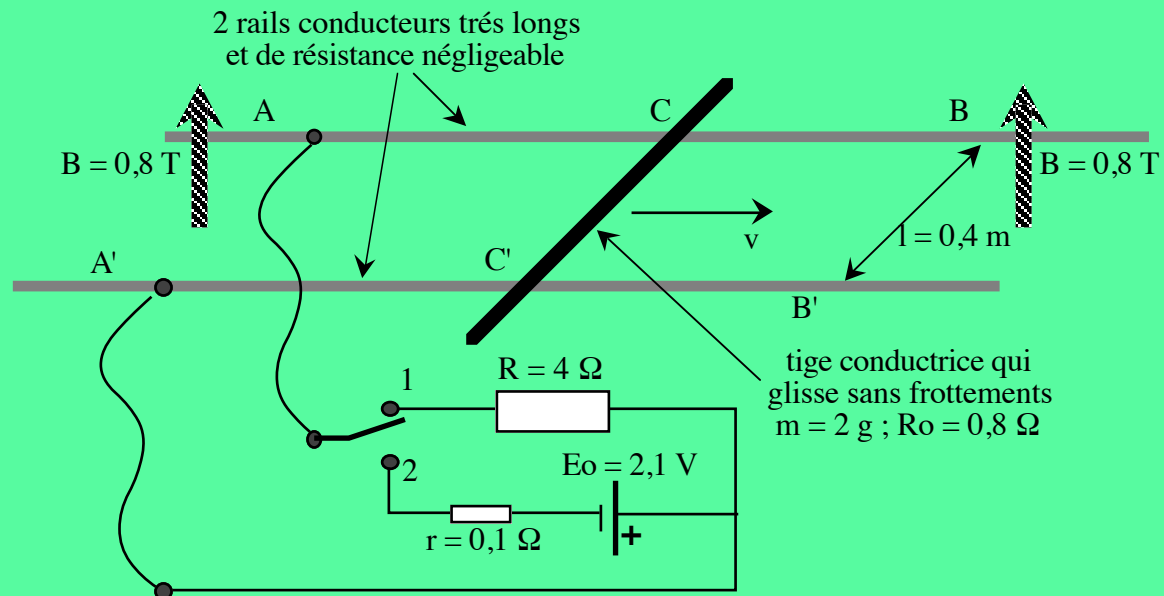


Exercice 1

1° - L'interrupteur est en position 1. La tige se déplace de gauche à droite à la vitesse uniforme de $0,6 \text{ m/s}$. Calculer la f.e.m. induite dans la tige et le courant qui la parcourt en précisant son sens; déterminer la force électromagnétique s'opposant au déplacement et la puissance mécanique absorbée.



Exercice 1

1° La tige CC' se déplace et provoque ainsi la modification de la surface du circuit et donc celle du flux du vecteur induction B. Cette variation de flux entraîne l'apparition au sein de la tige d'une f.e.m. « e » dirigée de C vers C' et d'expression :

$$e = B \ell v = 0,8 \times 0,4 \times 0,6 = 0,192 \text{ V}$$

Exercice 1

1° La tige CC' se déplace et provoque ainsi la modification de la surface du circuit et donc celle du flux du vecteur induction B. Cette variation de flux entraîne l'apparition au sein de la tige d'une f.e.m. « e » dirigée de C vers C' et d'expression :

$$e = B \ell v = 0,8 \times 0,4 \times 0,6 = 0,192 \text{ V}$$

L'apparition de cette f.e.m. implique la naissance d'un courant induit I_1 de C vers C' et tel que :

$$I_1 = \frac{e}{R + R_0} = 40 \text{ mA}$$

Exercice 1

1° La tige CC' se déplace et provoque ainsi la modification de la surface du circuit et donc celle du flux du vecteur induction B. Cette variation de flux entraîne l'apparition au sein de la tige d'une f.e.m. « e » dirigée de C vers C' et d'expression :

$$e = B \ell v = 0,8 \times 0,4 \times 0,6 = 0,192 \text{ V}$$

L'apparition de cette f.e.m. implique la naissance d'un courant induit I_1 de C vers C' et tel que :

$$I_1 = \frac{e}{R + R_0} = 40 \text{ mA}$$

Le circuit soumis à un champ magnétique d'induction B et parcouru par I_1 est alors soumis à une force de Laplace qui s'oppose au déplacement (loi de Lenz) :

$$F_1 = I_1 \ell B = 12,8 \text{ mN}$$

Exercice 1

1° La tige CC' se déplace et provoque ainsi la modification de la surface du circuit et donc celle du flux du vecteur induction B. Cette variation de flux entraîne l'apparition au sein de la tige d'une f.e.m. « e » dirigée de C vers C' et d'expression :

$$e = B \ell v = 0,8 \times 0,4 \times 0,6 = 0,192 \text{ V}$$

L'apparition de cette f.e.m. implique la naissance d'un courant induit I_1 de C vers C' et tel que :

$$I_1 = \frac{e}{R + R_0} = 40 \text{ mA}$$

Le circuit soumis à un champ magnétique d'induction B et parcouru par I_1 est alors soumis à une force de Laplace qui s'oppose au déplacement (loi de Lenz) :

