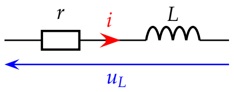
Chapitre 12
Courant électrique dans une bobine

Révision et Résumé

Bobine en convention récepteur La relation entre la tension aux bornes de la bobine et l'intensité qui la traverse s'écrit :

$$u_L = ri + L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$$

avec L inductance de la bobine en henrys (H) et r résistance interne de la bobine en ohms (Ω). La convention récepteur est respectée sur le schéma suivant :



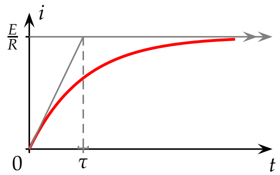
Continuité de l'intensité Une bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant dans le circuit où elle se trouve. L'intensité du courant dans le circuit ne peut pas subir de discontinuité.

Dipôle RL Un dipôle RL est constitué par l'association en série d'une bobine d'inductance L et d'un conducteur ohmique de résistance R ; on suppose que la résistance interne r de la bobine est négligeable devant R.

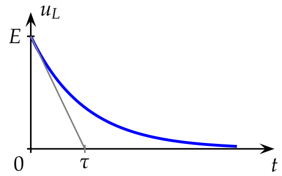
Réponse en courant Il faut être capable de retrouver l'équation différentielle de la réponse en courant :

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

La solution de cette équation a une courbe de la forme suivante, lors de l'établissement du courant :



Réponse en tension À partir de la réponse en courant précédente, et de la relation entre la tension u_L et le courant i, on peut déduire la forme de la réponse en tension aux bornes de la bobine :



Constante de temps Le rapport :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

est appelé constante de temps du dipôle RL. Elle est homogène à une durée.

Il faut connaître cette formule, savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle, et savoir retrouver sa valeur à partir des courbes ci-dessus, en traçant la tangente à l'oigine.

Influence de R et de L Il faut savoir quelles sont les modifications qualitatives qui ont lieu sur les courbes ci-dessus, si l'on modifie les valeurs de R ou de L.

Énergie emmagasinée Une bobine d'inductance L traversée par un courant d'intensité i emmagasine l'énergie :

$$E_L = \frac{1}{2}Li^2$$

avec E_L l'énergie emmagasinée en joules, L l'inductance en henrys (H) et i l'intensité du courant en ampères (A).

Mots clés

Relation tension-intensité.	**Continuité de l'intensité.**	**Constante de temps.**
Inductance.	**Dipôle RL.**	**Énergie emmagasinée.**

Questions

Q1 Quelle est la forme de la courbe représentant les variations de l'intensité du courant traversant un dipôle RL, lors de l'établissement du courant ?

Q2 Quelle est l'influence d'une bobine dans un circuit quelconque ?

Q3 Soit un dipôle RL donné. Que dire de l'établissement du courant dans le circuit, lorsque l'on double la résistance R du conducteur ohmique ?

Q4 Soit un dipôle RL donné. En introduisant un *noyau de fer doux* dans la bobine, on multiplie l'inductance propre de celle-ci par un facteur dix. Que dire de l'établissement du courant dans le circuit ?

Q5 Proposer un montage permettant de visualiser les variations de l'intensité et de la tension aux bornes d'un dipôle RL soumis à un échelon de tension.

Exercices

N'oubliez pas l'exercice résolu p. 155.

Les bobines

12.1 **N°10 p. 157 : Inductance d'une bobine**

12.2 **N°11 p. 157 : Courant en dents de scie**

12.3 **N°13 p. 158 : Étude d'une bobine**

Le dipôle RL

12.4 **N°15 p. 159 : Établissement d'un courant**

12.5 **N°16 p. 159 : Étude d'une bobine**

Énergie d'une bobine

12.6 **N°17 p. 159 : Expression de l'énergie**

12.7 **N°19 p. 160 : Énergie mécanique**

⋆⋆
⋆

Corrigé 12

Courant électrique dans une bobine

Questions

$\boxed{Q1}$ Il s'agit d'une exponentielle croissante, admettant une asymptote verticale à $t \to \infty$.

$\boxed{Q2}$ Une bobine interdit les variations brusques de l'intensité du courant.

$\boxed{Q3}$ En doublant la résistance, on divise par deux la constante de temps $\tau = L/R$, mais simultanément on divise par deux le courant maximal E/R atteint à $t \to \infty$ (en pratique, 5τ).

$\boxed{Q4}$ La bobine s'opposant aux variations de courant, celui-ci mets dix fois plus de temps à atteindre la valeur maximale E/R ; en effet, la constante de temps $\tau = L/R$ est multipliée par dix.

$\boxed{Q5}$ Voir par exemple le schéma proposé dans l'exercice résolu p. 155 du livre.

