BURHAN

Dipôle RL : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/dipole-rl/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Dipôle RL	Niveau examen	5

Exercice 1 6 pts

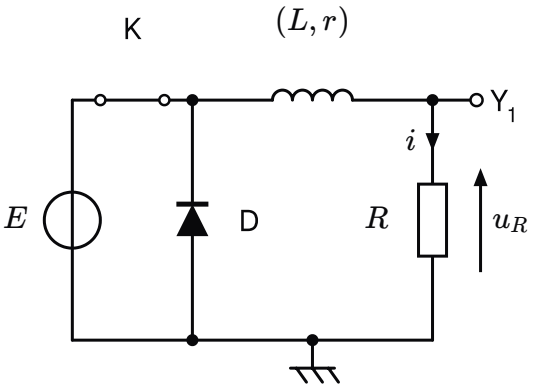
Relais d'une centrale d'alarme : modèle et contrôle à l'oscilloscope

Dans une centrale d'alarme, un relais électromagnétique commande une sirène. Sa bobine (L, r) est alimentée par un générateur de tension $E = 12\,\text{V}$, en série avec un conducteur ohmique $R = 120\,\Omega$.

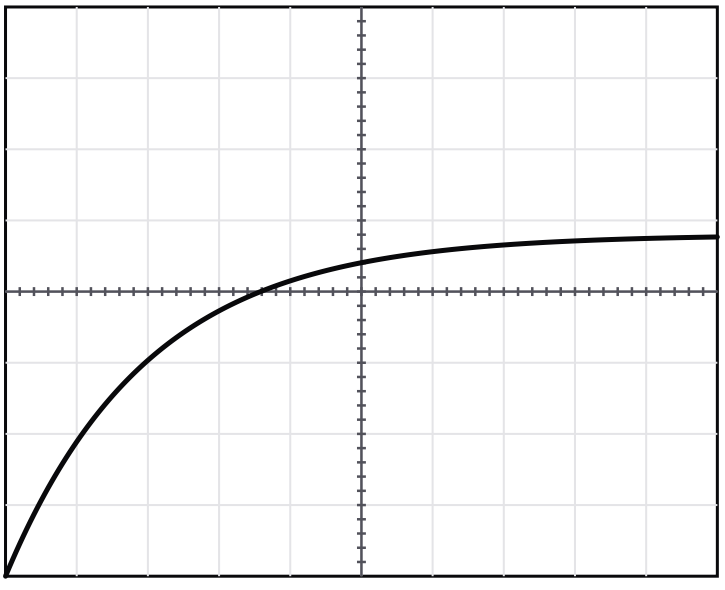
L'interrupteur K est fermé à l'instant $t = 0$; aucun courant ne circulait avant. Une diode de roue libre protège le montage.

Document 1. Schéma du montage, avec l'oscilloscope à mémoire qui enregistre u_R.

Document 2. Oscillogramme de u_R (partie B) : voie Y_1 à $2{,}0\,\text{V/div}$, zéro sur la ligne du bas ; balayage à $1{,}0\,\text{ms/div}$.



Document 1 : montage d'étude du relais



Voie Y_1 : 2 V/div, zéro 4 divisions au-dessous du centre Balayage : 1 ms/div

Document 2 : tension aux bornes du conducteur ohmique, relais usé

A.1. 1 pts

Partie A : modèle du relais neuf. Le fabricant indique, pour la bobine neuve, $L = 0{,}48\,\mathrm{H}$ et $r = 40\,\Omega$.

Montrer que, pour $t \geq 0$, l'intensité vérifie

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

INDICE

Outil : flèche u_R et u_L en convention récepteur, puis applique la loi d'additivité des tensions ; la diode est bloquée.

A.2. 1 pts

Montrer que $i(t) = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ est solution de cette équation et vérifie $i(0) = 0$, à condition que $I_0 = \dfrac{E}{R + r}$ et $\tau = \dfrac{L}{R + r}$.

INDICE

Début : $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \dfrac{I_0}{\tau}\,e^{-t/\tau}$. **Ensuite :** regroupe les termes en $e^{-t/\tau}$.

A.3. 1,25 pts

Calculer I_0 et τ pour le relais neuf.