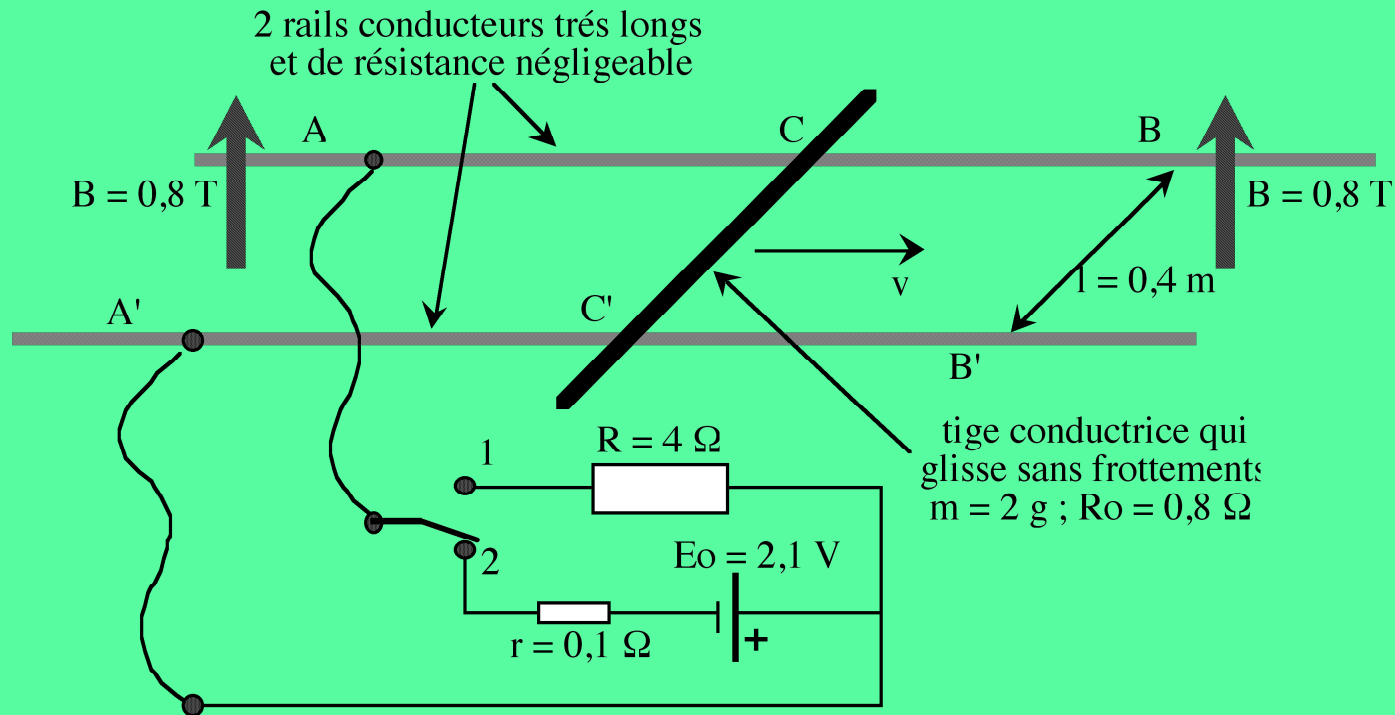
$$F_1 = I_1 \ell B = 12,8 \text{ mN}$$

Cette force développe une puissance mécanique :

$$P = F \cdot v = 7,68 \text{ mW}$$

Exercice 1

2° - La tige étant au repos, on bascule l'interrupteur en position 2 à l'instant $t = 0$. Déterminer la force électromagnétique à l'instant $t = 0$ et décrire qualitativement le mouvement de la tige; en déduire l'existence d'une vitesse limite que l'on calculera. Etablir l'expression $v = f(t)$ et calculer le temps mis pour atteindre la vitesse limite à 1 % près.



Exercice 1

2° Au basculement de l'interrupteur, en $t = 0$, un courant I_2 apparaît en sens inverse de I_1 , soumettant la tige à une force F_2 de Laplace, cette fois dans le sens de la vitesse v . Il s'en suit pour la tige un mouvement linéaire accéléré, dont l'accélération varie continûment car le courant I_2 est lié à la valeur de la f.e.m. et donc à la vitesse de la tige.

$$I_2 = \frac{E_0 - e}{r + R_0} \text{ et } F_2 = I_2 \ell B$$

$$\text{en } t = 0, e = 0 \Rightarrow I_2 = 2,33 \text{ A et } F_2 = 0,747 \text{ N}$$

On constate que la vitesse se stabilisera dès que l'accélération donc la force sera nulle soit pour $e = E_0$. La vitesse aura alors atteint la valeur v_0 avec :

$$e = E_0 = B \ell v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{E_0}{B \ell} = 6,56 \text{ m/s}$$

Exercice 1

L'équation fondamentale de la dynamique s'écrit :

$$m \frac{dv}{dt} = F_2 = B \ell I_2 = B \ell \frac{E_0 - e}{r + R_0} = \frac{B \ell E_0}{r + R_0} - \frac{(B \ell)^2}{r + R_0} v$$

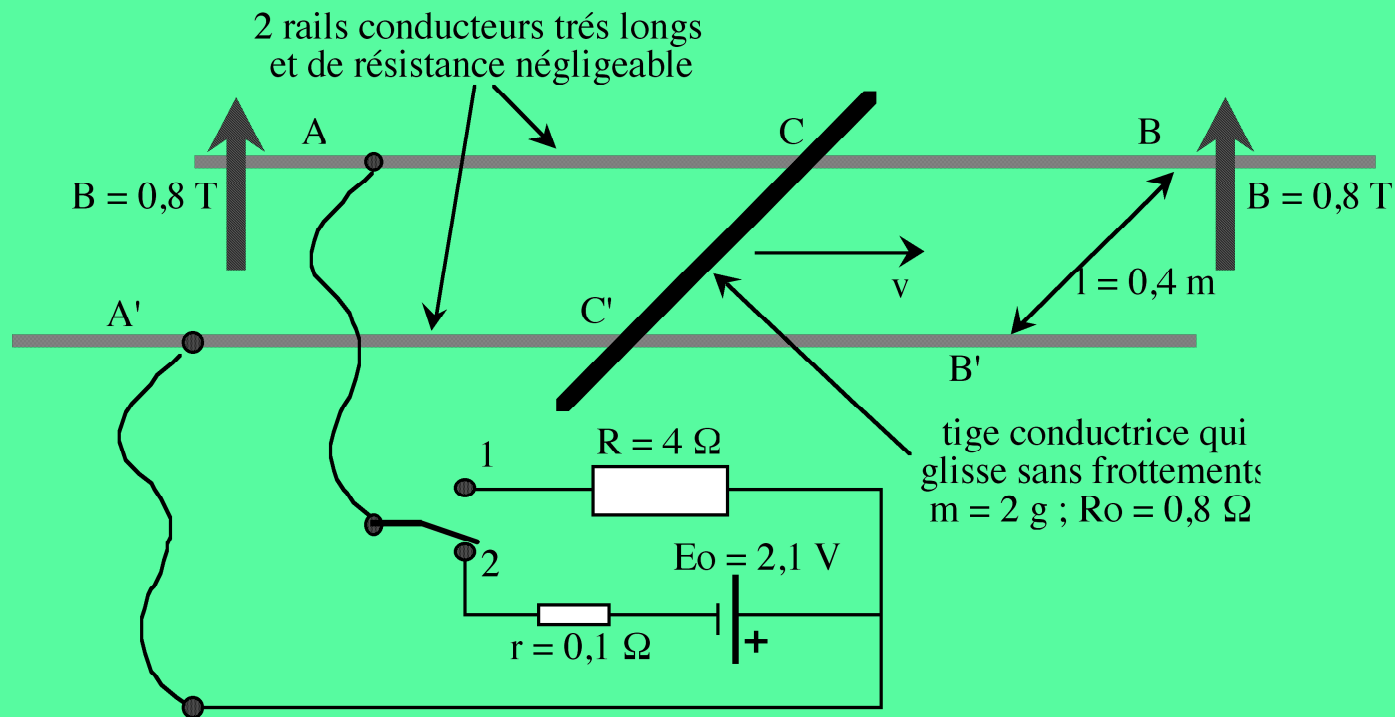
Soit numériquement :

$$0,01758 \frac{dv}{dt} + v = 6,56$$
$$\Rightarrow v(t) = v_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) = 6,56 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{0,01758}\right) \right)$$

La vitesse limite sera atteinte à 1% près au bout d'environ **5** fois la constante de temps de **17,58 ms** soit de l'ordre de **88 ms**.

Exercice 1

3° - La vitesse limite précédente étant atteinte, la tige est soumise à une force $F = 64 \text{ mN}$ de même direction que la vitesse. Quelle fonction le système remplit-il selon que cette force est dans le sens de la vitesse ou en sens opposé.



Exercice 1

3° Si F est motrice (dans le sens de v) :

Il y a accélération donc v devient supérieure à v_0 donc e supérieure à E_0 ; I_2 réapparaît mais en sens inverse et la force F_2 qui s'en suit, devient une force de freinage. Celle-ci va croître avec I_2 donc avec la différence $v - v_0$. On voit que l'accélération cessera quand la résultante des forces sera nulle, soit quand $F_2 = F$.