Exercices

Les bobines

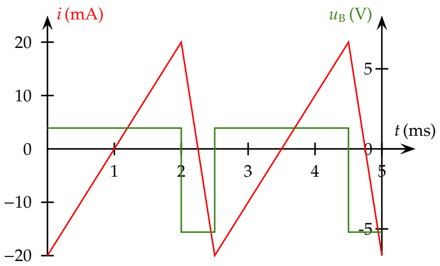
$\boxed{12.1}$ N°10 p. 157 : Inductance d'une bobine

1. $N = \dfrac{L}{\pi D} = \dfrac{50}{\pi \times 6,00 \times 10^{-2}}$

   soit 2,6510^2 tours.
2. Les spires étant jointives, la longueur ℓ de la bobine est :
$$\ell = N \times d = 0,133 \text{ m}.$$
3. L'inductance de la bobine est :
$$L = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N^2 \pi d^2}{4\ell} = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ H}.$$
4. Le nombre N de spires serait multiplié par 2. L'inductance sera donc multipliée par 4 :
$$L = 7,52 \cdot 10^{-3} \text{ H}.$$

$\boxed{12.2}$ N°11 p. 157 : Courant en dents de scie

1. Tension aux bornes d'une bobine de résistance négligeable :
$$u_B = L\frac{di}{dt}$$
   De $t = 0$ à $t = 2$ ms : $i = 20t - 20$, avec i en mA et t en ms (prenez deux points sur la portion de droite représentant $i(t)$ pour trouver son équation si jamais vous avez du mal). D'où :
$$\frac{di}{dt} = 20 \text{ mA.ms}^{-1} = 20 \text{ A.s}^{-1}$$
$$\Rightarrow \quad u_B = 65,0 \cdot 10^{-3} \times 20 = 1,3 \text{ V}$$
   De $t = 2$ ms à $t = 2,5$ ms : $i = -80t + 180$ (pente négative quatre fois plus élevée), donc :
$$\frac{di}{dt} = -80 \text{ A.s}^{-1}$$
$$\Rightarrow \quad u_B = 65,0 \cdot 10^{-3} \times (-80) = -5,2 \text{ V}$$
2. Les variations de la tension u_B sont un créneau dissymétrique :



$\boxed{12.3}$ N°13 p. 157 : Étude d'une bobine

Le dipôle RL

$\boxed{12.4}$ N°15 p. 159 : Établissement d'un courant

1. $E = Ri + L\dfrac{di}{dt}$.
2. En suivant ce qui a été fait en cours, on établit que :
$$i = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$
$$\Leftrightarrow \quad i = 0,127\left(1 - e^{-0,6010^{-3}t}\right)$$
3. La constante de temps du dipôle RL s'écrit :
$$\tau = \frac{L}{R}$$
   Donc : $\tau = 0,60 \cdot 10^{-3}$ s.
4. On trace la droite horizontale représentant la limite vers laquelle tend i, c'est-à-dire 0,127 A.
   La tangente à l'origine à la courbe coupe cette droite au point d'abscisse $\tau = 0,60$ ms.
   À la date $t = \tau$, l'intensité vaut 63 % de sa valeur limite, soit 0,080 A. Les deux droites précédentes et le point de coordonnées (0,60 ms ; 0,080 A) suffisent pour en déduire l'allure en exponentielle de la courbe.

$\boxed{12.5}$ N°16 p. 159 : Étude d'une bobine

1. Sur la voie CH1, on visualise la tension aux bornes du conducteur ohmique, qui est proportionnelle ($u_R = Ri$) à l'intensité traversant le circuit.

   Au bout d'un temps très long : $\dfrac{di}{dt} = 0$.
   $u_R = Ri$ tend vers 6,2 V, donc :
$$i = \frac{6,2}{40} = 0,155 \text{ A}$$
2. À l'instant $t = 0$:
$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt} = \frac{1}{4}\frac{8,0}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 80 \text{ A.s}^{-1}$$
3. $E = (R + r)i + L\dfrac{di}{dt}$.
4. À $t = 0$, $i = 0$, donc : $E = L\dfrac{di}{dt}$, d'où :
$$L = \frac{8,0}{80} = 0,10 \text{ H}$$
   Lorsque t devient très grand : $E = (R + r)i$, d'où :
$$r = \frac{E}{i} - R = 12\ \Omega$$
5. En cherchant l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine avec la droite d'ordonnée 6,2 V, on obtient : $\tau = 2,0$ ms.

   Le calcul donne :
$$\tau = \frac{L}{R + r} = \frac{0,10}{40 + 12} = 1,9 \text{ ms}$$
   On constate un écart entre valeur mesurée et valeur calculée, faible.

Énergie d'une bobine

$\boxed{12.6}$ N°17 p. 159 : Expression de l'énergie

1. Puissance électrique reçue par un récepteur :
$$\mathcal{P} = ui$$
2. Puissance reçue par la bobine, de résistance interne négligeable :
$$\mathcal{P} = L\frac{di}{dt}i$$
3. L'énergie de la bobine est une primitive de la puissance :
$$\mathcal{P} = \frac{dE}{dt} \quad \Rightarrow \quad E = \int \mathcal{P} dt$$
$$\Rightarrow \quad E_L = \frac{1}{2}Li^2 + k$$
   où k est une constante d'intégration. Lorsque le courant d'intensité i est nul, l'énergie dans le bobine est forcément nulle, donc $k = 0$ et par suite, on retrouve :
$$E_L = \frac{1}{2}Li^2$$

$\boxed{12.7}$ N°19 p. 160 : Énergie mécanique

⋆⋆
⋆