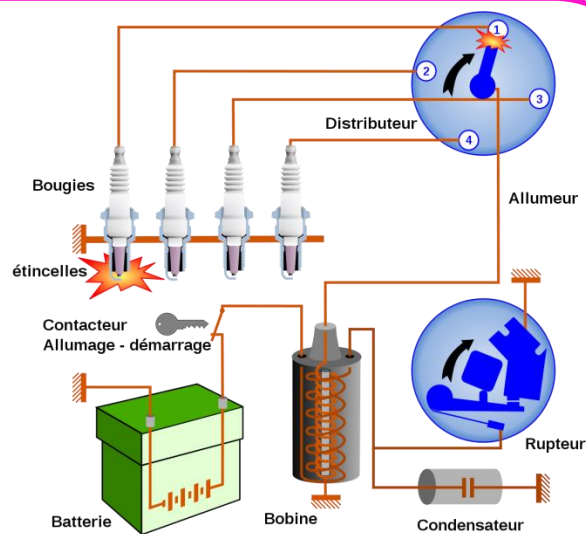


# Chapitre 7 : Dipôle RL

## RL الوحدة 7 : ثنائي القطب



### ❖ Situation-problème :

Pendant longtemps, l'allumage, dans un moteur d'automobile, s'effectuait grâce à une bobine. De nos jours l'allumage utilise des circuits électroniques.

- Quel est le rôle d'une bobine dans un circuit électrique ?

### ❖ Objectifs : Connaissances et savoir-faire exigibles

#### ❖ La bobine :

- Connaître la représentation symbolique d'une bobine ;
- En utilisant la convention récepteur, savoir orienter un circuit sur un schéma, représenter les différentes flèches-tension;
- Connaître l'expression de la tension aux bornes d'une bobine, connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation;

#### ❖ Le dipôle RL

- Effectuer la résolution analytique pour  $L$ 'intensité du courant dans un dipôle RL soumis à un échelon de tension ;
- En déduire l'expression de la tension aux bornes de la bobine ;
- Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle ;
- Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée dans une bobine ;
- Savoir qu'une bobine s'oppose aux variations du courant du circuit où elle se trouve et que l'intensité de ce courant ne subit pas de discontinuité
- Savoir que la tension aux bornes d'un condensateur n'est jamais discontinue,
- Savoir exploiter un document expérimental pour :
  - identifier les tensions observées
  - montrer l'influence de  $R$  et de  $L$  lors de l'établissement et de la disparition du courant ;
  - déterminer une constante de temps
- réaliser un montage électrique à partir d'un schéma
- réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du générateur, de la bobine et du conducteur ohmique.

Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de  $R$  et de  $L$  sur le phénomène observé

La tension aux bornes d'une bobine .....et ..... parcourue par un courant électrique d'intensité  $i$  est donnée par la relation suivante : .....

- Lorsque la résistance interne de la bobine est..... ( / bobine idéale  $r = \dots$  ), la tension entre ses bornes devient : .....
- Si le courant électrique est ....., l'intensité du courant électrique est ....., alors..... donc .....
- Si la variation de l'intensité du courant électrique est très rapide, c'est -à-dire le terme  $\frac{di(t)}{dt}$  prend une valeur très grande ( c'est le cas de l'ouverture d'un circuit comportant une bobine ), alors on observe ..... aux bornes de la bobine ( car  $u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt} + r i(t)$  sera très élevée aussi ) . pour éviter ce phénomène, il est nécessaire d'insérer .....en série dans le circuit.
- Par exemple , le phénomène de surtension est utilisé pour provoquer des étincelles aux bornes de la bougie d'un moteur à essence et l'allumage des lampes au néon .

### 🔧 Activité 1 : le courant s'établit-il instantanément dans un circuit comportant une bobine ?

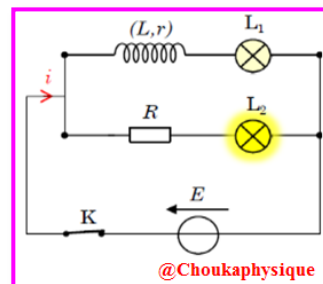
On réalise le montage schématisé sur la figure suivante :

Une des dérivation comporte une bobine d'inductance  $L$  , de résistance interne  $r$  et une lampe  $L_1$  . la deuxième dérivation comporte un conducteur ohmique de résistance  $R$ , égale à  $r$  de la bobine, et une lampe  $L_2$ , identique à  $L_1$ .