Le « système » reçoit de l'énergie mécanique venant de la force extérieure F et il produit une f.e.m. et un courant donc une énergie électrique que reçoit le générateur E_0 . Sa fonction est donc **générateur**.

$$F = F_2 \Rightarrow I_2 = \frac{F}{B\ell} = 0,2 \text{ A} \Rightarrow e = E_0 + (r + R_0)I_2$$
$$\Rightarrow v_g = v_0 + \frac{(r + R_0)I_2}{B\ell} = 7,12 \text{ m/s}$$

Exercice 1

3° Si **F est résistante** (sens opposé à v) :

Il y a freinage donc v devient inférieure à v_0 donc **e inférieure à E_0** ; I_2 réapparaît dans le même sens et la force F_2 qui s'en suit, reste motrice. Celle-ci va croître avec I_2 donc avec la différence $v_0 - v$. On voit que le ralentissement cessera quand la résultante des forces sera nulle, soit quand **$F_2 = F$** .

Le « système » fournit de l'énergie mécanique avec la force de Laplace F_2 et il reçoit une énergie électrique fournie par le générateur E_0 . Sa fonction est donc **moteur**.

$$F = F_2 \Rightarrow I_2 = \frac{F}{B\ell} = 0,2 \text{ A} \Rightarrow e = E_0 - (r + R_0)I_2$$
$$\Rightarrow v_g = v_0 - \frac{(r + R_0)I_2}{B\ell} = 6 \text{ m/s}$$

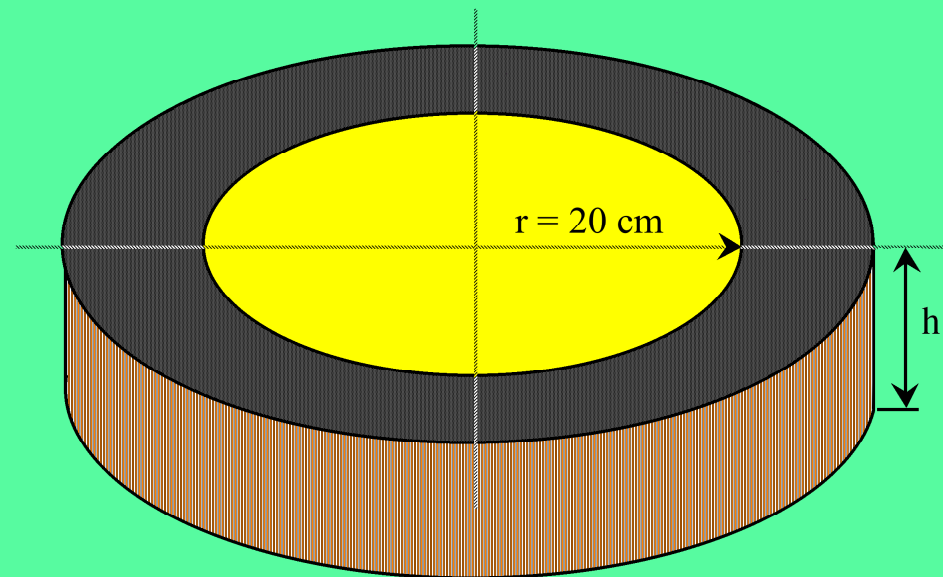
Exercice 2

Soit un tore, à section carrée ($h = 10 \text{ cm}$), réalisé dans un matériau ferromagnétique de perméabilité magnétique relative constante $\mu_r = 500$ est équipé d'une bobine de 1000 spires régulièrement réparties.

1° - Calculer l'expression exacte de l'inductance L de la bobine.

2° - Donner la valeur de L en supposant que l'induction est constante à l'intérieur de chaque spire et égale à celle calculée sur la circonférence moyenne.

3° - L'axe de révolution du tore est occupé par un conducteur rectiligne très long. Donner l'expression exacte de l'inductance mutuelle entre le conducteur et la bobine. Calculer la f.e.m. instantanée $e(t)$ induite aux bornes de la bobine lorsque le conducteur est parcouru par un courant $i(t) = \sin(1000.t)$ (en Ampère).



Exercice 2

1° On a vu que l'induction créée à l'intérieur d'une bobine torique est de la forme :

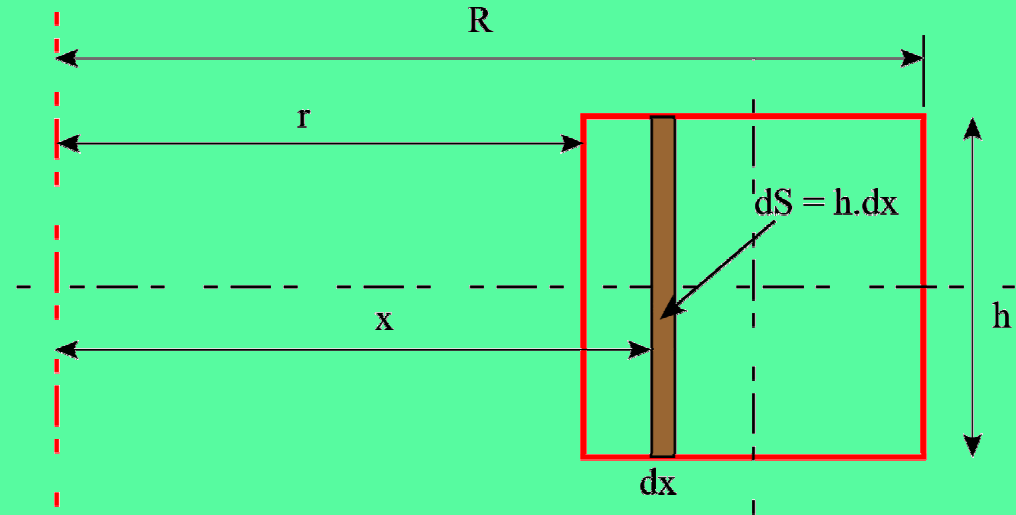
$$B(x) = \frac{\mu N I}{2\pi x}$$

où x est la distance du point considéré à l'axe du tore.

Dans le calcul du flux Φ à travers une section droite S de la bobine, nous pouvons donc choisir comme élément de surface dS une bande de hauteur h et d'épaisseur dx car B est le même en tout point de cette bande.

$$\Phi = \int B \cdot dS = \frac{\mu N I h}{2\pi} \int_r^R \frac{dx}{x} = \frac{\mu N I h}{2\pi} LN\left(\frac{R}{r}\right)$$

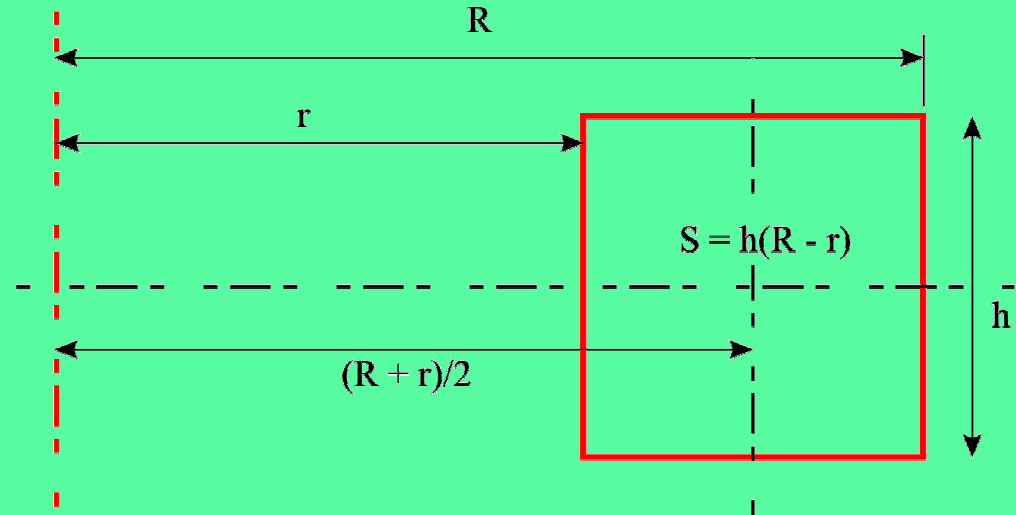
$$\text{D'où : } L = \frac{N \Phi}{I} = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 h}{2\pi} LN\left(\frac{R}{r}\right) = 10 LN(1,5) = 4,05 \text{ H}$$



