BURHAN

Dipôle RL : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/dipole-rl/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Dipôle RL	Entraînement	7

Exercice 1

Électroaimant d'un trieur : de l'équation différentielle à l'intensité

L'électroaimant d'un trieur de pièces métalliques est une bobine d'inductance $L = 0{,}56\,\mathrm{H}$ et de résistance $r = 12\,\Omega$.

On le branche en série avec un conducteur ohmique $R = 68\,\Omega$, un interrupteur et un générateur de tension $E = 9{,}6\,\mathrm{V}$. L'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$; aucun courant ne circulait avant.

Valeur utile : $e^{-3} \approx 0{,}050$.

1.

On oriente le circuit dans le sens du courant débité par le générateur, et on flèche u_R et u_L en convention récepteur. En appliquant la loi d'additivité des tensions, montrer que l'intensité vérifie

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{R+r}{L}\,i = \frac{E}{L}$$

INDICE

Outil : $u_R = R\,i$ par la loi d'Ohm et $u_L = r\,i + L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$. **Ensuite :** divise par L.

CORRIGÉ

Additivité. Dans le circuit série, pour $t \geq 0$: $u_R + u_L = E$.

Expressions. On remplace u_R et u_L :

$$R\,i + r\,i + L\,\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = E$$

Mise en forme. On divise par L, non nulle :

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{R+r}{L}\,i = \frac{E}{L}$$

Conclusion. L'intensité vérifie l'équation différentielle annoncée pour $t \geq 0$.

2.

On cherche une solution de la forme $i(t) = A + B\,e^{-t/\tau}$, avec $B \neq 0$ et $\tau > 0$. Montrer que $\tau = \dfrac{L}{R+r}$ et $A = \dfrac{E}{R+r}$.

INDICE

Début : $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{B}{\tau}\,e^{-t/\tau}$. **Point délicat :** l'égalité doit être vraie à tout instant.

CORRIGÉ

Substitution. En remplaçant i et sa dérivée :

$$B\,e^{-t/\tau}\left(\frac{R+r}{L} - \frac{1}{\tau}\right) + \frac{R+r}{L}\,A = \frac{E}{L}$$

Identification. Le terme en $e^{-t/\tau}$ varie avec t alors que les autres sont constants : son coefficient est nul. Comme $B \neq 0$, $\dfrac{1}{\tau} = \dfrac{R+r}{L}$. Il reste $(R+r)\,A = E$.

Conclusion. $\tau = \dfrac{L}{R+r}$ et $A = \dfrac{E}{R+r}$.

3.

Déterminer la constante B, puis écrire $i(t)$ en fonction de $I_0 = \dfrac{E}{R+r}$ et de τ.

INDICE

Outil : la continuité de l'intensité du courant dans une bobine, à l'instant $t = 0$.

CORRIGÉ

Condition initiale. Avant la fermeture, $i = 0$. L'intensité dans la bobine étant continue, $i(0) = 0$, donc $A + B = 0$ et $B = -A = -I_0$.

Expression.

$$i(t) = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Conclusion. $B = -I_0$ et l'intensité s'écrit $i(t) = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$.

4.

Calculer I_0 et τ, puis l'intensité à l'instant $t = 3\tau$.

INDICE

Outil : $R + r = 80\,\Omega$. **Ensuite :** en $t = 3\tau$, l'exposant vaut -3.

CORRIGÉ

Intensité permanente.

$$I_0 = \frac{9{,}6}{80}$$
$$I_0 = 0{,}12\ \text{A}$$

Constante de temps.

$$\tau = \frac{0{,}56}{80}$$
$$\tau = 7{,}0 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

