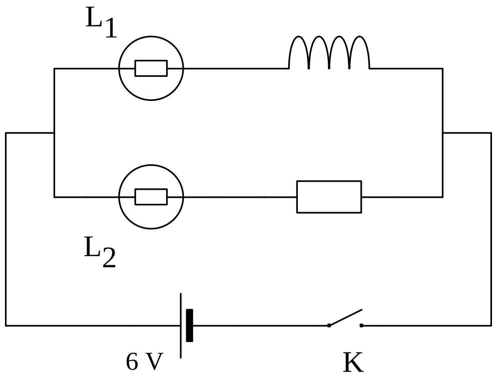
TP : QUEL EST LE COMPORTEMENT DU DIPÔLE RL ?

I. Quelle est l'influence d'une bobine sur l'établissement du courant ? *expérience des 2 lampes*



Est-ce que les 2 lampes vont s'allumer et s'éteindre de la même façon ?
Pour réaliser cette expérience, il faut que la ***bobine*** et le conducteur ohmique aient la *même résistance.*
Les 2 lampes sont identiques.

La bobine peut posséder un *noyau*, ce qui augmente sa grandeur caractéristique appelée ***inductance***, notée ***L*** **(**exprimée en *henrys*).
Les 2 lampes sont identiques (6 V ; 0,3 A)

Appeler le professeur pour vérifier le montage, et réaliser l'expérience.

Quand on ***ferme*** l'interrupteur, la lampe

L_1………………………………………………………………………………………

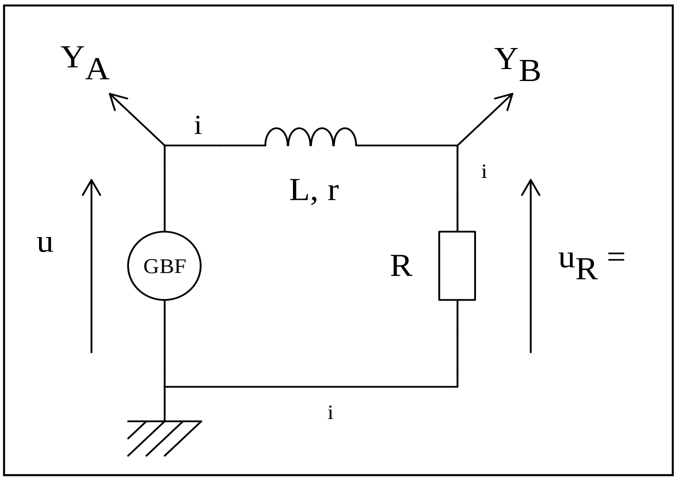
…………………………………………………………………………………………

<u>*Conclusion :*</u>……………………………………………………………………………

II. Comment évolue l'intensité dans un Dipôle RL soumis à un échelon de tension ?

But : – observation des *régimes transitoires* dans un circuit série ***conducteur ohmique - bobine***
– mise en évidence et *mesure de la constante de temps* du circuit RL : **τ =**

<u>***Montage 1***</u> : visualisation de la forme de ***l'intensité i du courant*** dans le circuit :



GBF : ***tension u*** en créneaux strictement positifs
E = 3 V de *fréquence f variable*
(fréquence : gamme × 1 kHz)

Conducteur ohmique de ***résistance R*** variable
R : × 1000 Ω

Bobine d'***inductance L*** variable exprimée en ***henrys*** (H) et de <u>*résistance r*</u>
L: × 1 H et × 0,1 H en série (0,1 H = 100 mH)

Donc la <u>résistance totale</u> du circuit est **$R_T = R + r$**

- ***Voie A***: tension **u (t)** délivrée par le GBF
- ***Voie B***: tension **u_R (t)** aux bornes du conducteur ohmique qui est proportionnelle à …………………

Branchement de la boîte de résistance en résistance variable :

Appeler le professeur pour vérifier votre montage.

1) <u>Observation des régimes transitoires</u> :
Choisir f = 500 Hz, R = 5000 Ω, L = 1,0 H

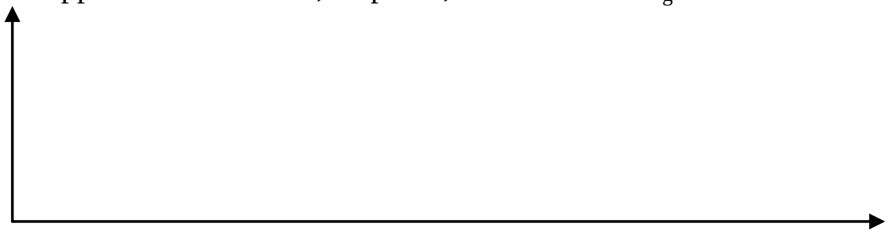
– Vitesse de balayage : 0,5 ms.div^{-1}
– Sensibilités verticales : 1 V. div^{-1}

<u>Conclusion :</u> la bobine ………………………………………………………………………………………….
……

La tension image de *l'intensité i* du courant est-elle *continue* ou *discontinue* ?