Exercice 2

2° On considère maintenant que B est constant sur toute la section S et égal à sa valeur au centre de la section, soit pour $x = (r + R)/2$:

$$B = \frac{\mu N I}{\pi (r + R)}$$



Le calcul du flux Φ à travers une section droite S de la bobine est alors immédiat

$$\Phi = B.S = \frac{\mu N I}{\pi (r + R)} h (R - r)$$

D'où :

$$L = \frac{N \Phi}{I} = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 h}{\pi} \frac{R - r}{R + r} = 20 \frac{0,1}{0,5} = 4 \text{ H}$$

On constate le peu de différence avec le résultat de la question 1

Exercice 2

3° L'induction B est maintenant créée par un conducteur infini sur l'axe du tore. Son expression est :

$$B(x) = \frac{\mu I_1}{2\pi x}$$

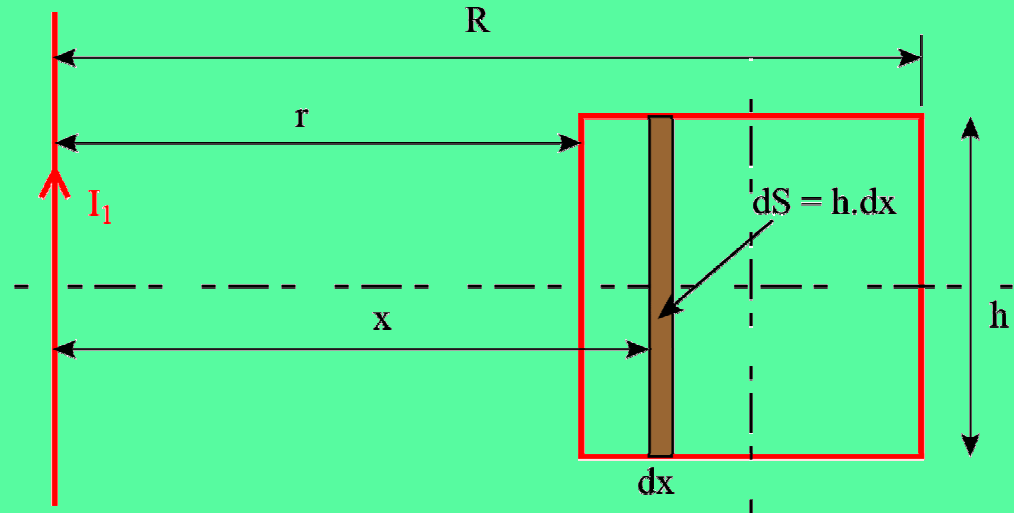
Le calcul du flux Φ_{12} créé par I_1 à travers une section droite S de la bobine se conduit comme dans la question 1, avec le même élément de surface $dS = h \cdot dx$.

$$\Phi_{12} = \int_r^R B \cdot dS = \frac{\mu I_1 h}{2\pi} \int_r^R \frac{dx}{x} = \frac{\mu I_1 h}{2\pi} LN\left(\frac{R}{r}\right)$$

$$\text{D'où : } M = \frac{N \Phi_{12}}{I_1} = \frac{\mu_0 \mu_r N h}{2\pi} LN\left(\frac{R}{r}\right) = 4,05 \text{ mH}$$

Ainsi un courant $i_1(t) = \sin(1000 t)$ créera une f.e.m. d'induction aux bornes de la bobine en circuit ouvert :

$$e(t) = -M \frac{di_1}{dt} = -4,05 \cos(1000 t)$$



Exercice 3

L'enroulement inducteur d'une machine à courant continu comporte 2500 spires. Alimenté sous sa tension nominale de 200 V, il est parcouru par un courant de 4 A en régime permanent. Le flux à travers une spire est alors de 16 mWb.

1° - Calculer l'inductance L de l'enroulement;

2° - Déterminer le temps nécessaire pour atteindre le régime permanent à 1 % près à compter de la mise sous tension.

3° - On réalise le montage Fig.1. Si K est fermé et le régime permanent atteint, déterminer les tensions maximales supportées par la bobine et l'interrupteur lors de son ouverture. Donner l'expression de $i(t)$ à partir de l'instant d'ouverture de K .

4° - On réalise le montage Fig.2. Calculer les expressions de $i_g(t)$, $i(t)$ et $i_1(t)$ à partir de l'instant de fermeture de K .

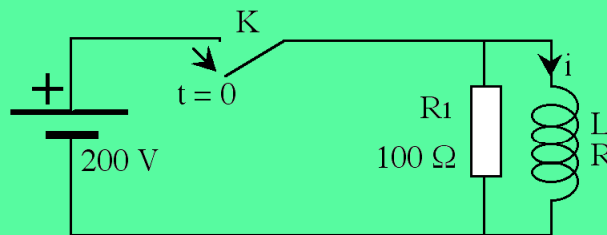


Fig.1

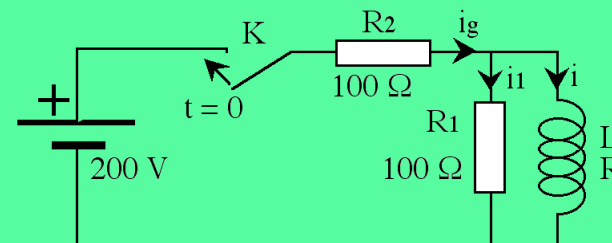


Fig.2

Exercice 3

1° Par définition de l'inductance :

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{2500 \times 0,016}{4} = 10 \text{ H}$$

Exercice 3

1° Par définition de l'inductance :

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{2500 \times 0,016}{4} = 10 \text{ H}$$

2° Le régime permanent sera atteint à 1 % près au bout d'environ 5 fois la constante de temps.

$$I = \frac{E}{R} \Rightarrow R = \frac{200}{4} = 50 \text{ } \Omega$$
$$\Rightarrow \Delta t = 5\tau = 5 \frac{L}{R} = 1 \text{ s}$$

Exercice 3

1° Par définition de l'inductance :

$$L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{2500 \times 0,016}{4} = 10 \text{ H}$$

2° Le régime permanent sera atteint à 1 % près au bout d'environ 5 fois la constante de temps.

$$I = \frac{E}{R} \Rightarrow R = \frac{200}{4} = 50 \text{ } \Omega$$
$$\Rightarrow \Delta t = 5\tau = 5 \frac{L}{R} = 1 \text{ s}$$

3° Aux bornes de R_1 , donc de la bobine, la tension prend sa valeur maximale en $t = 0$ quand le courant dans la bobine vaut 4 A (régime permanent).