Instant $t = 3\tau$. $t = 21\ \text{ms}$ et

$$i(3\tau) = 0{,}12 \times (1 - 0{,}050)$$
$$i(3\tau) \approx 0{,}11\ \text{A}$$

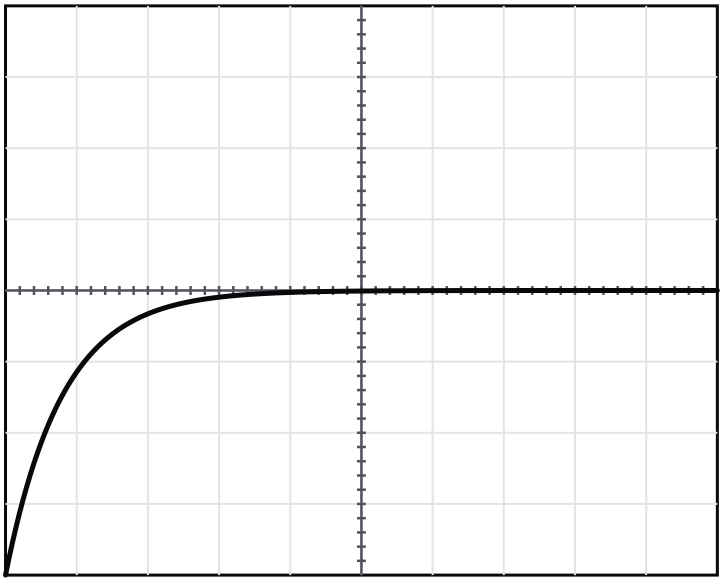
Conclusion. $I_0 = 0{,}12\ \text{A}$, $\tau = 7{,}0\ \text{ms}$, et l'intensité atteint environ $0{,}11\ \text{A}$ au bout de $21\ \text{ms}$.

Exercice 2

Bobine d'un détecteur de métaux : exploiter un oscillogramme

La bobine d'un détecteur de métaux est montée en série avec un conducteur ohmique $R = 100\,\Omega$. À l'instant $t = 0$, on applique au dipôle un échelon de tension de 0 à $E = 5{,}0\,\text{V}$. Un oscilloscope à mémoire enregistre u_R sur la voie Y_1.

Document. Oscillogramme de u_R : voie Y_1 à $1{,}0\,\text{V/div}$, zéro de la voie sur la ligne du bas ; balayage à $0{,}50\,\text{ms/div}$.



Voie Y_1 : 1 V/div, zéro 4 divisions au-dessous du centre Balayage : 0,5 ms/div

Tension aux bornes du conducteur ohmique pendant l'établissement

1.

Expliquer pourquoi la courbe de u_R a la même allure que celle de l'intensité $i(t)$.

INDICE

Outil : la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique, en convention récepteur.

CORRIGÉ

Loi d'Ohm. $u_R = R\,i$ avec R constante : u_R est proportionnelle à i.

Conclusion. À l'échelle près, la courbe de u_R reproduit celle de $i(t)$: elle en est l'image, et $i = \dfrac{u_R}{R}$.

2.

Lire la valeur de u_R en régime permanent et en déduire l'intensité I_0.

INDICE

Outil : multiplie le nombre de divisions par la sensibilité de la voie.

CORRIGÉ

Lecture. Le plateau est à 4 divisions du zéro : $U_R = 4 \times 1{,}0 = 4{,}0\,\text{V}$.

Intensité.

$$I_0 = \frac{U_R}{R} = \frac{4{,}0}{100}$$
$$I_0 = 4{,}0 \times 10^{-2}\,\text{A}$$

Conclusion. L'intensité permanente vaut $40\,\text{mA}$.

3.

Déterminer la constante de temps τ par la méthode des 63 %.

INDICE

Début : calcule $0{,}63\,U_R$, puis cherche l'abscisse correspondante sur l'écran.

CORRIGÉ

Valeur visée. $0{,}63 \times 4{,}0 \approx 2{,}5\,\text{V}$, soit $2{,}5$ divisions au-dessus du zéro.

Lecture. La courbe atteint cette hauteur au bout de $0{,}8$ division de balayage environ : $\tau \approx 0{,}8 \times 0{,}50 = 0{,}40\,\text{ms}$.

Conclusion. Par la méthode des 63 %, $\tau \approx 0{,}40\,\text{ms}$.

4.

En déduire la résistance r et l'inductance L de la bobine.

INDICE

Outil : $R + r = \dfrac{E}{I_0}$, puis $L = \tau\,(R + r)$.

CORRIGÉ

Résistance totale.

$$R + r = \frac{5{,}0}{0{,}040}$$
$$R + r = 125\,\Omega$$

Cette valeur intermédiaire est gardée à trois chiffres pour la suite. Donc $r = 125 - 100 = 25\,\Omega$.

Inductance.

$$L = 4{,}0 \times 10^{-4} \times 125$$
$$L = 5{,}0 \times 10^{-2}\,\text{H}$$

Conclusion. La bobine a une résistance $r \approx 25\,\Omega$ et une inductance $L \approx 50\,\text{mH}$.

5.

Le fabricant annonce une inductance de $52\,\mathrm{mH}$. Calculer l'écart relatif et citer une source d'erreur de la mesure.

