à propos d'une lampe à incandescence

Bac S 2003 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Quelle grandeur mesure la voie 1 ? Pourquoi cette mesure permet-elle au logiciel de tracer l'intensité i en fonction du temps ?

Données utiles $R_0 = 4{,}6\ \Omega$

La voie 1 est branchée entre une borne du conducteur ohmique R_0 et la masse, reliée à son autre borne : elle mesure la tension u_{R_0} aux bornes de R_0.

Loi d'Ohm : $u_{R_0} = R_0\, i$. La valeur de R_0 étant connue, le logiciel divise à chaque instant la tension mesurée par R_0.

La voie 1 mesure u_{R_0} et le logiciel calcule $i = \dfrac{u_{R_0}}{R_0}$.

COMPRENDRE
Une interface d'acquisition ne mesure que des tensions par rapport à la masse. Pour suivre une intensité, on relève donc la tension aux bornes d'un conducteur ohmique : elle est proportionnelle à i.

1.2 À partir de la courbe $i(t)$ de la figure 1, montrer que l'intensité présente deux régimes différents ; les identifier et donner la date approximative du changement.

Sur la figure 1, l'intensité est maximale à la fermeture de K, puis elle décroît rapidement : c'est un **régime transitoire**.

Ensuite l'intensité ne varie plus et reste égale à environ 100 mA : c'est un **régime permanent**.

Régime transitoire puis régime permanent ; le changement a lieu vers $t \approx 80$ ms (2 divisions).

PIÈGE
L'axe des temps de la figure 1 est gradué à 40 ms par division, et non 100 ms comme sur les figures 4 et 5. La date n'est qu'approximative : toute valeur entre 60 et 80 ms convient.

1.3 Établir la relation entre la tension aux bornes du générateur, l'intensité i et les résistances R et R_0.

La lampe et le conducteur ohmique sont en série, traversés par le même courant i. Loi d'additivité des tensions :

$$E = u_R + u_{R_0}$$

Loi d'Ohm pour chacun des deux dipôles : $u_R = R\, i$ et $u_{R_0} = R_0\, i$.

$E = (R + R_0)\, i$

1.4 En déduire comment évolue, au cours du temps, la résistance R du filament, sachant qu'elle varie avec sa température.

D'après 1.3 : $R = \dfrac{E}{i} - R_0$, avec E et R_0 constantes.

Pendant le régime transitoire, i diminue, donc $\dfrac{E}{i}$ augmente : R augmente pendant que le filament s'échauffe.

En régime permanent, i est constante : R ne varie plus, le filament a atteint sa température finale.

R augmente avec la température du filament, puis reste constante à partir de $t \approx 80$ ms.

COMPRENDRE
Le filament froid est très peu résistant : à la fermeture, le courant est plusieurs fois plus intense qu'en fonctionnement normal. C'est pourquoi une lampe à incandescence « grille » le plus souvent à l'allumage.

1.5 Calculer la résistance du filament à la date $t_1 = 200$ ms.

Données utiles $E = 2{,}5$ V ; $R_0 = 4{,}6\ \Omega$; figure 1 : $i(t_1) = 100$ mA $= 0{,}10$ A

À $t_1 = 200$ ms (5 divisions), le régime permanent est établi et on lit $i = 0{,}10$ A.

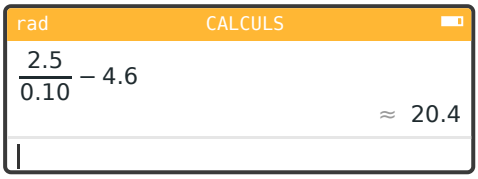
$$R = \frac{E}{i} - R_0 = \frac{2{,}5}{0{,}10} - 4{,}6 = 20{,}4\ \Omega$$

$R \approx 20\ \Omega$

PIÈGE
Laisser l'intensité en milliampères donne une résistance mille fois trop petite : convertir 100 mA en 0,10 A avant le calcul.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme E et R_0 ; la lecture graphique de i n'est pas plus précise.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déterminer approximativement la durée $\Delta t_{10\text{-}90}$ nécessaire pour que la puissance lumineuse passe de 10 % à 90 % de sa valeur maximale.