$$\hat{V}_{BOB} = R_1 \cdot I(t = 0) = 100 \times 4 = 400 \text{ V}$$

Aux bornes de l'interrupteur, et toujours en $t = 0$, la tension suit la loi des mailles, d'où, vu le sens de V_{BOB} :

$$\hat{V}_{INT} = E + \hat{V}_{BOB} = 600 \text{ V}$$

Exercice 3

3° (suite) La décharge de l'inductance à travers R et R1, est décrite par l'équation différentielle :

$$L \frac{di}{dt} + (R + R_1)i = 0 \Rightarrow i(t) = K \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) \text{ avec } \tau_1 = \frac{L}{R + R_1}$$

Soit numériquement :

$$\tau_1 = \frac{1}{15} \text{ s et } i(t=0) = 4 \text{ A} \Rightarrow i(t) = 4 \exp(-15t)$$

Exercice 3

4° Le schéma de la Fig. 2 est décrit par 2 équations de maille et 1 équation de nœud :

$$(1) E = R_2 \cdot i_g + R_1 i_1$$

$$(2) E = R_2 \cdot i_g + L \frac{di}{dt} + Ri$$

$$(3) i_g = i_1 + i$$

$$(1) - (2) \Rightarrow R_1 i_1 = L \frac{di}{dt} + Ri$$

$$(2) \text{ et } (3) \Rightarrow E = R_2 \cdot (i_1 + i) + L \frac{di}{dt} + Ri$$

Ainsi, l'élimination de i_1 conduit à l'équation différentielle en i :

$$L \frac{di}{dt} + \left(R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right) i = \frac{R_1 \cdot E}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Soit numériquement : } 0,1 \frac{di}{dt} + i = 1 \Rightarrow i(t) = 1 - \exp(-10t)$$

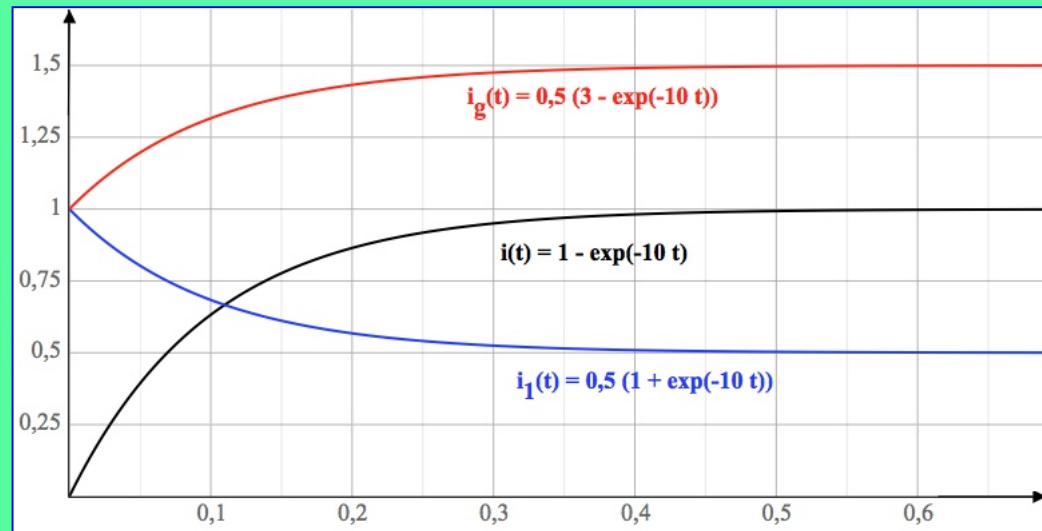
$i(t)$ a donc une évolution exponentielle de **constante de temps 100 ms** avec **1 A** de valeur finale

Exercice 3

4° (suite) On en déduit l'évolution de i_1 et i_g :

$$i_1 = \frac{1}{R_1} \left(L \frac{di}{dt} + Ri \right) = \frac{1}{2} (1 + \exp(-10t))$$
$$i_g = i_1 + i = \frac{1}{2} (3 - \exp(-10t))$$

Ce qui donne les courbes :



Exercice 4

La bobine d'allumage d'un moteur automobile est alimentée au moyen du circuit ci-dessous :

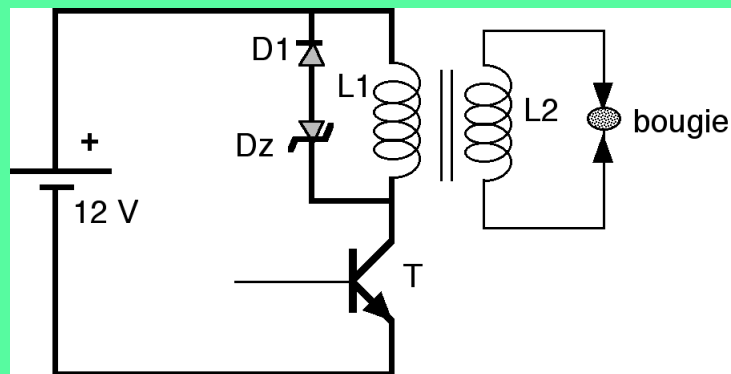
1° - Calculer le coefficient d'inductance mutuelle M entre les deux bobines.

2° - T conduit pendant 10 ms. Ecrire et résoudre l'équation différentielle donnant $i_1(t)$ courant dans la bobine 1, i_1 étant nul au départ. Déterminer la valeur finale de i_1 .

On bloque T et, **en absence de D_z** , le courant i_1 se reboucle par la seule diode D_1 . Ecrire et résoudre l'équation différentielle donnant $i_1(t)$ et calculer le délai pour qu'il s'annule.

Considérant les différentes évolutions de $i_1(t)$, exprimer la tension $u_2(t)$ aux bornes de la bobine 2; tracer ses variations en précisant les valeurs extrêmes.

3° - Pour obtenir une surtension suffisante aux bornes de la bougie, on modifie les conditions de décroissance de $i_1(t)$ en ajoutant D_z . Donner la nouvelle expression de $i_1(t)$ et déterminer le nouveau délai pour son annulation. En déduire la nouvelle valeur crête de $u_2(t)$.



Bobine 1 : $L1 = 20 \text{ mH}$; $R1 = 2 \Omega$; 200 spires

Bobine 2 : 20 000 spires

Couplage parfait entre les deux bobines

Diode $D1$: chute de tension directe = 1 V

Diode Dz : Zener de 200 V

Transistor T : interrupteur parfait

Exercice 4

1° Si Φ est le flux à travers une spire, alors, par définition, on a :

$$\left. \begin{array}{l} N_1 \Phi = L_1 I_1 \\ N_2 \Phi = M I_1 \end{array} \right\} \Rightarrow M = \frac{N_2}{N_1} L_1$$

AN : $M = 2 H$

Exercice 4

1° Si Φ est le flux à travers une spire, alors, par définition, on a :

$$\left. \begin{array}{l} N_1 \Phi = L_1 I_1 \\ N_2 \Phi = M I_1 \end{array} \right\} \Rightarrow M = \frac{N_2}{N_1} L_1 \quad \text{AN : } M = 2 \text{ H}$$

2° L'établissement du courant dans L_1 est décrit par l'équation différentielle :

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = 12 \Rightarrow \frac{di_1}{dt} + 100 i_1 = 600 \Rightarrow i_1(t) = 6(1 - \exp(-100t))$$