INDICE

Outil : écart relatif $= \dfrac{|L_{\text{mes}} - L_{\text{fab}}|}{L_{\text{fab}}}$.

CORRIGÉ

Écart relatif.

$$\frac{|50 - 52|}{52} \approx 3{,}8 \times 10^{-2}$$

Source d'erreur. La lecture de τ à l'écran se fait au dixième de division près, soit $0{,}05\,\mathrm{ms}$ sur $0{,}40\,\mathrm{ms}$: cela suffit à expliquer l'écart.

Conclusion. L'écart relatif vaut environ $4\,\%$; il provient surtout de la lecture graphique de τ.

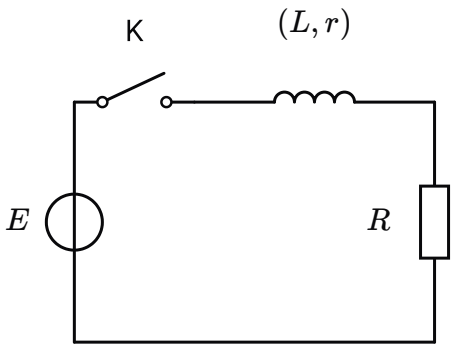
Exercice 3

Visualiser l'établissement du courant : montage et protocole

On veut observer l'établissement du courant dans une bobine d'inductance $L = 0{,}70\,\mathrm{H}$ et de résistance $r = 20\,\Omega$. Elle est montée en série avec un conducteur ohmique $R = 330\,\Omega$, un interrupteur K et un générateur de tension $E = 8{,}0\,\mathrm{V}$.

On dispose d'un système d'acquisition à deux voies, relié à un ordinateur, qui enregistre des tensions mesurées par rapport à sa masse.

Document. Schéma du circuit, sans appareil de mesure.



Circuit d'étude à compléter

1.

Quelle tension faut-il enregistrer pour obtenir l'image de l'intensité $i(t)$? Justifier.

INDICE

Outil : parmi les dipôles du circuit, cherche celui dont la tension est proportionnelle à i à tout instant.

CORRIGÉ

Choix. On enregistre u_R, la tension aux bornes du conducteur ohmique.

Justification. D'après la loi d'Ohm, $u_R = R\,i$ avec R constante. La tension de la bobine, $u_L = r\,i + L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, n'est pas proportionnelle à i.

Conclusion. La tension u_R est l'image de $i(t)$: $i = \dfrac{u_R}{R}$.

2.

Proposer le branchement de la masse et de la voie Y_1 du système d'acquisition, puis représenter le montage complété.

INDICE

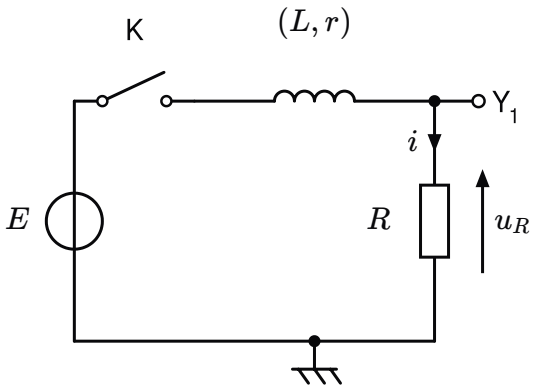
Point délicat : la voie Y_1 mesure la tension entre son entrée et la masse ; la masse doit se trouver à une borne du conducteur ohmique.

CORRIGÉ

Masse. On la relie au fil du bas, qui joint la borne inférieure du conducteur ohmique au générateur.

Voie. On relie l'entrée Y_1 à la borne supérieure du conducteur ohmique, entre la bobine et R. La voie mesure alors u_R, fléchée en convention récepteur.

Conclusion. Avec la masse en bas de R et la voie Y_1 en haut de R, le système enregistre u_R, image de i.



Branchement du système d'acquisition

3.

Le système propose trois durées d'enregistrement : $2\,\text{ms}$, $20\,\text{ms}$ et $200\,\text{ms}$. Calculer la constante de temps du circuit et choisir la durée la plus adaptée.

INDICE

Outil : compare chaque durée à 5τ, durée du régime transitoire.

