LA CALCULATRICE



1.6 Le constructeur indique $r = 12\ \Omega$. Calculer u_L à la même date qu'à la question 1.4.2 et montrer que la valeur est en accord avec la mesure faite alors.

Données utiles $r = 12\ \Omega$; $i = -400\ \mu\text{A}$ à $t = 1{,}6$ ms (1.4.2)

À $t = 1{,}6$ ms, l'intensité est extrémale : $u_L = r\,i$.

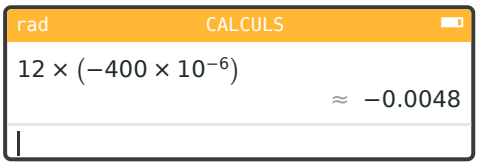
$u_L = 12 \times (-400 \times 10^{-6}) = -4{,}8 \times 10^{-3}$ V

Cette valeur est négative et très inférieure, en valeur absolue, à une graduation (50 mV) : elle est compatible avec la lecture de la question 1.4.2.

$u_L = -4{,}8$ mV, en accord avec $|u_L| \leqslant 50$ mV.

COMPRENDRE
Une tension de 4,8 mV représente un dixième de graduation sur la figure 2 : elle ne peut pas y être mesurée, seulement encadrée.

À LA CALCULATRICE



2.1 Établir l'expression de l'intensité du courant en régime permanent en fonction des caractéristiques du circuit.

Loi d'additivité des tensions, interrupteur fermé : $E = u_L + u$, avec $u = R'\,i$ et $u_L = r\,i + L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

$$E = (r + R')\,i + L\,\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$

En régime permanent, i est constante et vaut I : $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 0$, donc $E = (r + R')\,I$.

$$I = \frac{E}{r + R'}$$

PIÈGE
Oublier la résistance r de la bobine. En régime permanent, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r.

2.2 Vérifier que l'intensité en régime permanent lue sur la figure 4 est en accord avec les données de l'énoncé.

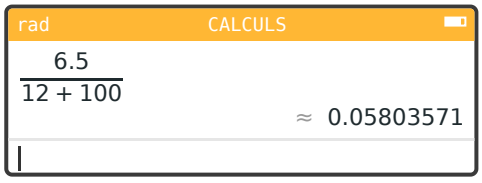
Données utiles $E = 6{,}5$ V ; $R' = 100\ \Omega$; $r = 12\ \Omega$; $I = \dfrac{E}{r + R'}$ (2.1)

Lecture sur la figure 4 : l'asymptote horizontale se situe un peu en dessous de 60 mA, à $I \approx 58$ mA.

Calcul : $I = \dfrac{6{,}5}{12 + 100} = 5{,}8 \times 10^{-2}$ A

$I = 58$ mA par le calcul comme sur le graphe : les valeurs sont en accord.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Rappeler l'expression de la constante de temps d'un dipôle RL.

La constante de temps est le quotient de l'inductance par la résistance totale du circuit :

$$\tau = \frac{L}{R' + r}$$

PIÈGE
Diviser par R' seul : c'est la résistance totale du circuit, $R' + r$, qui intervient.

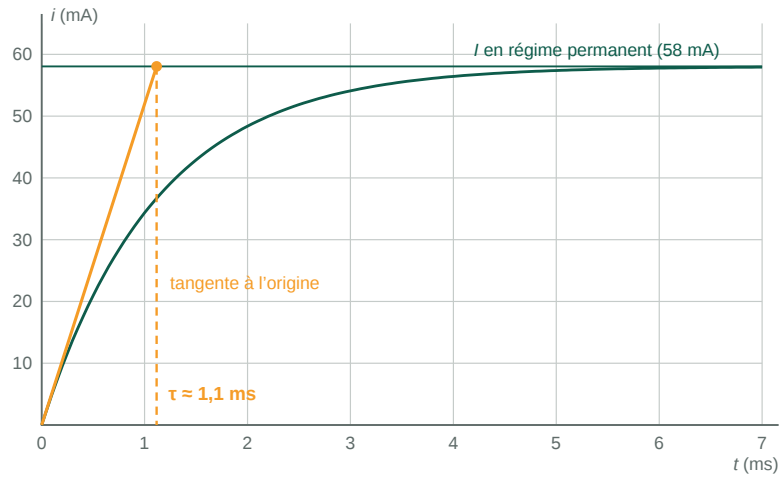
COMPRENDRE
Analyse dimensionnelle : $L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ et $R\,i$ sont deux tensions, donc $\dfrac{L}{R}$ est homogène à un temps.

2.3.2 Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps en faisant figurer la méthode sur la figure 5 de l'annexe.