La valeur max est atteinte au bout de 10 ms : $\hat{I}_1 = i_1(10^{-2}) = 3,8 \text{ A}$

Exercice 4

1° Si Φ est le flux à travers une spire, alors, par définition, on a :

$$\left. \begin{array}{l} N_1 \Phi = L_1 I_1 \\ N_2 \Phi = M I_1 \end{array} \right\} \Rightarrow M = \frac{N_2}{N_1} L_1 \quad \text{AN : } M = 2 \text{ H}$$

2° L'établissement du courant dans L_1 est décrit par l'équation différentielle :

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = 12 \Rightarrow \frac{di_1}{dt} + 100 i_1 = 600 \Rightarrow i_1(t) = 6(1 - \exp(-100t))$$

La valeur max est atteinte au bout de 10 ms : $\hat{I}_1 = i_1(10^{-2}) = 3,8 \text{ A}$

Après le blocage du transistor, l'équation de décroissance du courant est :

$$\left. \begin{array}{l} L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = -1 \\ \text{avec } i_1(0) = 3,8 \end{array} \right\} \Rightarrow i_1(t) = 4,3 \exp(-100t) - 0,5$$

La résolution de $i_1(t) = 0$ donne la durée pour atteindre 0, soit : $t_d = 21,5 \text{ ms}$

Exercice 4

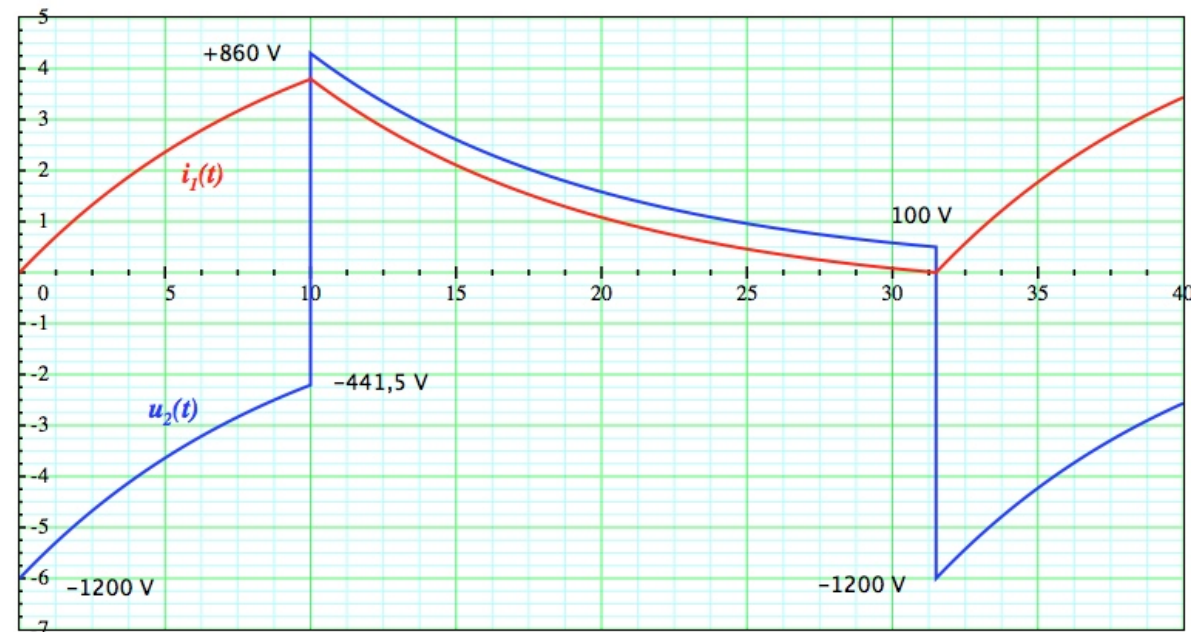
La f.e.m. de mutuelle induction qui apparaît aux bornes de la bobine 2 est donnée par :

$$u_2(t) = -M \frac{di_1}{dt} = -1200 \exp(-100t) \text{ pour la phase de croissance}$$

et

$$u_2(t) = -M \frac{di_1}{dt} = 860 \exp(-100t) \text{ pour la phase de décroissance}$$

Ce qui donne
les variations :



Exercice 4

3° L'ajout de la zener de 200 V augmente très fortement la tension de décharge de L_1 et va donc faire décroître le courant beaucoup plus vite. La nouvelle équation de décroissance s'écrit :

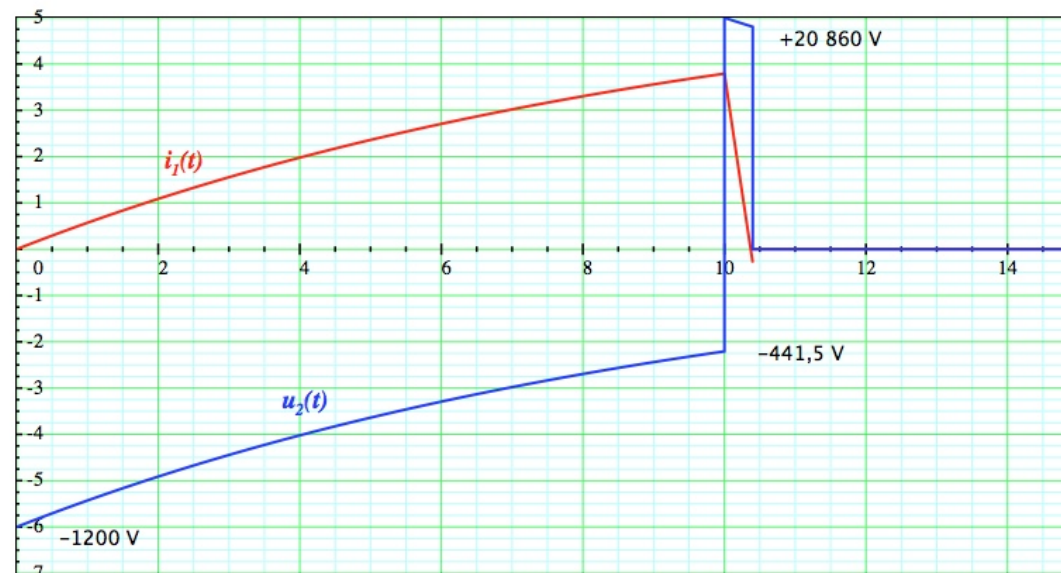
$$\left. \begin{array}{l} L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = -201 \\ \text{avec } i_1(0) = 3,8 \end{array} \right\} \Rightarrow i_1(t) = 104,3 \exp(-100t) - 100,5$$

La résolution de $i_1(t) = 0$ donne la durée pour atteindre 0, soit :

$$t_d = 0,37 \text{ ms}$$

D'où : $u_2(t) = -M \frac{di_1}{dt} = 20\,860 \exp(-100t)$ pour la nouvelle décroissance

Ce qui donne les variations :



Exercice 5

Soit la schéma ci-contre destiné à l'alimentation de la bobine d'inductance L et de résistance R . Les interrupteurs K_1 et K_2 de même que les diodes D_1 et D_2 sont supposés parfaits.