CORRIGÉ

Constante de temps. $R + r = 350\,\Omega$:

$$\tau = \frac{0{,}70}{350}$$
$$\tau = 2{,}0 \times 10^{-3}\,\text{s}$$

Durée utile. Il faut voir au moins $5\tau = 10\,\text{ms}$. Avec $2\,\text{ms}$, le régime permanent n'apparaît pas ; avec $200\,\text{ms}$, le régime transitoire n'occupe qu'un vingtième de l'écran.

Conclusion. On choisit une durée d'enregistrement de $20\,\text{ms}$.

4.

Rédiger un protocole qui permet de déterminer l'inductance L de la bobine à partir de l'enregistrement.

INDICE

Début : commence par le déclenchement de l'enregistrement. **Ensuite :** pense à I_0, à τ, puis à $R + r$.

CORRIGÉ

Enregistrement. Lancer l'acquisition, puis fermer K ; arrêter après $20\,\text{ms}$.

Intensité permanente. Lire le plateau U_R et calculer $I_0 = \dfrac{U_R}{R}$.

Constante de temps. Tracer la tangente à l'origine ou chercher l'instant où $u_R = 0{,}63\,U_R$.

Inductance. Calculer $R + r = \dfrac{E}{I_0}$, puis $L = \tau\,(R + r)$; comparer à la valeur attendue par un écart relatif.

Conclusion. Le protocole mène de l'enregistrement de u_R à I_0 et τ, puis à L.

5.

On veut enregistrer aussi u_L sur la voie Y_2, la masse restant en place. Où brancher Y_2, et quelle précaution prendre pour lire u_L ?

INDICE

Point délicat : la voie Y_2 mesure, par rapport à la masse, la somme des tensions qu'elle enjambe.

CORRIGÉ

Branchement. On relie Y_2 au point situé entre l'interrupteur et la bobine. La voie mesure alors $u_L + u_R$, et non u_L seule.

Précaution. On obtient u_L en faisant calculer par le logiciel la différence entre les deux voies : $u_L = Y_2 - Y_1$.

Remarque. Si le générateur est isolé de la masse, on peut aussi placer la masse au point commun à R et à la bobine et inverser une voie.

Conclusion. Avec la masse en bas de R, u_L s'obtient par la différence des deux voies, jamais par lecture directe de Y_2.

Exercice 4

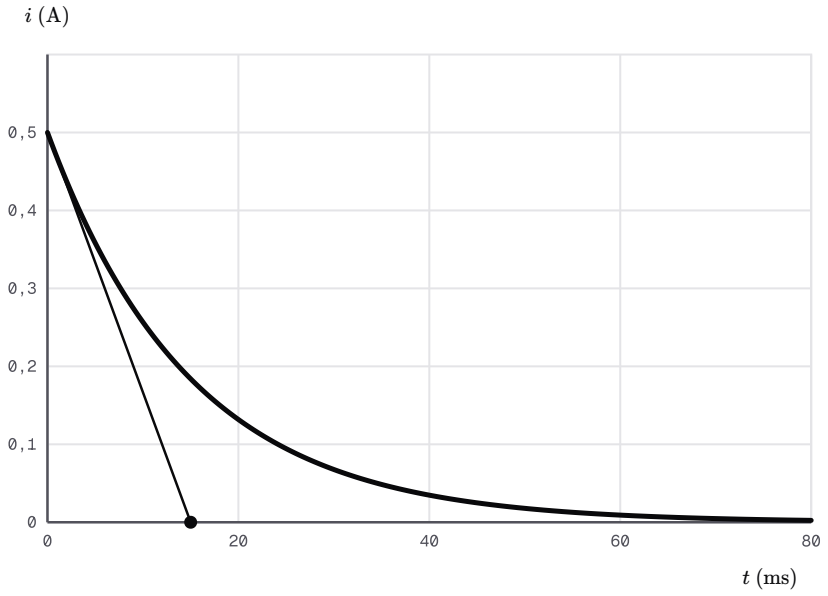
Rupture du courant dans un électroaimant de levage

Un petit électroaimant de levage est une bobine d'inductance $L = 0{,}30\,\mathrm{H}$ et de résistance $r = 5{,}0\,\Omega$, en série avec un conducteur ohmique $R = 15\,\Omega$. Le générateur délivre $E = 10\,\mathrm{V}$.

Une diode idéale est montée en parallèle sur l'ensemble formé par R et la bobine, de façon à être bloquée tant que l'interrupteur est fermé.

Le régime permanent étant atteint, on ouvre l'interrupteur à l'instant $t = 0$. Valeur utile : $e^{-3} \approx 0{,}050$.