On ferme l'interrupteur et on observe l'éclat des lampes.

#### ❖ Exploitation :

1. Les deux ampoules brillent-elles instantanément ? conclure
2. Qu'observez-vous lorsqu'on ouvre l'interrupteur K ?
3. Que peut-on déduire ?
4. En régime permanent, les deux lampes brillent-elles de la même façon ?



### 🔧 Activité 2 : Étude expérimentale : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

• On réalise le montage expérimental schématisé sur la figure 1 qui comporte :

- Un générateur de tension continue de force électromotrice  $E = 6\text{ V}$
- Une bobine d'inductance  $L = 0,2\text{ H}$  , de résistance interne  $r = 10\Omega$
- Un conducteur ohmique de résistance  $R = 90\Omega$
- Un interrupteur K,
- Une diode
- Et un oscilloscope

À l'instant  $t = 0$  , on ferme l'interrupteur K et à l'aide d'un oscilloscope on visualise L'intensité du courant électrique . on obtient la courbe représenté sur la figure 2 .

Lorsque l'intensité du courant devient constante, on ouvre l'interrupteur K . On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 3 .

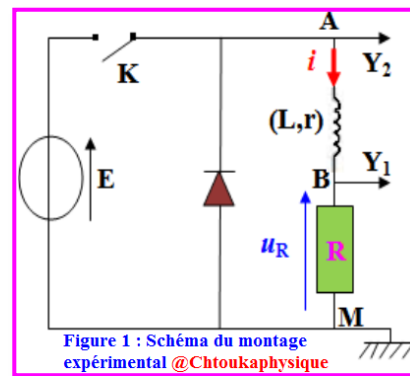


Figure 1 : Schéma du montage expérimental @Chtoukaphysique

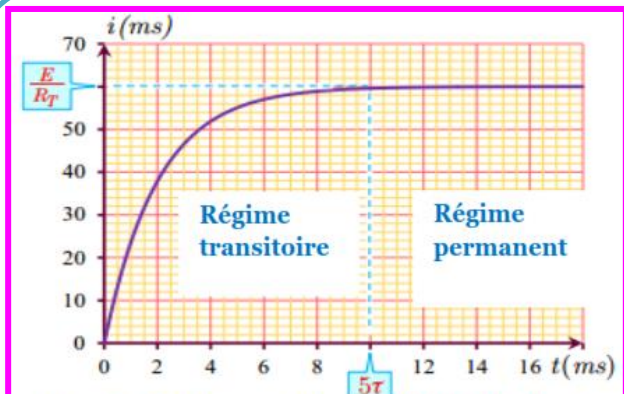


Figure 2 : Etablissement du courant @Chtoukaphysique

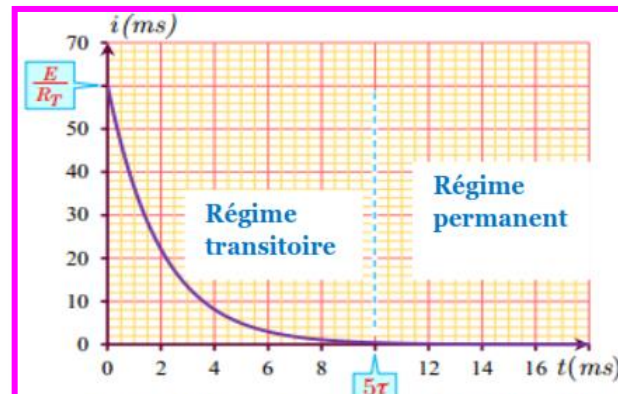
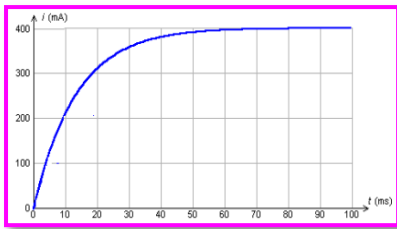


Figure 3 : Rupture du courant @Chtoukaphysique

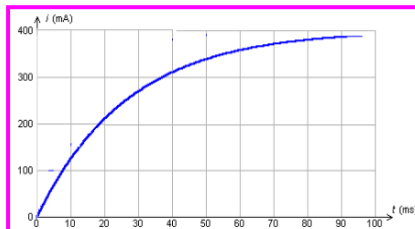
❖ **Exploitation :**

1. Quelle est la tension détectée par les voies  $Y_1$  et  $Y_2$  ?
2. Comment peut-on brancher l'oscilloscope pour visualiser l'intensité du courant électrique ?
3. Quelle est le rôle de la diode dans le circuit ?
4. Qu'observez-vous ? nommer les phénomènes observés.
5. L'intensité du courant  $i(t)$  est une fonction continue ou discontinue ?
6. On pose  $\tau = \frac{L}{R_t}$ , Par l'analyse dimensionnelle, montrer que  $\tau$  a une dimension du temps, puis calculer sa valeur
7. Déterminer graphiquement  $\Delta t$  la durée de l'établissement et de la rupture du courant électrique et la comparer à la constante de temps  $\tau$ .
8. De quels paramètres dépend la durée de l'établissement et la rupture du courant ?