INDICE

Outil : la résistance totale vaut $R + r = 160\,\Omega$.

A.4. 0,5 pts

Le relais colle dès que l'intensité atteint 86 % de sa valeur permanente. Exprimer l'instant de collage en multiple de τ, puis dire combien de temps après la fermeture de K il colle. Valeur utile : $e^{-2} \approx 0{,}14$.

INDICE

Début : traduis le seuil en une condition sur $e^{-t/\tau}$.

B.1. 0,25 pts

Partie B : contrôle d'un relais usé. Après plusieurs années, on reprend le même montage, avec $E = 12\,\mathrm{V}$ et $R = 120\,\Omega$; la bobine usée a une inductance L' et une résistance r' inconnues. L'oscilloscope donne le document 2.

Expliquer pourquoi la voie Y_1 donne l'image de l'intensité.

INDICE

Outil : la masse et l'entrée Y_1 sont aux bornes de R.

B.2. 0,5 pts

Montrer que l'intensité permanente vaut $I'_0 = 80\,\mathrm{mA}$.

INDICE

Outil : le plateau, en divisions, multiplié par la sensibilité de la voie.

B.3. 0,5 pts

Déterminer la constante de temps τ' du relais usé, en nommant la méthode.

INDICE

Début : calcule $0{,}63\,U_R$, convertis-le en divisions, puis lis l'abscisse.

B.4. 1 pts

En déduire r' et L'. Les comparer aux valeurs du relais neuf, $L = 0{,}48\,\mathrm{H}$ et $r = 40\,\Omega$, et conclure.

INDICE

Outil : $R + r' = \dfrac{E}{I'_0}$, puis $L' = \tau' \,(R + r')$.

Exercice 2 6 pts

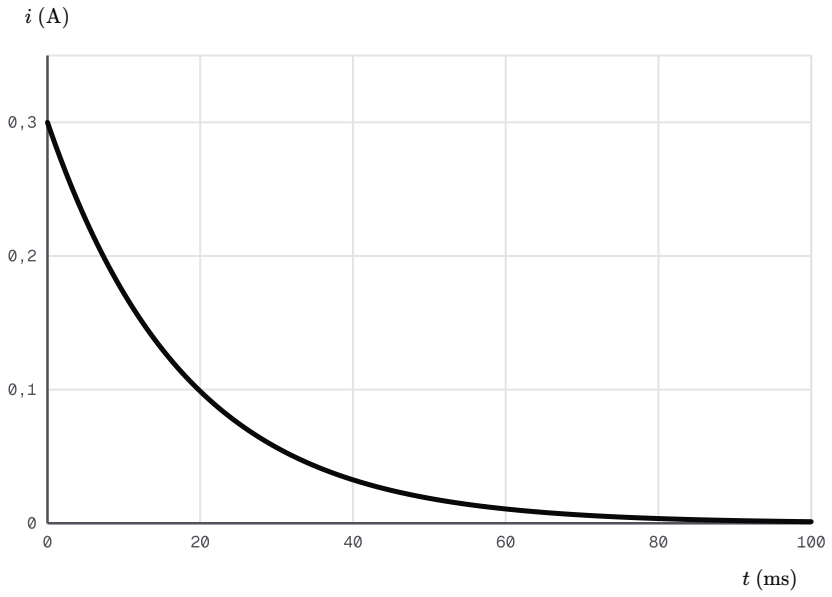
Porte coupe-feu : rupture du courant et énergie libérée

Une porte coupe-feu est maintenue ouverte par un électroaimant ; en cas d'alarme, on coupe son alimentation et la porte se referme.

La bobine (L, r), avec $L = 0{,}54\,\text{H}$ et $r = 5{,}0\,\Omega$, est en série avec un conducteur ohmique $R = 25\,\Omega$. L'ensemble est alimenté par un générateur $E = 9{,}0\,\text{V}$ à travers un interrupteur K.

Une diode de protection, considérée comme idéale, est branchée aux bornes de l'association de R et de la bobine. Valeur utile : $e^{-2} \approx 0{,}135$.

Document. Intensité $i(t)$ dans la bobine après l'ouverture de K à l'instant $t = 0$.