Document. Courbe de $i(t)$ après l'ouverture, avec sa tangente à l'origine.



Décroissance du courant dans l'électroaimant après l'ouverture

Demi-tangente calculée en x = 0 : coefficient directeur ≈ −0,033333 ; elle coupe la droite y = 0 en x ≈ 15.

1.

Calculer l'intensité I_0 juste avant l'ouverture. Par où passe le courant juste après l'ouverture ?

INDICE

Outil : en régime permanent, $I_0 = \dfrac{E}{R+r}$. **Ensuite :** la diode devient passante.

CORRIGÉ

Intensité.

$$I_0 = \frac{10}{15 + 5{,}0}$$
$$I_0 = 0{,}50\ \text{A}$$

Chemin du courant. Le générateur est isolé par l'interrupteur ouvert. Le courant de la bobine continue dans le même sens à travers R, puis se referme par la diode, devenue passante.

Conclusion. $I_0 = 0{,}50\ \text{A}$; après l'ouverture, le courant circule dans la maille formée de R, de la bobine et de la diode.

2.

Montrer que, pour $t \geq 0$, l'intensité vérifie $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \dfrac{R+r}{L}\, i = 0$.

INDICE

Outil : la loi d'additivité des tensions dans la maille de la diode ; la tension de la diode idéale passante est nulle.

CORRIGÉ

Additivité. Dans la maille de rupture, $u_R + u_L + 0 = 0$.

Expressions.

$$R\, i + r\, i + L\, \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$
$$= 0$$

Mise en forme. En divisant par L, on obtient $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \dfrac{R+r}{L}\, i = 0$.

Conclusion. Pendant la rupture, l'intensité vérifie l'équation annoncée, sans second membre.

3.

Vérifier que $i(t) = B\,e^{-t/\lambda}$, avec $B \neq 0$ et $\lambda > 0$, est solution si $\lambda = \dfrac{L}{R+r}$, puis déterminer B.

INDICE

Début : dérive, substitue, puis factorise $B\,e^{-t/\lambda}$. **Ensuite :** continuité de l'intensité en $t = 0$.

CORRIGÉ

Substitution. $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{B}{\lambda}\,e^{-t/\lambda}$, d'où

$$\begin{aligned} & B\,e^{-t/\lambda}\left(\frac{R+r}{L} - \frac{1}{\lambda}\right) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Cette égalité vaut pour tout t et $B\,e^{-t/\lambda} \neq 0$: $\lambda = \dfrac{L}{R+r} = \tau$.

Constante. Par continuité, $i(0) = I_0$, donc $B = I_0$.

Conclusion. La solution est $i(t) = I_0\,e^{-t/\tau}$, avec $\tau = \dfrac{L}{R+r}$.

4.

Lire τ sur le document en nommant la méthode, et comparer à la valeur calculée.

INDICE

Outil : à la rupture, la tangente à l'origine coupe l'axe des temps à l'abscisse τ.

CORRIGÉ

Lecture. La tangente à l'origine coupe l'axe des temps vers $15\,\mathrm{ms}$: $\tau \approx 15\,\mathrm{ms}$.

Calcul.

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{0{,}30}{20} \\ \tau &= 1{,}5 \times 10^{-2}\,\mathrm{s} \end{aligned}$$

Conclusion. La lecture par la tangente, $\tau \approx 15\,\mathrm{ms}$, concorde avec le calcul.

5.

Calculer l'intensité à l'instant $t = 3\tau$.

INDICE

Outil : la solution de la question 3 et la valeur utile de l'énoncé.

CORRIGÉ

Application numérique.

$$\begin{aligned} i(3\tau) &= I_0\,e^{-3} \\ i(3\tau) &= 0{,}50 \times 0{,}050 \\ i(3\tau) &\approx 25\,\mathrm{mA} \end{aligned}$$

Conclusion. Au bout de $45\,\mathrm{ms}$, l'intensité n'est plus que de $25\,\mathrm{mA}$ environ, soit 5 % de I_0.

Exercice 5

Énergie d'un frein électromagnétique, emmagasinée puis dissipée

La bobine d'un frein électromagnétique a une inductance $L = 0{,}75\,\mathrm{H}$ et une résistance $r = 6{,}0\,\Omega$. Elle est alimentée par un générateur $E = 7{,}2\,\mathrm{V}$, en série avec un conducteur ohmique $R = 18\,\Omega$. Une diode de roue libre, supposée idéale, protège le circuit.