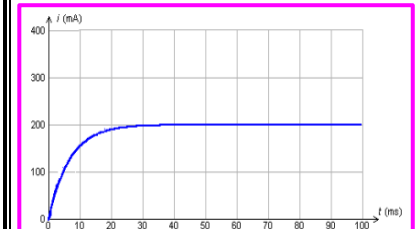
$E = 6 \text{ V}$ ,  $r = 5 \Omega$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  
 $L = 200 \text{ mH}$



$E = 6 \text{ V}$ ,  $r = 5 \Omega$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  
 $L = 400 \text{ mH}$



$E = 6 \text{ V}$ ,  $r = 5 \Omega$ ,  $R = 25 \Omega$ ,  
 $L = 200 \text{ mH}$



✚ **Activité 3 : Étude théorique : Établissement de l'équation différentielle et sa solution**

- On réalise le montage expérimental schématisé sur la figure 1 qui comporte :
  - Un générateur de tension continue de force électromotrice  $E$
  - Une bobine d'inductance  $L = 0,2 \text{ H}$ , de résistance interne  $r$
  - Un conducteur ohmique de résistance  $R = 90 \Omega$
  - Un interrupteur  $K$
  - Une diode
  - Et un oscilloscope à mémoire

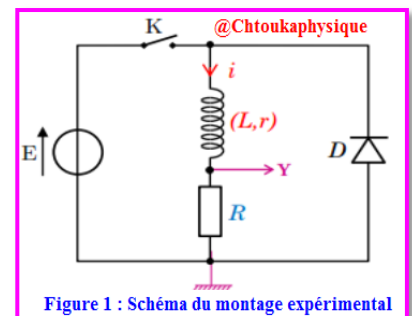


Figure 1 : Schéma du montage expérimental

❖ **Établissement de l'équation différentielle**

Une **équation différentielle** est une équation dont la ou les inconnues sont des fonctions ; elle se présente sous la forme d'une relation entre ces fonctions inconnues et leurs dérivées successives

➤ **Réponse d'un dipôle RL à un échelon montant de tension : Étude du dipôle RL lors de l'établissement du courant**

À l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$  et à l'aide d'un oscilloscope on visualise la variation de l'intensité du courant électrique et on obtient la courbe ci-contre.

❖ **Exploitation**

1. Dessiner le montage et représenter les différentes tensions en respectant la convention récepteur et la convention générateur
2. Nommer ce phénomène puis indiquer le régime transitoire et le régime permanent sur la courbe.
3. Comment se comporte la bobine en régime permanent
4. En appliquant la loi d'additivité des tensions, Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant électrique  $i(t)$  traversant le circuit.
5. Trouver l'expression de l'intensité  $I_p$  du courant électrique en régime permanent, en fonction des paramètres du circuit.
6. Dédire l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique pendant l'établissement du courant

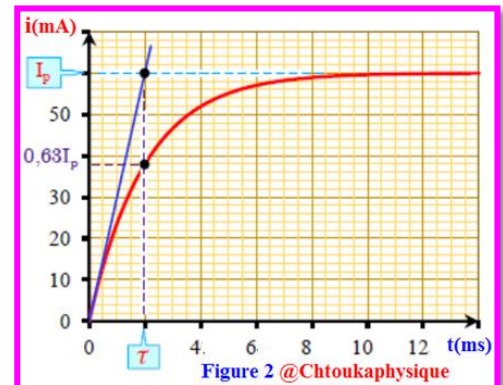


Figure 2 @Chtoukaphysique



### ❖ Solution de l'équation différentielle

La solution de l'équation différentielle :  $\frac{L}{R_T} \frac{di(t)}{dt} + i(t) = \frac{E}{R_T}$  s'écrit sous la forme :  $i(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$  avec :