– *Modifier* seulement la *résistance R*. Quel est le changement observé ?

– Court-circuiter la bobine. Conclure.
Faites apparaître ci-dessous, en phase, l'évolution de u_g et de i.



<u>Conclusion :</u> le ***régime transitoire*** au cours duquel l'intensité évolue est d'autant plus ***court*** que l'inductance **L** de la bobine est faible *et/ou* la résistance **R** du conducteur ohmique est……………..

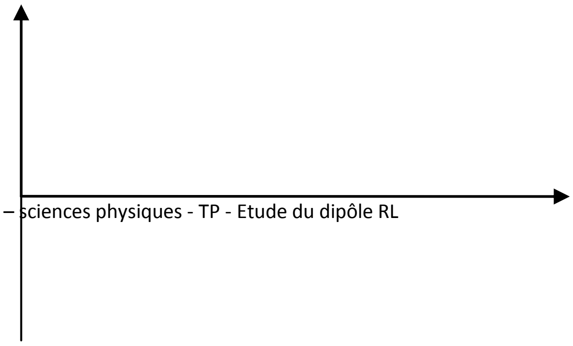
2) La ***constante de temps*** du dipôle (R,L) est la *durée* au bout de laquelle le <u>courant</u> (càd ici la tension $u_R = Ri$) *atteint 63% de sa valeur maximale*, donc : **τ =**

(Rq : on peut aussi employer la *méthode de la tangente* à l'origine, comme pour le dipôle (R,C))

<u>Montage 2</u> : visualisation de la ***tension u_L aux bornes de la bobine*** :

- Soit sur le *montage 1*, réaliser l'addition des tensions u et $-u_R$ ($u_L = u - u_R$) car u =
  1 V.div^{-1} sur les 2 voies, ligne 0 volt au centre de l'écran,
  inverser le signal de la voie B (tirer position ↕) et sélectionner ADD.

- Soit *inverser la place de la bobine et du conducteur ohmique* pour observer en voie A la tension u(t) et en voie B la tension u_L(t).

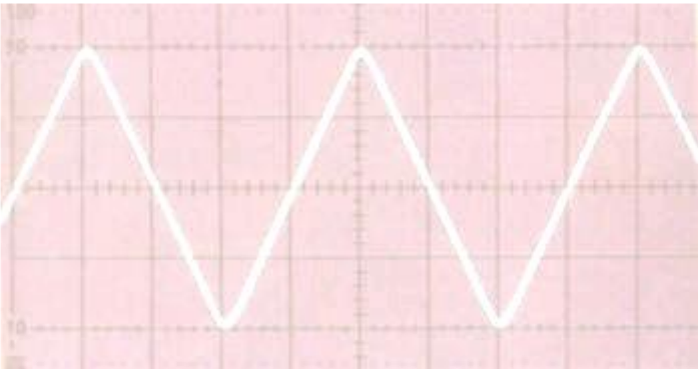


La tension u_L est-elle *continue* ou *discontinue* ?

III. Comment évolue la tension aux bornes d'une bobine lorsqu'elle est soumise à une tension triangulaire ?

Régler le GBF sur un signal émis triangulaire, inverser bobine et résistance pour pouvoir obtenir u_L
Tracer sur le graphe ci-dessous ce que vous observez.
Appeler le professeur pour vérifier votre montage.
Que constatez-vous ?

Tracez u_L sur la reproduction de l'écran de l'oscillo ci-dessous.

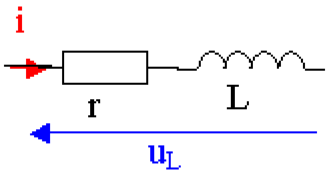


IV. Comment expliquer ces phénomènes ?

1) Le modèle de la bobine :

Une bobine est un dipôle constitué d'un **enroulement d'un fil conducteur** de faible résistance r, enrobé d'un isolant.