Valeur utile : $e^{-2} \approx 0{,}135$.

1.

Calculer l'intensité I_0 en régime permanent.

INDICE

Outil : $I_0 = \dfrac{E}{R + r}$.

CORRIGÉ

Application numérique. $R + r = 24\,\Omega$:

$$I_0 = \frac{7{,}2}{24}$$
$$I_0 = 0{,}30\,\mathrm{A}$$

Conclusion. En régime permanent, l'intensité vaut $0{,}30\,\mathrm{A}$.

2.

Calculer l'énergie $\mathcal{E}_0$ emmagasinée dans la bobine en régime permanent.

INDICE

Outil : l'énergie emmagasinée dans une bobine.

CORRIGÉ

Relation. $\mathcal{E}_0 = \dfrac{1}{2}\,L\,I_0^2$.

$$\mathcal{E}_0 = 0{,}5 \times 0{,}75 \times 0{,}30^2$$
$$\mathcal{E}_0 \approx 3{,}4 \times 10^{-2}\,\mathrm{J}$$

Conclusion. La bobine emmagasine environ $34\,\mathrm{mJ}$.

3.

On ouvre l'interrupteur. Que devient cette énergie lorsque le courant s'éteint ?

INDICE

Outil : après l'ouverture, le courant circule dans R, dans le fil de la bobine et dans la diode idéale.

CORRIGÉ

Bilan. Le courant décroît jusqu'à zéro : l'énergie de la bobine passe de $\mathcal{E}_0$ à 0. La diode idéale ne reçoit aucune énergie, car sa tension est nulle.

Conclusion. Toute l'énergie emmagasinée est convertie en chaleur par effet Joule, dans le conducteur ohmique et dans le fil de la bobine.

4.

Montrer que la part de cette énergie dissipée dans le conducteur ohmique vaut $\dfrac{R}{R+r}\,\mathcal{E}_0$, puis la calculer.

INDICE

Point délicat : à chaque instant, le même courant traverse R et r ; compare les puissances $R\,i^2$ et $r\,i^2$.

CORRIGÉ

Puissances. À chaque instant, $p_R = R\,i^2$ et $p_r = r\,i^2$: leur rapport vaut toujours $\dfrac{R}{r}$. Les énergies dissipées sont donc dans le même rapport, et leur somme vaut $\mathcal{E}_0$.

Part de R. $\mathcal{E}_R = \dfrac{R}{R+r}\,\mathcal{E}_0$:

$$\mathcal{E}_R = \frac{18}{24} \times 33{,}75$$
$$\mathcal{E}_R \approx 25\,\text{mJ}$$

Conclusion. Le conducteur ohmique reçoit les trois quarts de l'énergie, soit environ $25\,\text{mJ}$.

5.

Calculer l'énergie qui reste dans la bobine à l'instant $t = \tau$ après l'ouverture.

INDICE

Outil : $i(\tau) = I_0\,e^{-1}$; l'énergie dépend du carré de l'intensité.

CORRIGÉ

Expression. $\mathcal{E}(\tau) = \dfrac{1}{2}\,L\,I_0^2\,e^{-2} = \mathcal{E}_0\,e^{-2}$.

$$\mathcal{E}(\tau) = 33{,}75 \times 0{,}135$$
$$\mathcal{E}(\tau) \approx 4{,}6\,\text{mJ}$$

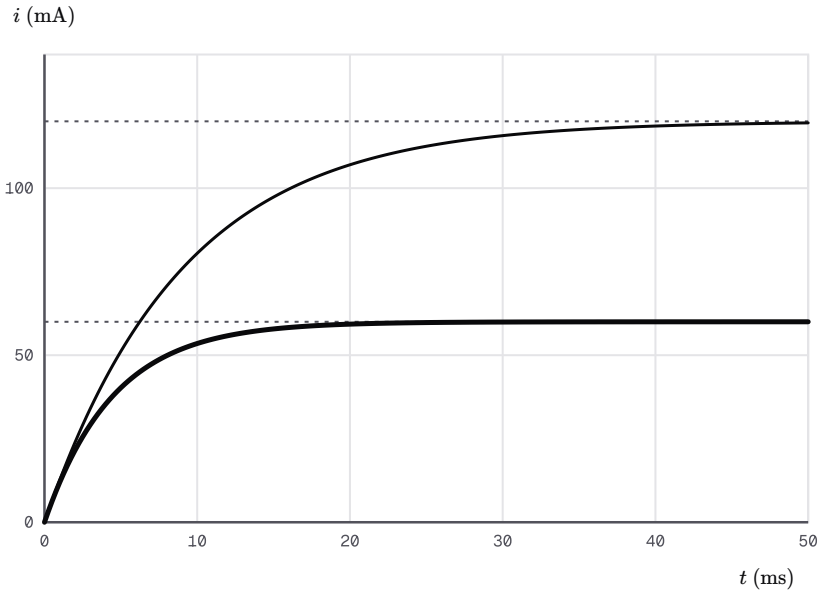
Conclusion. Au bout d'une constante de temps, il ne reste qu'environ $4{,}6\,\text{mJ}$ dans la bobine : l'énergie décroît plus vite que l'intensité.