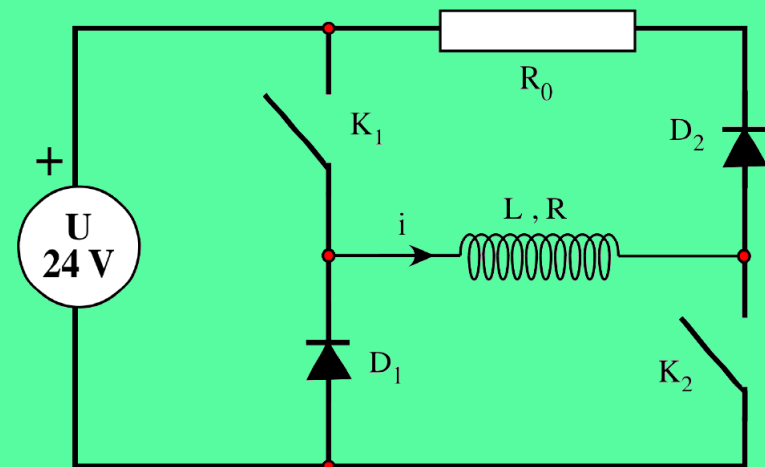
On a $L = 0,12 \text{ H}$; $R = 12 \ \Omega$; $R_0 = 48 \ \Omega$.

1° - Ecrire et résoudre l'équation différentielle donnant $i(t)$ lors de la fermeture des 2 interrupteurs avec $i(0) = 0$.

2° - Au bout de 10 ms, on ouvre uniquement K_1 . Donner la nouvelle expression de $i(t)$ et la durée pour avoir $i = 0$ à 1 % près.

3° - K_1 et K_2 étant restés fermés plusieurs secondes, on les ouvre tous les deux ensemble. Déterminer la nouvelle expression de $i(t)$ ainsi que la durée nécessaire pour atteindre 0.

4° - La bobine est couplée magnétiquement à une autre bobine identique, avec un coefficient de couplage de 0,8. Donner la valeur crête de la tension induite aux bornes de l'autre bobine, supposée à vide, lors de la coupure décrite au 3°.

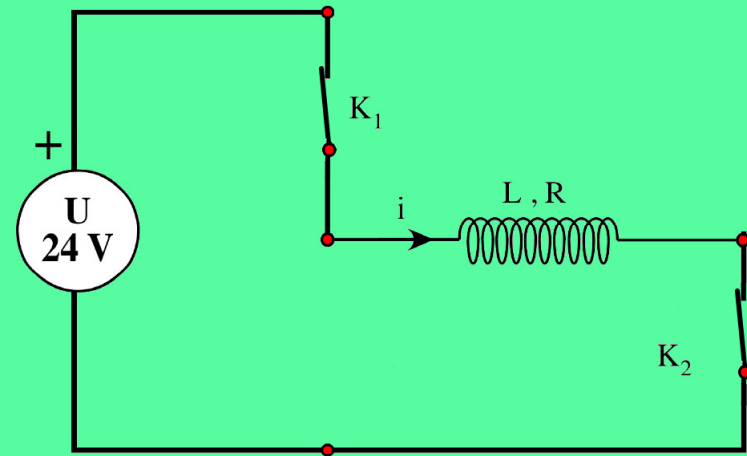


Exercice 5

1° On charge l'inductance sous 24 V à travers K_1 et K_2 avec $i(0) = 0$

$$\left. \begin{array}{l} L \frac{di}{dt} + Ri = 24 \\ i(0) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow i(t) = 2(1 - \exp(-100t))$$

avec $\tau = \frac{L}{R} = 10 \text{ ms}$

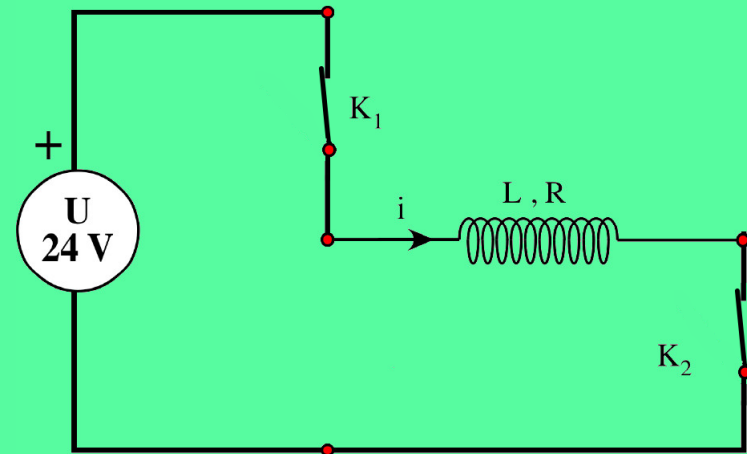


Exercice 5

1° On charge l'inductance sous 24 V à travers K_1 et K_2 avec $i(0) = 0$

$$\left. \begin{array}{l} L \frac{di}{dt} + Ri = 24 \\ i(0) = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow i(t) = 2(1 - \exp(-100t))$$

avec $\tau = \frac{L}{R} = 10 \text{ ms}$



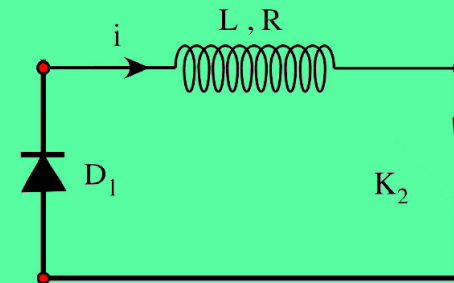
2° Au bout de 10 ms, le courant a pris la valeur :

$$i = 2(1 - e^{-1}) = 1,264 \text{ A}$$

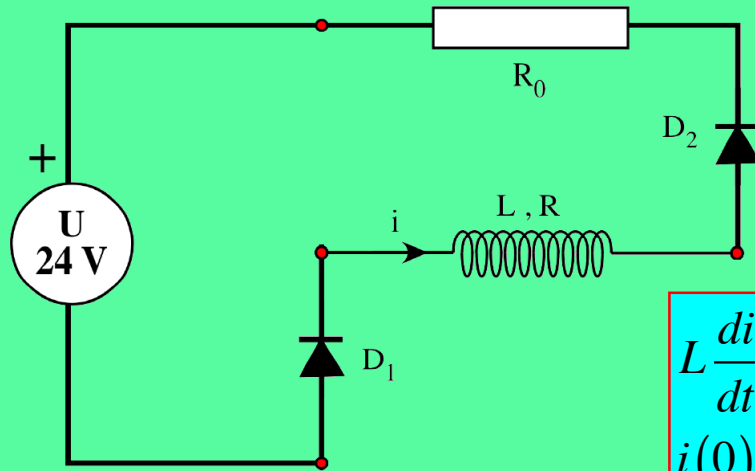
La décharge se fait sous une tension voisine de 0, avec la même constante de temps, à travers K_2 et D_1 .

$$i(t) = 1,264 \exp(-100t)$$

I atteint 0 à 1 % près au bout de **5 τ soit 50 ms**.