A, B et  $\tau$  sont des constantes

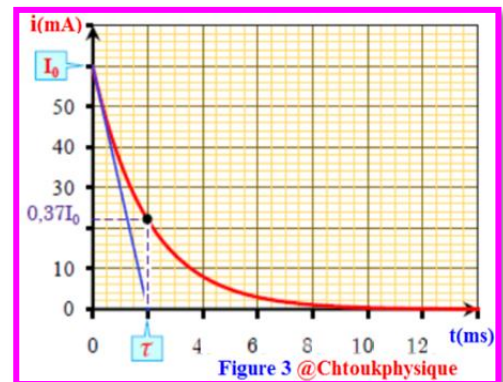
7. Déterminer les expressions de A, B et  $\tau$  en fonction des paramètres du circuit. déduire l'expression de  $i(t)$ .
8. déterminer graphiquement par deux méthodes la constante de temps  $\tau$
9. Déterminer les valeurs de E et r .
10. Déduire l'expression de la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique . puis tracer sa courbe  $u_R = f(t)$
11. En appliquant la loi d'additivité des tensions, trouver l'expression de la tension  $u_L(t)$  aux bornes de la bobine .
12. Écrire l'expression de  $u_L(t)$  , si on néglige la résistance interne r de la bobine devant la résistance R du conducteur ohmique (  $r \ll R$  ) puis tracer l'allure de la courbe  $u_L(t)$  en fonction du temps .

### ➤ Réponse d'un dipôle RL à un échelon descendant de tension : Étude du dipôle RL lors de la rupture du courant électrique .

Lorsque le régime permanent est atteint, on ouvre l'interrupteur K à l'instant  $t=0$  considéré comme origine des dates . et à l'aide d'un système d'acquisition informatisé, on enregistre la courbe représentant la variation de l'intensité du courant électrique qui circule dans le circuit .

#### ❖ Solution de l'équation différentielle

13. Dessiner le montage et représenter les différentes tensions en respectant la convention récepteur et la convention générateur
14. Nommer ce phénomène puis indiquer le régime transitoire et le régime permanent sur la courbe
15. En appliquant la loi d'additivité des tensions, Établir la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique pendant l'établissement du courant.
16. Déduire l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant électrique  $i(t)$  traversant le circuit.

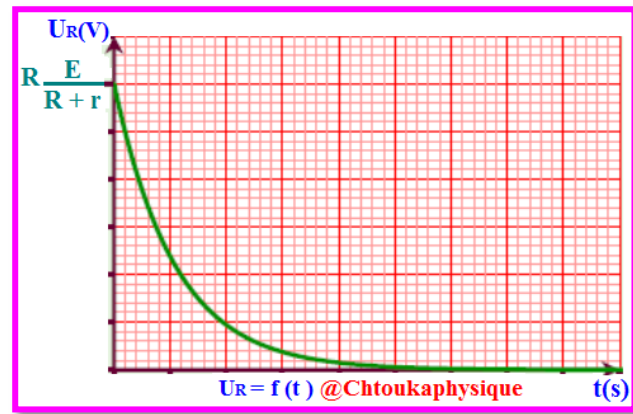
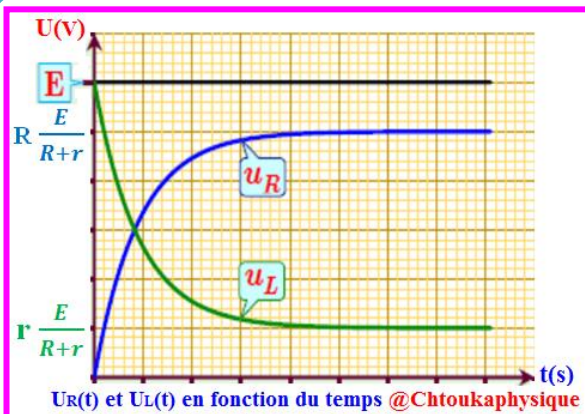


#### ❖ Solution de l'équation différentielle

La solution de l'équation différentielle :  $\frac{L}{R_T} \frac{du_R(t)}{dt} + u_R(t) = 0$  s'écrit sous la forme :  $u_R(t) = b + a e^{kt}$  avec :

a, b et k sont des constantes

17. Trouver ,en fonction des paramètres du circuit , les expressions de a , b et k puis écrire l'expression de  $u_R(t)$
18. Déduire l'expression de l'intensité  $i(t)$  du courant électrique.
19. En exploitant la courbe de l'intensité du courant, déterminer la valeur de la constante de temps  $\tau$
20. Déduire l'expression de la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique . puis tracer sa courbe  $u_R = f(t)$
21. Trouver l'expression de la tension  $u_L(t)$  aux bornes de la bobine en fonction des paramètres du circuit.
22. Écrire l'expression de  $u_L(t)$  si  $r \ll R$  puis tracer sa courbe en fonction du temps
23. La tension  $u_L(t)$  aux bornes de la bobine est une fonction continue ou discontinue ?