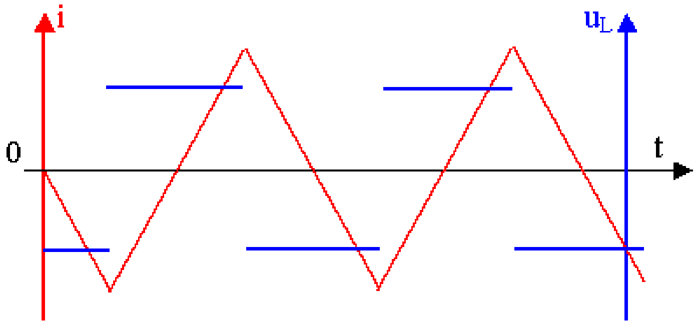
Une bobine est équivalente à l'association en série d'une bobine de résistance nulle et d'un conducteur ohmique de résistance r.



Son symbole est donc celui de l'association d'une résistance r et d'une bobine de résistance nulle :

En convention récepteur, u et i sont en sens opposé.

En soumettant la bobine à une tension triangulaire, on obtient :



L'intensité i est triangulaire de période T.

Sur une demi-période de 0 à T/ 2 , la courbe est une droite, $i = a.t + b$, $di/dt = a$ = constante.
Ceci est valable quelque soit l'intervalle choisi, seul le signe de a change.

La tension u_L est aussi constante sur une demi-période, on peut donc écrire et proposer les modèles mathématiques suivants :

$u_L = L.di/dt$ avec L constante, appelée inductance de la bobine , son unité est le Henry (H)

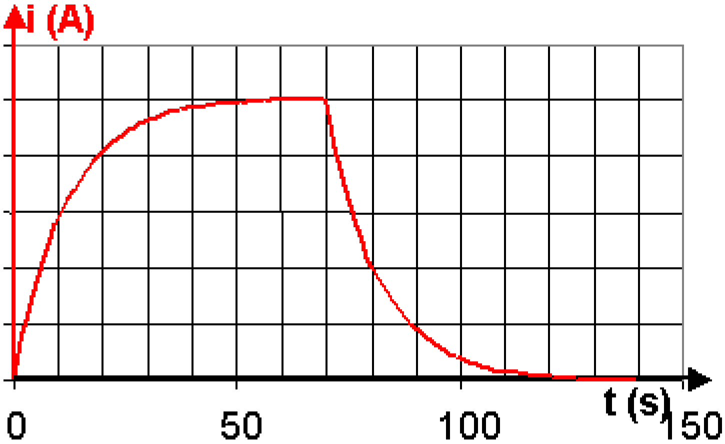
$u_L = L.di/dt$ avec L en henry (H) (dans le cas d'une bobine de résistance r négligeable)

Si la résistance de la bobine n'est pas négligeable, c'est une association série d'un conducteur ohmique et d'une bobine de résistance nulle. :

$u_L = r.i + L.di/dt$ (dans le cas d'une bobine de résistance r)

2) Soumettons la bobine à une tension en créneaux :

Observations :



Lorsque u_g passe de 0 à E, l'intensité i croît progressivement de manière asymptotique jusqu'à une valeur maximale.
Lorsque u_g passe de E à 0, l'intensité i décroît progressivement de manière asymptotique jusqu'à une valeur minimale.

Interprétations :

Lorsqu'on ferme l'interrupteur, le courant s'installe progressivement, sans la bobine, il aurait instantanément la valeur finale.

La bobine s'oppose à l'apparition du courant !

Lorsqu'on ouvre l'interrupteur, le courant diminue progressivement, sans la bobine, il s'annulerait instantanément.

La bobine s'oppose à la disparition du courant !

Conclusion: Une bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant dans le circuit.

a) A l'établissement du courant :

Etude de l'intensité i :

Loi d'additivité : $u_R + u_L = E \Rightarrow R.i + L.di/dt = E$ (1) (équation différentielle pour i)

solution de l'équation : $i = a + b.e^{-t/\tau}$; $di/dt = - b.e^{-t/\tau}/\tau$

(1) $R.(a + b.e^{-t/\tau}) – L.b.e^{-t/\tau}/\tau = E$ Ceci est valable quelque soit l'instant t, il faut donc : $R.a = E$ et $R.b – L.b / \tau = 0 \Rightarrow a = E / R$ et $\boxed{\tau = L / R}$

$\boxed{\tau \text{ est la constante de temps du dipôle RL}}$.

Pour déterminer b, on utilise la valeur de i à t = 0 s : $i = 0 = E / R + b.e^{0} \Rightarrow b = - E / R$

$i = E/R\,(1 – e^{-t/\tau})$ avec $\tau = L / R$ (en s)

NB : un raisonnement analogue a été utilisé avec le dipôle RC.

