



Royaume du Maroc

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA PROMOTION DU TRAVAIL

## *MODULE 03*

# *Circuits Électriques*

### *Résumé de théorie*

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique : [MODULES ISTA](#)

## *Première Année*

*Programme de Formation des Techniciens Spécialisés  
en Électronique*

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET INGENIERIE DE LA FORMATION

Septembre 1995

## TABLE DES MATIÈRES

<b>3. ÉTUDIER DES CIRCUITS RL EN COURANT CONTINU ET EN COURANT ALTERNATIF</b>	<b>3-1</b>
3.1 Introduction	3-1
3.2 Flux magnétique	3-1
3.3 La bobine dans un circuit à c.c.	3-2
3.4 Bobines en série et en parallèle	3-2
3.5 Énergie emmagasinée dans une bobine	3-2
3.6 Réseaux RL en courant alternatif	3-3
3.6.1 Réactance inductive	3-3
3.6.2 Analyse d'un réseau RL	3-4
3.7 Filtres passifs RL du 1er ordre	3-5
3.7.1 Filtre passe-bas	3-5
3.7.2 Filtre passe-haut	3-6
3.8 Exercices	3-7

### 3. Étudier des circuits RL en courant continu et en courant alternatif

#### 3.1 Introduction

Dans ce module, nous étudierons un troisième élément passif: la bobine; certaines caractéristiques de réponse sont similaires à de nombreux égards à celles du condensateur. La bobine est un bout de fil enroulé autour d'un noyau. Ce noyau peut être de l'air, du fer doux ou de la ferrite; il peut prendre diverses formes et diverses dimensions. La bobine emmagasine de l'énergie sous forme magnétique.

Unité: Henry (H)

Caractéristiques:

- la bobine s'oppose aux variations brusques de courant;
- l'effet de self est une décharge de la bobine dans une charge résistive élevée.

#### 3.2 Flux magnétique

Le flux magnétique est constituée de lignes de force magnétique semblables aux lignes de force électrique. Elles se présentent sous la forme de boucle. Elles vont du pôle nord d'un aimant au pôle sud.

Relation entre le flux magnétique et le courant: «Règle de la main droite».

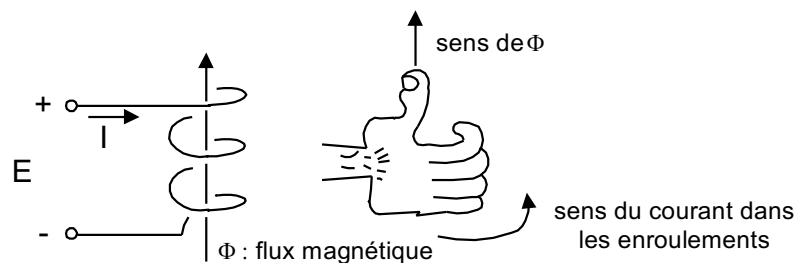


Figure 3-1 Règle de la main droite

**Loi de Faraday:** une variation de flux magnétique entraîne la création d'une force électromotrice.

$$e = N (d\Phi/dt)$$

e: force électromotrice,  
 N: nombre de tours des enroulements,  
 dΦ/dt: variation du flux magnétique.

**Loi de Lenz:** «Le courant induit a un sens tel que ses effets s'opposent à la cause qui lui a donné naissance». C'est pourquoi la bobine s'oppose aux variations brusques de courant et cette aptitude est une mesure de son inductance propre.

### **3.3 La bobine dans un circuit à c.c.**

La bobine possède, en ce domaine, un comportement presque identique à celui des condensateurs; sauf qu'ici, c'est le courant qui est en cause. Les courbes de charge et de décharge de la bobine sont semblables à celles du condensateur; mais, ces courbes sont celles du courant traversant la bobine. On peut en déduire aussi une équation et on en conclut aussi que le temps de charge ou de décharge est de  $5 \tau$ .