On trace la tangente à la courbe à l'origine. Elle coupe l'asymptote horizontale $I = 58$ mA en un point dont l'abscisse est τ.

Lecture sur l'axe des temps :

$\tau \approx 1{,}1$ ms



2.3.2 · Figure 5 (annexe) : tangente à l'origine et lecture de τ

COMPRENDRE
Vérification avec la valeur de L trouvée en 1.5 : $\tau = \frac{0{,}125}{112} \approx 1{,}1 \times 10^{-3}$ s. Les deux parties de l'exercice sont cohérentes.

MÉTHODE
Autre méthode : à $t = \tau$, l'intensité vaut 63 % de I, soit $0{,}63 \times 58 \approx 37$ mA. L'abscisse du point de la courbe d'ordonnée 37 mA donne aussi τ.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
0.63×58
≈ 36.54
$\frac{0.125}{112}$
≈ 0.001116071

2.4.1 On règle R' sur $150\ \Omega$. Calculer la nouvelle intensité du courant en régime permanent.

Données utiles $E = 6{,}5$ V ; $R' = 150\ \Omega$; $r = 12\ \Omega$

$$I' = \frac{E}{r + R'} = \frac{6{,}5}{12 + 150}$$

$I' = 4{,}0 \times 10^{-2}$ A $= 40$ mA

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\frac{6.5}{12 + 150}$
≈ 0.04012346

2.4.2 Calculer la constante de temps du nouveau dipôle RL.

Données utiles $L = 0{,}125$ H (1.5, valeur non arrondie) ; $R' = 150\ \Omega$; $r = 12\ \Omega$

$$\tau' = \frac{L}{R' + r} = \frac{0{,}125}{150 + 12}$$

$\tau' = 7{,}7 \times 10^{-4}$ s $= 0{,}77$ ms

COMPRENDRE
Augmenter la résistance diminue à la fois l'intensité finale et la constante de temps : le régime permanent est plus bas et atteint plus vite.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\frac{0.125}{150 + 12}$
$\approx 7.716049 \times 10^{-4}$

2.4.3 Représenter avec soin la courbe $i = f(t)$ correspondante sur la figure 5 de l'annexe.

Données utiles $I' = 40$ mA (2.4.1) ; $\tau' = 0{,}77$ ms (2.4.2)

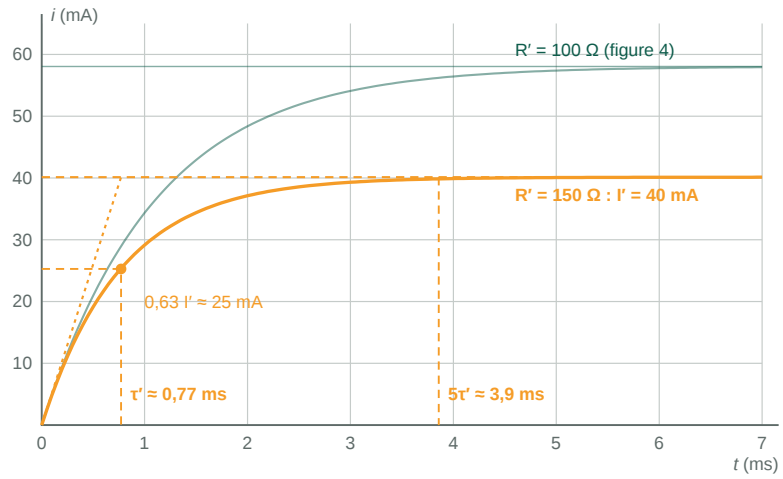
Repères pour le tracé :

- la courbe part de l'origine ($i = 0$ à $t = 0$) ;
- asymptote horizontale $I' = 40$ mA ;
- à $t = \tau' \approx 0{,}77$ ms : $i = 0{,}63 \times I' \approx 25$ mA ;
- à $t = 5\,\tau' \approx 3{,}9$ ms, le régime permanent est pratiquement atteint ;
- la tangente à l'origine coupe l'asymptote à $t = \tau'$.

Courbe croissante partant de l'origine, passant par (0,77 ms ; 25 mA) et rejoignant l'asymptote $I' = 40$ mA vers 3,9 ms.

COMPRENDRE

À $t = 0$, $i = 0$ donc $E = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$: la pente initiale $\dfrac{E}{L}$ ne dépend pas de R'. Les deux courbes ont la même tangente à l'origine.



2.4.3 · Figure 5 (annexe) : nouvelle courbe pour $R' = 150\ \Omega$, en orange

À LA CALCULATRICE