Intensité dans l'électroaimant après la coupure

A.1. 0,5 pts

Partie A : coupure de l'alimentation. L'interrupteur est fermé depuis longtemps. Montrer que l'intensité vaut alors $I_0 = 0{,}30\,\text{A}$.

INDICE

Outil : en régime permanent, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r.

A.2. 0,5 pts

On ouvre K à l'instant $t = 0$. Expliquer le rôle de la diode.

INDICE

Point délicat : l'intensité dans la bobine ne peut pas s'annuler brusquement.

A.3. 1 pts

Montrer que, pour $t \geq 0$, l'intensité vérifie

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

INDICE

Outil : la loi d'additivité dans la maille fermée par la diode, dont la tension est nulle.

A.4. 1 pts

Vérifier que $i(t) = I_0\, e^{-t/\tau}$, avec $\tau = \dfrac{L}{R+r}$, est la solution qui respecte la continuité de l'intensité.

INDICE

Début : dérive $i(t)$ et substitue. **Ensuite :** compare $i(0)$ à l'intensité juste avant l'ouverture.

A.5. 0,5 pts

Déterminer τ sur le document par la méthode des 37 %, puis comparer à la valeur calculée.

INDICE

Outil : à la rupture, $i(\tau) \approx 0{,}37\, I_0$.

B.1. 0,75 pts

Partie B : énergie libérée à la coupure. On admet qu'à l'instant de l'ouverture, une intensité $I_0 = 0{,}30\ \mathrm{A}$ traverse la bobine d'inductance $L = 0{,}54\ \mathrm{H}$, et qu'ensuite $i(t) = I_0\, e^{-t/\tau}$, avec $\tau = 18\ \mathrm{ms}$.

Calculer l'énergie $\mathcal{E}_0$ emmagasinée dans la bobine à l'instant de l'ouverture.

INDICE

Outil : l'énergie emmagasinée dans une bobine.

B.2. 0,75 pts

Montrer que l'énergie emmagasinée s'écrit, pour $t \geq 0$,

$$\mathcal{E}_m(t) = \mathcal{E}_0\, e^{-2t/\tau}$$

INDICE

Outil : l'expression de l'énergie en fonction de i, puis la loi $i(t)$ rappelée dans l'énoncé de la partie B.

B.3. 0,5 pts

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

INDICE

Outil : en $t = \tau$, $e^{-2t/\tau} = e^{-2}$.

B.4. `0,5 pts`

Un technicien propose de remplacer le conducteur ohmique par un autre de $55\,\Omega$, sans changer le générateur ($9{,}0\,\mathrm{V}$) ni la bobine ($0{,}54\,\mathrm{H}$, $5{,}0\,\Omega$). Calculer la nouvelle constante de temps et la nouvelle énergie emmagasinée, puis conclure.

INDICE

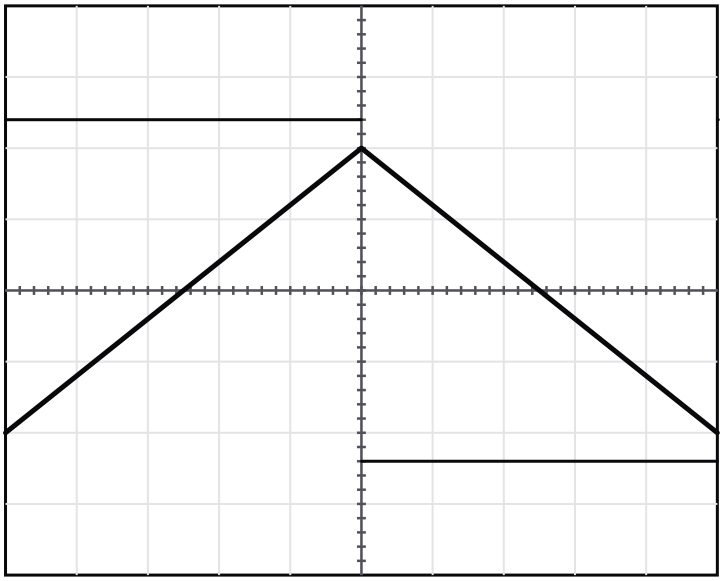
Début : la résistance totale devient $60\,\Omega$. **Point délicat :** l'intensité permanente change aussi.