### ❖ Exercice 1 : Détermination de l'inductance L d'une bobine

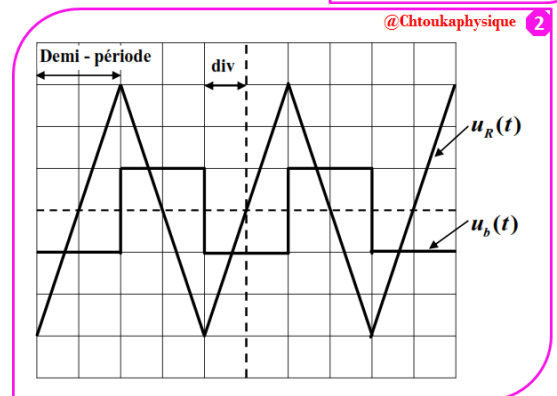
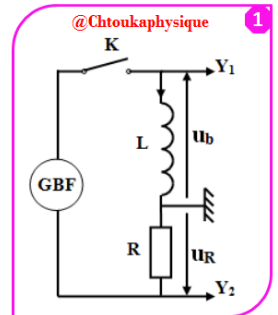
L'étude électrique ou énergétique de quelques dipôles permet de déterminer certains paramètres qui les caractérisent et de se rendre compte de leurs effets sur les phénomènes dont ces dipôles sont siège .

Pour déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance interne négligeable , on utilise le montage représenté dans la figure 1 , comprenant cette bobine , un conducteur ohmique de résistance  $R = 1,5 \text{ K}\Omega$  , un GBF qui délivre une tension triangulaire de période T et un interrupteur K .

On ferme l'interrupteur K à l'instant  $t = 0$  , et à l'aide d'un oscilloscope, on visualise la tension  $u_b(t)$  aux bornes de la bobine et la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique . on obtient l'oscillogramme de la figure 2 .

- Sensibilité verticale des deux voies de l'oscilloscope  $S_v = 2\text{V}\cdot\text{div}^{-1}$
- Balayage horizontal :  $S_h = 0,2\text{ms}\cdot\text{div}^{-1}$

1. Quel est le rôle de la bobine lors de la fermeture du circuit ?
2. Quelle est la tension détectée par les voies  $Y_1$  et  $Y_2$  ?
3. Montrer que les tensions  $u_b(t)$  et  $u_R(t)$  sont liées par la relation  $u_b(t) = -\frac{L}{R} \frac{du_R}{dt}$
4. Déterminer à partir de l'oscillogramme, les valeurs de  $u_b(t)$  et  $\frac{du_R}{dt}$  au cours de la première demi-période indiquée sur la figure 2
5. Déduire que  $L = 0,1 \text{ H}$



### ❖ Exercice 2 : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension ascendant

Pour déterminer l'inductance L d'une bobine, on réalise le montage expérimental de la figure 1 qui comporte :

- Un générateur de tension idéal de force électromotrice E ;
- Une bobine d'inductance L de résistance négligeable
- Un conducteur ohmique de résistance  $R = 10 \Omega$
- Un interrupteur K

À l'instant  $t=0$  , on ferme l'interrupteur K et on suit , à l'aide d'un système d'acquisition informatisé , l'évolution de la tension  $u_L(t)$  aux bornes de la bobine en fonction du temps .

Le graphe de la figure 2 représente la courbe  $u_L(t)$  obtenue .

1. Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer comment brancher le système d'acquisition informatisé pour visualiser la tension  $u_L(t)$
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité  $i(t)$  du courant électrique traversant le circuit
3. Sachant que l'expression de l'intensité du courant électrique traversant le circuit est :  $i(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$  , trouver l'expression de la tension  $u_L(t)$  en fonction de t , E , R et L
4. Calculer la valeur de tension  $u_L(t)$  entre les bornes de la bobine à l'instant  $t = \tau$  avec  $\tau$  est la constante de temps
5. Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$  puis déduire la valeur de L l'inductance de la bobine
6. Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à l'instant  $t = \tau$ .