Mais, en électronique, on s'intéresse peu aux courbes de charge et de décharge de la bobine. On s'intéresse plus à ses propriétés électromagnétiques (RELAIS) ainsi qu'à son comportement dans les réseaux alternatifs (FILTRES, CIRCUITS RÉSONANTS).

### **3.4 Bobines en série et en parallèle**

Tout comme les résistances et les condensateurs, les bobines peuvent être placées en série ou en parallèle dans un circuit.

**En série:** on additionne les inductances.

**En parallèle :** on additionne l'inverse des inductances.

$$L_T = 1 / ((1 / L_1) + (1 / L_2) + (1 / L_3) + \dots)$$

### **3.5 Énergie emmagasinée dans une bobine**

La bobine idéale ne dissipe pas l'énergie que lui fournit le circuit. Elle l'emmagasine plutôt sous la forme d'un champ magnétique. Sur une graphique représentant la puissance accumulée dans une bobine ( $P_L = U_L * I_L$ ) en fonction du temps, pendant l'établissement du champ magnétique autour de la bobine, l'énergie serait représentée par la surface sous cette courbe de puissance.

## 3.6 Réseaux RL en courant alternatif

### 3.6.1 Réactance inductive

La bobine s'oppose aux variations de courants. Alors, la tension alternative aux bornes de la bobine ( $e_L$ ) varie plus rapidement que le courant alternatif ( $i_L$ ) qui la traverse. Donc,  $i_L$  est en retard sur  $e_L$ . En fait, leur déphasage est de  $90^\circ$ :

$$\begin{aligned}e_L &= E_{\text{eff}} \angle \theta \\ i_L &= (E_{\text{eff}} / X_L) \angle \theta - 90^\circ\end{aligned}$$

où

- $X_L$ : - réactance de la bobine
- unité: ohm
- $X_L = \omega L \angle +90^\circ$

où  $\omega = 2 \pi f$   
et  $f$ : fréquence de l'onde alternative.

#### Exemple:

Une bobine de 4 mH, utilisée dans un circuit traversé par une onde alternative ayant pour fréquence 10 kHz, aura une réactance de:

$$\begin{aligned}X_L &= (2 * \pi (10 * 10^3) * (4 * 10^{-3})) \\ &= 251,33 \, \Omega \angle +90^\circ\end{aligned}$$

### 3.6.2 Analyse d'un réseau RL

Soit le circuit suivant:

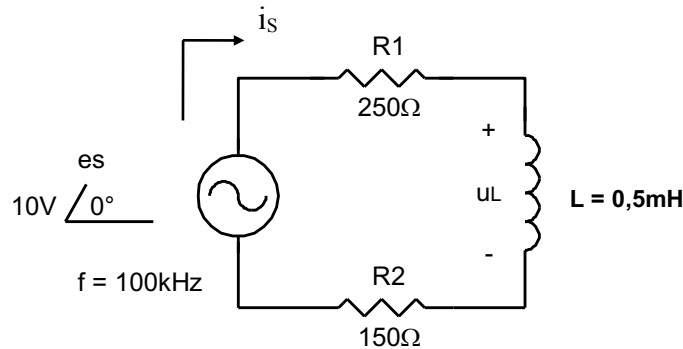


Figure 3-2 Circuit RL en c.a.

ici  $X_L = 314,16\Omega \angle +90^\circ$

alors l'impédance totale du circuit,  $Z_T =$

$$(R_1 + R_2) + j(|X_L|)$$

$(400 + j314,16)\Omega$  sous forme rectangulaire,

ou  $508,62 \angle +38^\circ$  sous forme polaire,

et le courant  $i_s$  traversant  $R_1$ ,  $R_2$  et  $L$  sera de:

$$i_s = e_s / Z_T = 10 V_C / 508,62 \angle +38^\circ$$

$$i_s = 19,66 \text{ mA}_C \angle -38^\circ$$

et la tension aux bornes de chaque élément sera de:

$$u_{R1} = i_s \times R_1 = 4,915 V_C \angle -38^\circ \quad \text{déphasage de } 0^\circ \text{ avec } i_s$$

$$u_{R2} = i_s \times R_2 = 2,949 V_C \angle -38^\circ \quad \text{déphasage de } 0^\circ \text{ avec } i_s$$

$$u_L = i_s \times X_L = 6,176 V_C \angle +52^\circ \quad \text{déphasage de } 90^\circ \text{ avec } i_s$$