Exercice 3 — 6 pts

Bobine sans indication : inductance puis résistance

Un élève récupère, dans un appareil hors d'usage, une bobine sans aucune indication. Il veut déterminer son inductance L, puis sa résistance r.

Document. Oscillogramme de la partie A : voie Y_1 (u_R) à $2{,}0\ \mathrm{V/div}$; voie Y_2 (u_L, touche d'inversion enfoncée) à $0{,}50\ \mathrm{V/div}$; balayage à $0{,}20\ \mathrm{ms/div}$.



Voie Y_1 : 2 V/div Voie Y_2 : 0,5 V/div Balayage : 0,2 ms/div

Tension triangulaire du conducteur ohmique et tension de la bobine inconnue

A.1. — 0,25 pts

Partie A : mesure de l'inductance. La bobine est montée en série avec un conducteur ohmique $R = 2{,}0\ \mathrm{k\Omega}$ et un générateur de tension triangulaire. La masse de l'oscilloscope est reliée entre le conducteur ohmique et la bobine.

Expliquer pourquoi l'une des deux voies doit être inversée.

INDICE

Point délicat : chaque voie mesure la tension entre son entrée et la masse ; compare ce sens à celui des flèches de u_R et de u_L.

A.2. — 0,5 pts

À partir du document, calculer $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ pendant une montée de u_R.

INDICE

Outil : variation et durée en divisions, converties par les sensibilités ; puis $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \dfrac{1}{R}\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t}$.

A.3. 0,5 pts

Montrer que $L \approx 0{,}30\,\mathrm{H}$, la résistance de la bobine étant négligée.

INDICE

Outil : $u_L = L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ pour une bobine de résistance négligeable.

A.4. 0,5 pts

On sait seulement que la résistance de la bobine est inférieure à $15\,\Omega$. Justifier qu'on pouvait la négliger dans cette mesure.

INDICE

Début : calcule la plus grande valeur de i. **Ensuite :** compare $r\,i$ à u_L.

B.1. 1 pts

Partie B : mesure de la résistance. On admet $L = 0{,}30\,\mathrm{H}$. La bobine est maintenant montée en série avec un conducteur ohmique $R' = 32\,\Omega$ et un générateur de tension continue $E = 3{,}0\,\mathrm{V}$. En régime permanent, un ampèremètre indique $I_0 = 75\,\mathrm{mA}$.

Montrer qu'en régime permanent, $I_0 = \dfrac{E}{R' + r}$.

INDICE

Outil : la loi d'additivité des tensions ; demande-toi ce que devient la tension de la bobine quand l'intensité ne varie plus.

B.2. 1 pts

Calculer la résistance r de la bobine.

INDICE

Outil : isole r dans la relation précédente.

B.3. 1 pts

Calculer la constante de temps de ce circuit.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{L}{R' + r}$.

B.4. 1,25 pts

L'élève veut que le régime transitoire dure moins de $20\,\mathrm{ms}$. Le montage convient-il ? Sinon, quelle valeur minimale faut-il donner à R' ?

INDICE

Début : le régime transitoire dure environ 5τ. **Ensuite :** traduis la condition sur τ, puis sur $R' + r$.

