BURHAN

Dipôle RL : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé 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 $L = 0{,}56\,\text{H}$ 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 $E = 9{,}6\,\text{V}$. 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.

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.

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 $t = 0$.

4.

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

INDICE

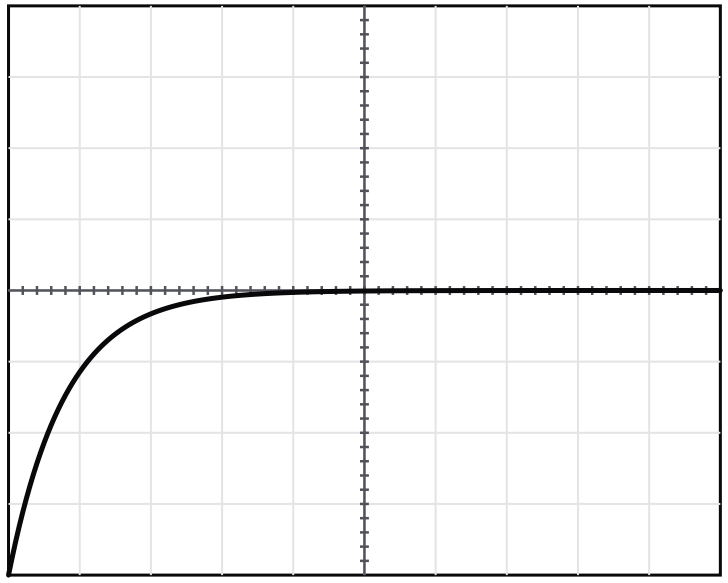
Outil : $R + r = 80\,\Omega$. **Ensuite :** en $t = 3\tau$, l'exposant vaut -3.

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.

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.

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.

4.

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

INDICE

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

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 $= \dfrac{|L_{\mathrm{mes}} - L_{\mathrm{fab}}|}{L_{\mathrm{fab}}}$.

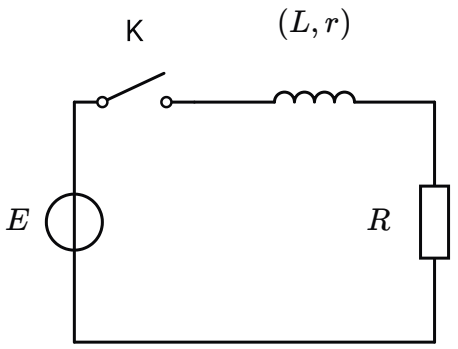
Exercice 3

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.

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.

3.

Le système propose trois durées d'enregistrement : $2\,\mathrm{ms}$, $20\,\mathrm{ms}$ et $200\,\mathrm{ms}$. 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.

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 $R + r$.

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.

Exercice 4

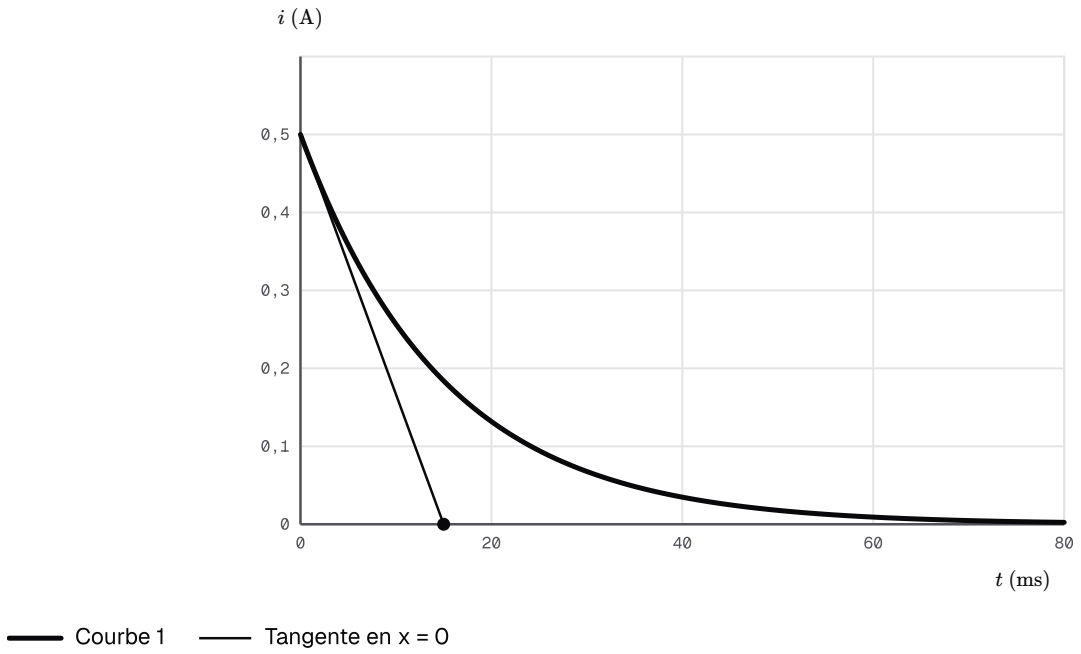
Rupture du courant dans un électroaimant de levage

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.

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.

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 $t = 0$.

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.

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.

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

2.

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

INDICE

Outil : l'énergie emmagasinée dans une bobine.

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.

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 $r\,i^2$.

5.

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

INDICE

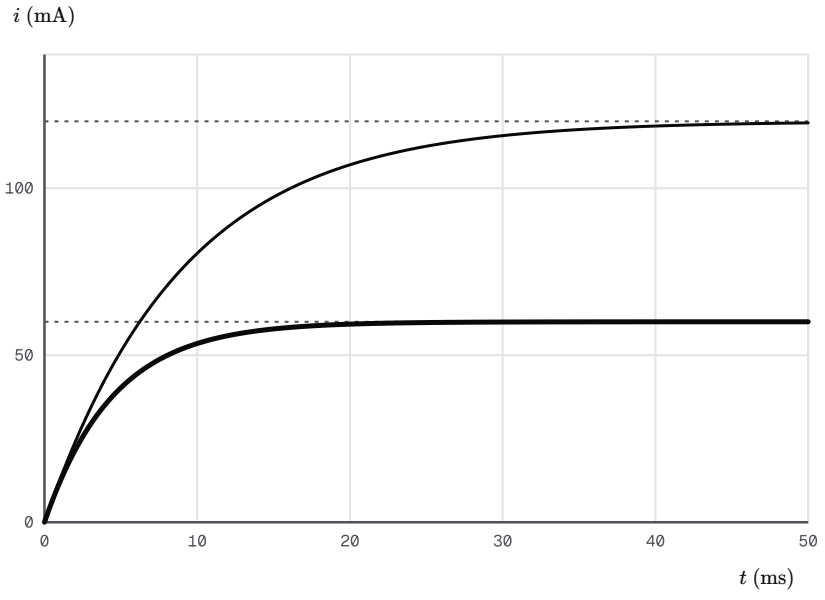
Outil : $i(\tau) = I_0\,e^{-1}$; l'énergie dépend du carré de l'intensité.

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.

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.

3.

Vérifier ces lectures par le calcul.

INDICE

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

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.

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

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.

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, $L = \dfrac{u_L}{\mathrm{d}i/\mathrm{d}t}$.

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.

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 $u_R = 0$.