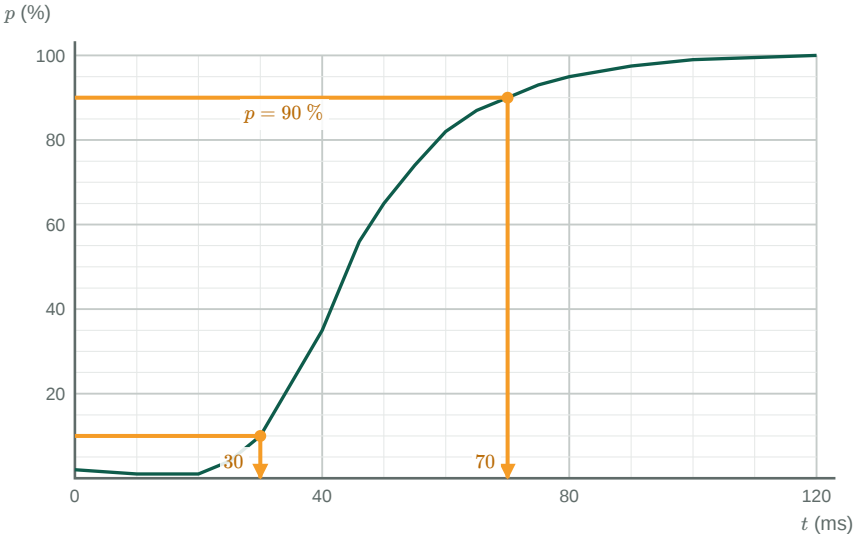
Sur la courbe $p(t)$ de la figure 1 (40 ms par division) :

- $p = 10$ % à la date $t \approx 30$ ms ;
- $p = 90$ % à la date $t \approx 70$ ms.

$\Delta t_{10\text{-}90} = 70 - 30$

$\Delta t_{10\text{-}90} \approx 40$ ms

MÉTHODE
Tracer les horizontales $p = 10$ % et $p = 90$ % (une demi-division au-dessus de 0 et au-dessous de 100), puis lire les deux dates par proportionnalité : une division de l'axe horizontal représente 40 ms.



2.1 · Début de la courbe $p(t)$ de la figure 1, avec les lectures à 10 % et à 90 %

2.2 L'œil voit la lampe allumée lorsque $p \geqslant 20$ %. Comment voit-il la lampe juste après la fermeture du circuit, lorsque l'intensité est maximale ? Justifier.

L'intensité est maximale à la date $t = 0$. À cet instant, la courbe $p(t)$ de la figure 1 donne une puissance lumineuse presque nulle, très inférieure à 20 %.

Juste après la fermeture, $p < 20$ % : l'œil voit la lampe **éteinte**, bien que le courant soit maximal.

COMPRENDRE
La lumière émise dépend de la température du filament, pas directement de l'intensité. Au début le courant est intense mais le filament est encore froid : il lui faut du temps pour s'échauffer.

2.3 Déterminer approximativement la « durée d'allumage » de la lampe, depuis la fermeture de l'interrupteur jusqu'à ce que l'œil la perçoive allumée.

La lampe paraît allumée dès que p atteint $20\ \%$. Sur la figure 1, la courbe $p(t)$ coupe l'horizontale $p = 20\ \%$ un peu avant la première division (40 ms).

Durée d'allumage : $\Delta t_{\text{all}} \approx 35$ ms

PIÈGE
Ne pas confondre avec $\Delta t_{10\text{-}90}$: la durée d'allumage se compte depuis $t = 0$, jusqu'au seuil de $20\ \%$.

3.1.1 Dans un circuit série (générateur de fem E, résistance R_0, bobine L, r), que peut-on dire de l'influence de la bobine sur l'évolution de l'intensité à la fermeture du circuit ?

Une bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant qui la traverse. À la fermeture du circuit, l'intensité ne passe donc pas instantanément de zéro à sa valeur finale : elle augmente progressivement.

La bobine retarde l'établissement du courant : le régime permanent n'est atteint qu'après un régime transitoire.

COMPRENDRE
La bobine et le circuit RL ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale ; le circuit RC de la partie 4, lui, y figure toujours.

3.1.2 Indiquer, sans justification, comment la valeur de l'inductance L intervient sur ce phénomène.

Plus l'inductance L est grande, plus le courant met de temps à s'établir (retard plus important).

COMPRENDRE
La constante de temps du circuit est $\tau = \dfrac{L}{R_0 + r}$: elle est proportionnelle à L, et le régime permanent est atteint au bout d'environ 5τ.

3.2.1 En comparant les premières parties des courbes $i(t)$ des figures 1 et 2, montrer que l'influence de la bobine est en accord avec la réponse 3.1.1.

Figure 1 (sans bobine) : l'intensité est maximale dès la date $t = 0$.

Figure 2 (avec la bobine L_1) : l'intensité part d'une valeur presque nulle, augmente progressivement et n'atteint son maximum que vers $t \approx 30$ ms.

Avec la bobine, le courant ne s'établit plus instantanément : c'est en accord avec 3.1.1.

PIÈGE
Les échelles verticales diffèrent : 100 mA par division sur la figure 1, 20 mA par division sur les figures 2 et 3. Le pic de la figure 2 est en réalité bien plus faible que celui de la figure 1.