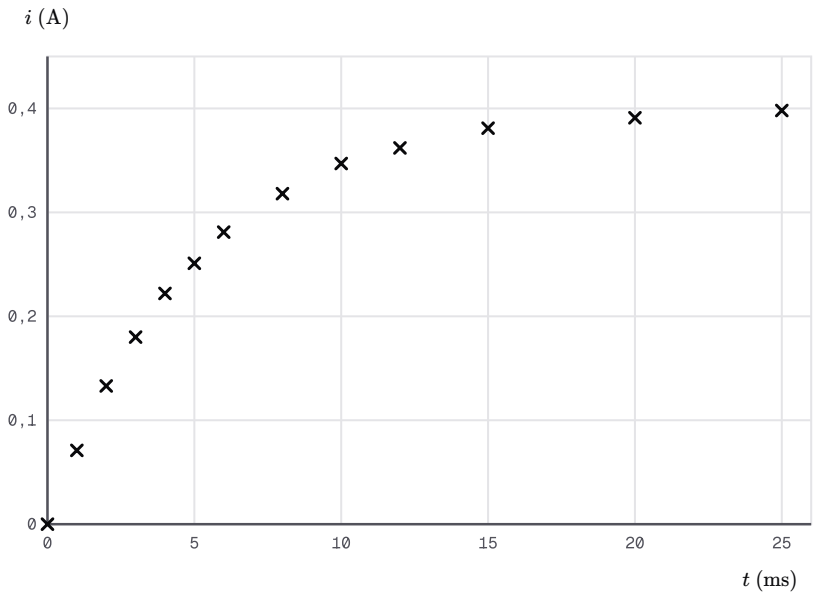
Exercice 4 6 pts

Distributeur de boissons : mesures d'intensité et choix d'une bobine

Dans un distributeur de boissons, un électroaimant ouvre une vanne de dosage. Sa bobine, en série avec un conducteur ohmique, reçoit à $t = 0$ un échelon de tension de 0 à $12\,\text{V}$. Un capteur de courant, relié à une carte d'acquisition, enregistre alors l'intensité.

Document. Mesures de l'intensité i en fonction du temps t, et leur représentation.

t (ms)	i (A)
0	0
1	$0{,}071$
2	$0{,}133$
3	$0{,}180$
4	$0{,}222$
5	$0{,}251$
6	$0{,}281$
8	$0{,}318$
10	$0{,}347$
12	$0{,}362$
15	$0{,}381$
20	$0{,}391$
25	$0{,}398$



× Points de mesure

Intensité mesurée dans la bobine de la vanne de dosage

A.1. 0,25 pts

Partie A : exploitation des mesures. Estimer l'intensité I_0 du régime permanent.

INDICE

Outil : les dernières mesures se rapprochent d'une valeur limite.

A.2. 0,5 pts

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

INDICE

Début : calcule $0{,}63\,I_0$, puis cherche dans le tableau l'instant où l'intensité atteint cette valeur.

A.3. 1,25 pts

Montrer que la résistance totale du circuit vaut environ $30\,\Omega$, puis calculer l'inductance L de la bobine.

INDICE

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

A.4. 0,5 pts

Un élève estime la pente de la tangente à l'origine à partir des deux premières mesures. Comparer son résultat à $\dfrac{I_0}{\tau}$, puis expliquer l'écart.

INDICE

Point délicat : la courbe s'incurve dès le début ; la droite qui joint deux mesures n'est pas la tangente.

B.1. 0,75 pts

Partie B : choix d'une bobine. Pour un nouvel appareil, on alimente une bobine (L, r) sous $E = 12\,\text{V}$, en série avec $R = 24\,\Omega$. Le cahier des charges impose, en régime permanent, une énergie emmagasinée d'au moins $12\,\text{mJ}$ et une constante de temps d'au plus $10\,\text{ms}$. Trois bobines sont disponibles :

Bobine	L (H)	r (Ω)
1	$0{,}12$	$6{,}0$
2	$0{,}30$	16
3	$0{,}60$	$6{,}0$

Montrer qu'en régime permanent, l'énergie emmagasinée s'écrit

$$\mathcal{E}_m = \frac{L\,E^2}{2\,(R+r)^2}$$

INDICE

Outil : l'énergie emmagasinée dans une bobine ; exprime d'abord l'intensité du régime permanent.

B.2. 1,75 pts

Calculer, pour chaque bobine, l'intensité permanente, l'énergie emmagasinée et la constante de temps.

INDICE

Début : calcule d'abord $R + r$ pour chaque bobine : 30, 40 et $30\,\Omega$.

B.3. 1 pts

Quelle bobine choisir ? Justifier.

INDICE

Outil : une bobine ne convient que si elle respecte les deux critères à la fois.