Exercice 5



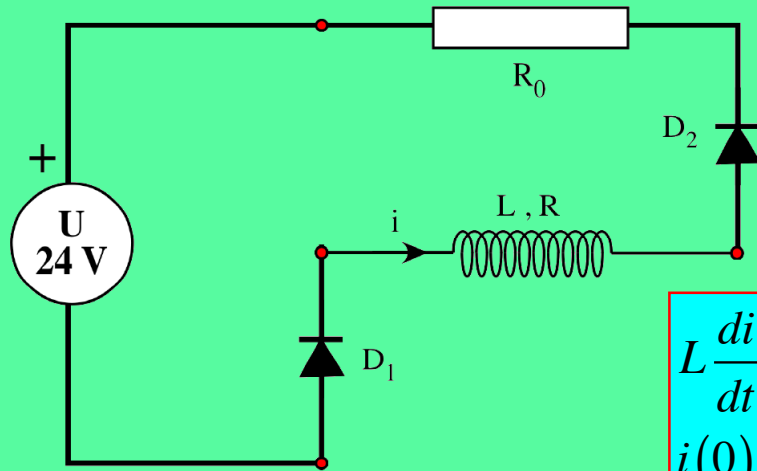
3° Au bout de plusieurs secondes, le courant i a atteint **2 A**. La décharge se fait cette fois sous la tension « $-U$ » et à travers D_1 , D_2 et R_0 .

$$i = 0 \text{ pour } t = \frac{LN(6)}{500} = 3,58 \text{ ms}$$

$$\left. \begin{array}{l} L \frac{di}{dt} + (R + R_0)i = -24 \\ i(0) = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow i(t) = 2,4 \exp(-500t) - 0,4$$

$$\text{avec } \tau' = \frac{L}{R + R_0} = 2 \text{ ms}$$

Exercice 5



3° Au bout de plusieurs secondes, le courant i a atteint **2 A**. La décharge se fait cette fois sous la tension « $-U$ » et à travers D_1 , D_2 et R_0 .

$$\left. \begin{array}{l} L \frac{di}{dt} + (R + R_0)i = -24 \\ i(0) = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow i(t) = 2,4 \exp(-500t) - 0,4$$

$$\text{avec } \tau' = \frac{L}{R + R_0} = 2 \text{ ms}$$

$$i = 0 \text{ pour } t = \frac{LN(6)}{500} = 3,58 \text{ ms}$$

4° Par définition :

$$M = k \sqrt{L_1 L_2} = k L_2 = 0,8 \times 0,12 = 96 \text{ mH}$$

$$v_2 = -M \frac{di}{dt} \quad \text{avec } \frac{di}{dt} = -500 \times 2,4 \exp(-500t)$$

$$\frac{di}{dt} \text{ est maxi pour } t=0 \Rightarrow \hat{V}_2 = 0,096 \times 500 \times 2,4 = 115,2 \text{ V}$$

Exercice 6

Deux bobines B_1 et B_2 , de N_1 et N_2 spires, réalisées sur le même noyau d'un circuit magnétique, sont supposées parfaitement couplées. Le circuit magnétique n'est pas saturé.

- B_2 étant en circuit ouvert, on applique une tension continue à B_1 dont la résistance est $R_1 = 10 \Omega$. On constate alors que le courant a atteint 63,2 % de sa valeur finale au bout de 0,1 s.
- Inversement, B_1 étant en circuit ouvert, si on applique à B_2 , de résistance $R_2 = 30 \Omega$, une tension sinusoïdale de 230 V - 50 Hz, on mesure un courant de 4,6 A.

1° - Calculer le coefficient d'induction mutuelle M entre B_1 et B_2 .

2° - On applique à B_1 une tension sinusoïdale V_1 de 230 V - 50 Hz. Le flux à travers une section droite du circuit étant considéré comme sinusoïdal, exprimer et calculer la valeur efficace de la tension V_2 aux bornes de B_2 quand celle-ci est en circuit ouvert.

3° - On alimente les deux bobines connectées en série au moyen d'une tension sinusoïdale V de 230 V - 50 Hz. En négligeant l'influence des résistances, déterminer les 2 valeurs du courant obtenues selon le sens de branchement relatif de B_1 par rapport à B_2 (On précise que l'inductance équivalente aux 2 bobines couplées connectées en série est $L_1 + L_2 \pm 2M$ selon le sens de branchement).

Exercice 6

1° Les deux essais proposés sur chacune des deux bobines, ont pour but de déterminer l'inductance de ces bobines.

L'essai 1 utilise la durée du transitoire de croissance d'un courant continu.

$$i(t) = \hat{I} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

AN :

$$1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0,632 \Rightarrow t = \tau = 0,1 \text{ s}$$
$$\Rightarrow L_1 = R_1 \tau = 1 \text{ H}$$

Exercice 6

1° Les deux essais proposés sur chacune des deux bobines, ont pour but de déterminer l'inductance de ces bobines.

L'essai 1 utilise la durée du transitoire de croissance d'un courant continu.

$$i(t) = \hat{I} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

$$\text{AN : } 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = 0,632 \Rightarrow t = \tau = 0,1 \text{ s} \\ \Rightarrow L_1 = R_1 \tau = 1 \text{ H}$$

L'essai 2 utilise la notion d'impédance d'une bobine en alimentation sinusoïdale :

$$Z_2 = \frac{U}{I_2} = \sqrt{R_2^2 + (L_2 \omega)^2}$$

$$\text{AN : } Z_2 = 50 \text{ } \Omega \Rightarrow L_2 = 0,127 \text{ H}$$

Le couplage magnétique des 2 bobines étant supposé parfait : $M = \sqrt{L_1 L_2} = 0,357 \text{ H}$

Exercice 6

2° Un flux sinusoïdal suppose que le courant $i_1(t)$ qui crée ce flux est lui-même sinusoïdal. La tension de mutuelle induction V_2 qui apparaît aux bornes de B_2 le sera donc aussi.

$$v_2(t) = -M \frac{di_1}{dt} \text{ avec } i_1(t) \text{ sinusoïdal de pulsation } \omega$$

D'où, en valeur efficace : $V_2 = M\omega I_1$ avec $I_1 = \frac{V_1}{Z_1} = \frac{V_1}{\sqrt{R_1^2 + (L_1\omega)^2}}$ AN : $V_2 = 82,1 \text{ V}$

Exercice 6

2° Un flux sinusoïdal suppose que le courant $i_1(t)$ qui crée ce flux est lui-même sinusoïdal. La tension de mutuelle induction V_2 qui apparaît aux bornes de B_2 le sera donc aussi.

$$v_2(t) = -M \frac{di_1}{dt} \text{ avec } i_1(t) \text{ sinusoïdal de pulsation } \omega$$

D'où, en valeur efficace : $V_2 = M\omega I_1$ avec $I_1 = \frac{V_1}{Z_1} = \frac{V_1}{\sqrt{R_1^2 + (L_1\omega)^2}}$ AN : $V_2 = 82,1 \text{ V}$

3° L'inductance équivalente des deux bobines connectées en série de telle sorte que les flux s'additionnent (on parle alors de **flux additifs**) est :

$$L_{\text{éq}+} = L_1 + L_2 + 2M \quad \text{Le courant sera donc : } I_+ = \frac{V}{L_{\text{éq}+}\omega} \quad \text{AN : } I_+ = 0,398 \text{ A}$$

L'inductance équivalente des deux bobines connectées en série de telle sorte que les flux s'opposent (on parle alors de **flux soustractifs**) est :

$$L_{\text{éq}-} = L_1 + L_2 - 2M \quad \text{Le courant sera donc : } I_- = \frac{V}{L_{\text{éq}-}\omega} \quad \text{AN : } I_- = 1,77 \text{ A}$$