Exercice 6

Influence de la résistance : attribuer deux courbes d'établissement

On étudie l'électroaimant de verrouillage d'une porte, de bobine (L, r) avec $L = 0{,}36\,\mathrm{H}$ et $r = 4{,}0\,\Omega$. On l'alimente par un échelon de tension de 0 à $E = 4{,}8\,\mathrm{V}$, en série avec un conducteur ohmique. Deux essais sont réalisés : $R_1 = 36\,\Omega$, puis $R_2 = 76\,\Omega$. Un capteur relié à un ordinateur enregistre $i(t)$.

Document. Les deux courbes obtenues, notées $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$.



Établissement du courant pour deux résistances

1.

Calculer l'intensité permanente de chaque essai et attribuer chaque courbe à R_1 ou à R_2.

INDICE

Outil : $I_0 = \dfrac{E}{R + r}$; la courbe qui monte le plus haut correspond à la plus petite résistance totale.

CORRIGÉ

Essai 1.

$$I_{01} = \frac{4{,}8}{40}$$
$$I_{01} = 0{,}12\,\mathrm{A}$$

Essai 2.

$$I_{02} = \frac{4{,}8}{80}$$
$$I_{02} = 6{,}0 \times 10^{-2}\,\mathrm{A}$$

Attribution. $\mathcal{C}_2$ tend vers $120\,\mathrm{mA}$ et $\mathcal{C}_1$ vers $60\,\mathrm{mA}$.

Conclusion. La courbe $\mathcal{C}_2$ correspond à $R_1 = 36\,\Omega$, la courbe $\mathcal{C}_1$ à $R_2 = 76\,\Omega$.

2.

Déterminer graphiquement la constante de temps de chaque essai par la méthode des 63 %.

INDICE

Début : calcule $0{,}63\,I_0$ pour chaque courbe, puis lis l'instant correspondant.

CORRIGÉ

Courbe C2. $0{,}63 \times 120 \approx 76\,\text{mA}$, atteint vers $9\,\text{ms}$: $\tau_1 \approx 9\,\text{ms}$.

Courbe C1. $0{,}63 \times 60 \approx 38\,\text{mA}$, atteint vers $4{,}5\,\text{ms}$: $\tau_2 \approx 4{,}5\,\text{ms}$.

Conclusion. On lit $\tau_1 \approx 9\,\text{ms}$ pour R_1 et $\tau_2 \approx 4{,}5\,\text{ms}$ pour R_2.

3.

Vérifier ces lectures par le calcul.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{L}{R+r}$, avec la résistance totale de chaque essai.

CORRIGÉ

Essai 1.

$$\tau_1 = \frac{0{,}36}{40}$$
$$\tau_1 = 9{,}0 \times 10^{-3}\,\text{s}$$

Essai 2.

$$\tau_2 = \frac{0{,}36}{80}$$
$$\tau_2 = 4{,}5 \times 10^{-3}\,\text{s}$$

Conclusion. Les valeurs calculées, $9{,}0\,\text{ms}$ et $4{,}5\,\text{ms}$, confirment les lectures graphiques.

4.

On veut que le régime permanent soit atteint le plus vite possible. Quel conducteur ohmique choisir ? Quel est l'inconvénient de ce choix ?

INDICE

Point délicat : compare la durée du régime transitoire, puis la position des deux courbes l'une par rapport à l'autre à chaque instant.

CORRIGÉ

Durée du régime transitoire. Avec R_2, τ est deux fois plus petite : le régime permanent est atteint en $5\tau_2 \approx 23\,\mathrm{ms}$ au lieu de $45\,\mathrm{ms}$.