Exercice 5 6 pts

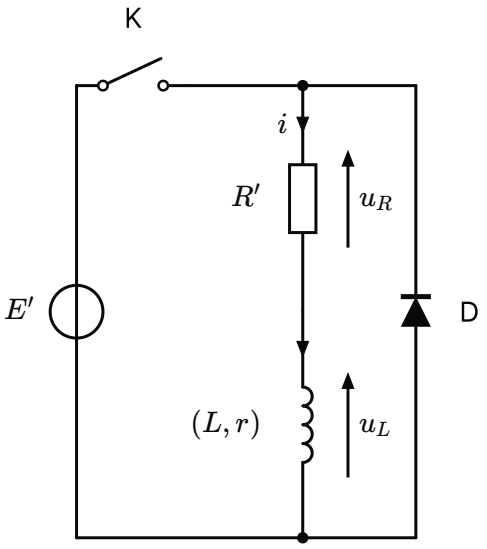
Électroaimant d'une maquette de grue : établissement littéral, rupture et énergie

Une maquette de grue soulève des billes d'acier avec un électroaimant. Sa bobine a une inductance L et une résistance r.

Elle est alimentée par un générateur de tension, en série avec un conducteur ohmique, à travers un interrupteur K. Une diode de roue libre, idéale, protège le circuit lors de l'ouverture.

Valeurs utiles : $e^{-1} \approx 0{,}368$ et $e^{-2} \approx 0{,}135$.

Document. Schéma du montage de la partie B.



Montage de l'électroaimant avec sa diode de roue libre

A.1. 0,75 pts

Partie A : établissement du courant, étude littérale. Le générateur a une tension E et le conducteur ohmique une résistance R. On ferme K à l'instant $t = 0$; aucun courant ne circulait avant.

Montrer que, pour $t \geq 0$, l'intensité i vérifie

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

INDICE

Outil : convention récepteur, loi d'additivité des tensions dans la maille du générateur, loi d'Ohm et modèle de la bobine.

A.2. 0,75 pts

Vérifier que $i(t) = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ est la solution qui respecte la continuité de l'intensité, en exprimant I_0 et τ en fonction de E, R, r et L.

INDICE

Début : dérive, substitue, puis identifie ; **Ensuite :** calcule $i(0)$.

A.3. 0,75 pts

Montrer que la tension aux bornes de la bobine s'écrit

$$u_L(t) = E - R\,I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

En déduire $u_L(0)$, puis la valeur finale de u_L en fonction de E, R et r.

INDICE

Outil : $u_L = E - u_R$ et $u_R = R\,i$. **Point délicat :** $e^{-t/\tau}$ tend vers 0 quand t devient grand.

A.4. 1 pts

Application numérique : $E = 12\,\mathrm{V}$, $R = 20\,\Omega$, $r = 4{,}0\,\Omega$, $L = 0{,}72\,\mathrm{H}$. Calculer I_0, τ et la valeur finale de u_L.

INDICE

Outil : $R + r = 24\,\Omega$.

B.1. 0,75 pts

Partie B : rupture du courant et énergie. La même bobine ($L = 0{,}72\,\mathrm{H}$, $r = 4{,}0\,\Omega$) est alimentée sous $E' = 12\,\mathrm{V}$ avec un conducteur ohmique $R' = 26\,\Omega$ (document). Le régime permanent atteint, on ouvre K à l'instant $t = 0$.

Montrer que l'intensité vaut $0{,}40\,\mathrm{A}$ juste après l'ouverture, puis calculer la constante de temps τ' de la rupture.

INDICE

Outil : la continuité de l'intensité ; le courant de rupture traverse R', la bobine et la diode.

B.2. 0,5 pts

Un capteur de courant enregistre $i(t)$ pendant la rupture. Décrire deux méthodes graphiques qui donnent τ' sur cet enregistrement, et calculer l'intensité à repérer pour l'une d'elles.

INDICE

Outil : les deux lectures de la constante de temps sur une courbe de rupture.

B.3. 0,75 pts

Calculer l'énergie emmagasinée dans la bobine à l'instant de l'ouverture, puis à l'instant $t = \tau'$.

INDICE

Outil : l'énergie emmagasinée dans une bobine. **Ensuite :** l'énergie dépend du carré de l'intensité.

B.4. `0,75 pts`

Sans la diode, l'ouverture de K ferait jaillir une étincelle entre ses contacts. En reliant l'expression de u_L, le rôle de la diode et l'énergie calculée à la question précédente, expliquer l'origine de l'étincelle et ce que devient l'énergie de la bobine avec la diode.

INDICE

Point délicat : compare la durée pendant laquelle l'énergie est libérée, avec et sans diode.