3.2.2 Les courbes $i(t)$ des figures 2 et 3 sont-elles en accord avec la réponse 3.1.2 ?

Données utiles $L_1 = 0{,}13$ H (figure 2) ; $L_2 = 0{,}5$ H (figure 3)

L'intensité atteint son maximum vers $t \approx 30$ ms sur la figure 2 ($L_1 = 0{,}13$ H) et seulement vers $t \approx 75$ ms sur la figure 3 ($L_2 = 0{,}5$ H) : la montée du courant est plus lente quand L est plus grande.

Oui : $L_2 > L_1$ et le courant s'établit plus lentement sur la figure 3, en accord avec 3.1.2.

3.2.3 Comparer les « durées d'allumage » de la lampe dans le cas des figures 1, 2 et 3. Conclure.

Date à laquelle p atteint $20\ \%$:

- figure 1 (sans bobine) : $\Delta t_{\text{all}} \approx 35$ ms ;
- figure 2 ($L_1 = 0{,}13$ H) : $\Delta t_{\text{all}} \approx 100$ ms ;
- figure 3 ($L_2 = 0{,}5$ H) : $\Delta t_{\text{all}} \approx 120$ ms.

La bobine retarde l'allumage de la lampe, et ce retard est d'autant plus grand que l'inductance L est grande.

COMPRENDRE
Le courant s'établissant plus lentement, le filament reçoit moins d'énergie au début et s'échauffe plus tard. Sur les figures 2 et 3, p part d'environ $10\ \%$: c'est le bruit de fond du capteur, la lampe n'éclaire pas encore.

4.1 Avec le condensateur, l'intensité du courant tend vers zéro. Justifier qualitativement cette évolution.

À la fermeture de K, le condensateur, initialement déchargé, se charge : la tension u_C à ses bornes augmente et tend vers E.

Loi d'additivité des tensions : $E = u_C + (R + R_0)\, i$, soit $i = \dfrac{E - u_C}{R + R_0}$.

Quand u_C tend vers E, l'intensité i tend vers zéro : un condensateur chargé ne laisse plus passer le courant.

MÉTHODE
Autre justification : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$. Quand le condensateur est chargé, u_C est constante, sa dérivée est nulle, donc $i = 0$.

4.2 En examinant $p(t)$ sur la figure 4, montrer que la lampe s'allume puis s'éteint, et déterminer l'ordre de grandeur de la durée pendant laquelle elle reste allumée.

Données utiles $C_1 = 15$ mF ; échelle : 100 ms par division

Sur la figure 4, p augmente, dépasse $20\ \%$ vers $t \approx 35$ ms (la lampe s'allume), passe par un maximum, puis redescend sous $20\ \%$ vers $t \approx 215$ ms (la lampe s'éteint).

Durée du flash : $215 - 35 = 180$ ms.

La lampe reste allumée environ 180 ms, soit un ordre de grandeur de $0{,}2$ s.

PIÈGE
La durée du flash n'est pas la date d'extinction : il faut retrancher la date d'allumage. Attention aussi à l'échelle, ici 100 ms par division.

4.3 Déterminer la durée approximative du flash dans le cas de la figure 5, la comparer à la précédente et en déduire l'influence de la capacité C sur la durée du flash.

Données utiles $C_2 = 37$ mF ; durée du flash pour $C_1 = 15$ mF : 180 ms (4.2)

Sur la figure 5, p dépasse $20\ \%$ vers $t \approx 30$ ms et repasse sous $20\ \%$ vers $t \approx 380$ ms.

Durée du flash : $380 - 30 = 350$ ms, soit environ $0{,}4$ s : elle est à peu près deux fois plus longue que pour C_1.

Flash d'environ 350 ms pour C_2 contre 180 ms pour C_1 : plus la capacité C est grande, plus le flash dure longtemps.

COMPRENDRE
Un condensateur de plus grande capacité se charge plus lentement : l'intensité décroît moins vite, le filament reste chaud plus longtemps.

4.4 Lorsque la lampe s'éteint, le condensateur est-il totalement chargé ? Justifier.

À l'instant où la lampe s'éteint ($t \approx 215$ ms sur la figure 4, $t \approx 380$ ms sur la figure 5), la courbe $i(t)$ montre que l'intensité n'est pas nulle : elle vaut encore un peu moins de 100 mA.

Or $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$: puisque $i \neq 0$, la tension u_C augmente encore.

Non : à l'extinction, un courant circule encore, donc le condensateur continue de se charger.

COMPRENDRE
La lampe s'éteint parce que le courant est devenu trop faible pour maintenir le filament à haute température, pas parce qu'il s'est annulé.