Etude de la tension u_L :

$u_L = L.di/dt = L.E/R.e^{-t/\tau} / \tau$ avec $\tau = L / R \Rightarrow u_L = E.e^{-t/\tau}$

On peut aussi utiliser la loi des tensions : $u_L + u_R = E \Rightarrow u_L = E – R.(E/R\,(1 – e^{-t/\tau}) = E.e^{-t/\tau}$

$u_L = E.\,e^{-t/\tau}$ avec $\tau = L / R$

b) A la rupture du courant :

Etude de l'intensité i :

Loi d'additivité : $u_R + u_L = 0 \Rightarrow R.i + L.di/dt = 0$ (1) (équation différentielle pour i)

solution générale de l'équation : $i = a + b.e^{-t/\tau}$; donc $di/dt = - b.e^{-t/\tau}/\tau$

(2) $R.(a + b.e^{-t/\tau}) – L.b.e^{-t/\tau}/\tau = 0$ Ceci est valable quelque soit l'instant t, il faut donc : $R.a = 0$ et $R.b – L.b / \tau = 0 \Rightarrow a = 0$ et $\tau = L / R$

τ est la constante de temps du dipôle RL .

Pour déterminer b, on utilise la valeur de i à t = 0 s : $i = E / R = b.e^{0} \Rightarrow b = E / R$

$i = E/R\, e^{-t/\tau}$ avec $\tau = L / R$ (en s)

Etude de la tension u_L :

$u_L = L.di/dt = - L.E/R.e^{-t/\tau} / \tau$ avec $\tau = L / R \Rightarrow u_L = - E.e^{-t/\tau}$

On peut aussi utiliser la loi des tensions : $u_L + u_R = 0 \Rightarrow u_L = – R.E/R\, e^{-t/\tau} = - E.e^{-t/\tau}$

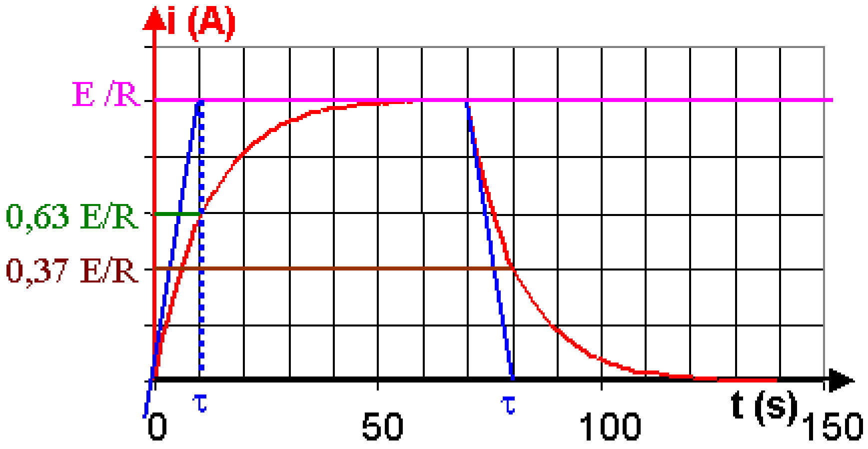
$u_L = - E.\,e^{-t/\tau}$ avec $\tau = L / R$

3) Comment déterminer graphiquement la constante de temps τ ?

1ère méthode :

Lors de l'apparition du courant (fermeture du circuit), pour trouver τ, on trace la tangente à l'origine, elle coupe l'asymptote (u = E/R) à l'instant τ.

Lors de la disparition du courant, on trace la tangente à la courbe à l'instant t_0 d'ouverture du circuit, elle coupe l'axe des abscisses à l'instant $t_0+\tau$ (on considère t_0 comme nouvelle origine)



2ème méthode : Lors de l'apparition du courant, à l'instant τ, l'intensité vaut 63% de sa valeur maximale E/R. Lors de la disparition du courant, à l'instant $t_0+\tau$, l'intensité vaut 37% E/R.

4) Comment justifier que $\tau = L/R$ corresponde à une durée ?

Par analyse dimensionnelle ! $[L / R] = [L] / [R]$ or $R = U / I \Rightarrow [R] = U.I^{-1}$

$u_L = L.di/dt \Rightarrow [L] = U.T.I^{-1} \Rightarrow [L / R] = (U.T.I^{-1}).(U.I^{-1})^{-1} \Rightarrow [L / R] = T$

$\tau = L / R$ a la dimension d'une durée, est appelé constante de temps du dipôle RL et s'exprime en seconde (si R est en ohm (Ω) et L en henry (H)).

5) Ce qu'il faut retenir des variations de l'intensité traversant une bobine ?

L'intensité traversant une bobine ne subit pas de brusque variation, c'est une fonction continue.