Inconvénient. Les deux courbes partent avec la même pente, puis $\mathcal{C}_1$ reste sous $\mathcal{C}_2$: à chaque instant, l'intensité est plus faible avec R_2. L'intensité finale est aussi deux fois plus faible.

Enclenchement. Si le verrou colle dès qu'un seuil d'intensité est atteint, il colle donc plus tard avec R_2. Il ne colle jamais si ce seuil atteint ou dépasse $60\,\mathrm{mA}$.

Conclusion. On choisit R_2 pour atteindre plus vite le régime permanent, au prix d'une intensité plus faible à chaque instant : ce choix n'avance pas l'enclenchement.

Exercice 7

Capteur inductif en tension triangulaire : l'effet de la résistance

On étudie la bobine (L, r) d'un capteur inductif, de résistance $r = 40\,\Omega$. Un générateur basses fréquences délivre une tension triangulaire à un circuit série formé de cette bobine et d'un conducteur ohmique $R = 800\,\Omega$. On relève u_R et u_L à l'oscilloscope, pendant une montée de u_R.

Document. Mesures relevées pendant une montée.

Grandeur	Valeur
montée de u_R	de $-2{,}0$ à $2{,}0\,\mathrm{V}$
durée de la montée	$2{,}5\,\mathrm{ms}$
u_L au début	$0{,}82\,\mathrm{V}$
u_L quand $u_R = 0$	$0{,}92\,\mathrm{V}$
u_L à la fin	$1{,}02\,\mathrm{V}$

1.

Calculer $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ pendant la montée.

INDICE

Outil : $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \dfrac{1}{R}\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t}$, avec la pente de la montée.

CORRIGÉ

Pente de u_R.

$$\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = \frac{4{,}0}{2{,}5\times10^{-3}} = 1{,}6\times10^{3}\,\mathrm{V\cdot s^{-1}}$$

Intensité.

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{1{,}6\times10^{3}}{800}$$
$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = 2{,}0\,\mathrm{A\cdot s^{-1}}$$

Conclusion. Pendant la montée, l'intensité croît de $2{,}0\,\mathrm{A\cdot s^{-1}}$.

2.

Un élève néglige r et utilise la valeur de u_L relevée au début de la montée. Quelle inductance obtient-il ?

INDICE

Outil : en négligeant r, $L = \dfrac{u_L}{\mathrm{d}i/\mathrm{d}t}$.

CORRIGÉ

Calcul de l'élève.

$$L = \frac{0{,}82}{2{,}0}$$
$$L = 0{,}41\,\mathrm{H}$$

Conclusion. L'élève obtient une inductance de $0{,}41\,\mathrm{H}$.

3.

Montrer que la variation de u_L pendant la montée s'explique par le terme $r\,i$.

INDICE

Début : calcule l'intensité au début et à la fin de la montée. **Ensuite :** $L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ reste constant.

CORRIGÉ

Intensités. $i = \dfrac{u_R}{R}$ passe de $\dfrac{-2{,}0}{800} = -2{,}5\,\mathrm{mA}$ à $+2{,}5\,\mathrm{mA}$.

Terme résistif. $r\,i$ passe de $-0{,}10\,\mathrm{V}$ à $+0{,}10\,\mathrm{V}$: il varie de $0{,}20\,\mathrm{V}$, alors que $L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ reste constant.

Comparaison. Les mesures donnent $1{,}02 - 0{,}82 = 0{,}20\,\mathrm{V}$.

Conclusion. La variation de u_L pendant la montée est celle de $r\,i$: la résistance de la bobine n'est pas négligeable ici.

4.

À quel instant de la montée faut-il lire u_L pour éliminer l'effet de r ? En déduire L, puis l'écart relatif commis par l'élève.

INDICE

Point délicat : le terme $r\,i$ s'annule quand $i = 0$, c'est-à-dire quand $u_R = 0$.

CORRIGÉ

Instant de lecture. Quand $u_R = 0$, $i = 0$ et $u_L = L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ exactement.

Inductance.

$$L = \frac{0{,}92}{2{,}0}$$
$$L = 0{,}46\,\mathrm{H}$$

Écart relatif. $\dfrac{0{,}46 - 0{,}41}{0{,}46} \approx 0{,}11$.

Conclusion. En lisant u_L quand $u_R = 0$, on trouve $L = 0{,}46\,\mathrm{H}$; l'élève s'est trompé d'environ $11\,\%$.