On peut aussi vérifier que la loi des tensions de Kirchhoff est respectée:

$$e_s = u_{R1} + u_{R2} + u_L$$

$$10 V_C \angle 0^\circ = 4,915 V_C \angle -38^\circ + 2,949 V_C \angle -38^\circ + 6,176 V_C \angle +52^\circ$$

sous forme rectangulaire:

$$10 V_C = (3,87 - j3,03)V_C + (2,32 - j1,82)V_C + (3,80 + j4,87)V_C$$

$$= (3,87 + 2,32 + 3,80)V_C + j(-3,03 - 1,82 + 4,87)V_C$$

## 3.7 Filtres passifs RL du 1er ordre

### 3.7.1 Filtre passe-bas

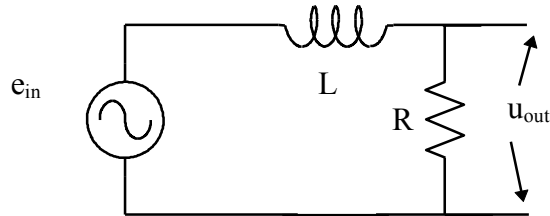


Figure 3-3 Filtre passe-bas de type RL

La Figure 3-3 représente le circuit passe-bas formé à l'aide d'une bobine et d'une résistance. Notez que cette résistance est la charge aux bornes desquelles se trouve la tension de sortie.

À la fréquence de coupure, le rapport  $u_{out} / e_{in}$  est de -3 dB et le déphasage, de  $-45^\circ$ , exactement comme dans le cas du réseau RC. On atteint  $f_c$  lorsque  $R = X_L$ .

$$R = 2\pi f_c L$$

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

Le diagramme de Bode sera le même pour ce type de passe-bas qu'avec un passe-bas de type RC.

### 3.7.2 Filtre passe-haut

La Figure 3-4 nous montre que le circuit passe-haut est formé à l'aide d'une bobine et de résistances. La résistance  $R_{th}$  est celle vue par la bobine.

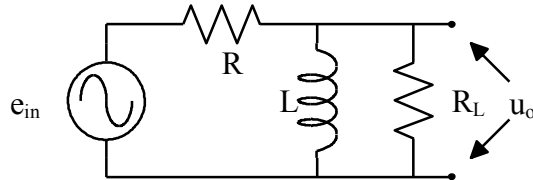


Figure 3-4 Filtre passe-haut de type RL

Pour simplifier l'étude de ce circuit, nous utiliserons le modèle théorique simple de la Figure 3-5. Mais il ne faut jamais oublier que la résistance de charge  $R_L$  joue toujours un rôle important dans le calcul de l'amplitude et de la fréquence de coupure.

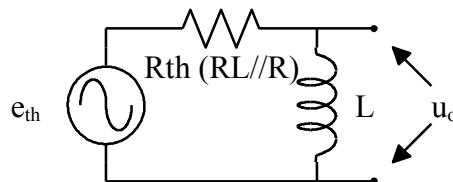


Figure 3-5 Circuit équivalent d'un filtre passe-haut

À la fréquence de coupure, le gain (dB) est de -3 dB et le déphasage, de +45°. La fréquence de coupure est atteinte lorsque  $R = X_L$ .

$$R = 2\pi f_c L$$

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

Le diagramme de Bode sera le même pour ce type de passe-haut qu'avec un passe-haut de type RC.

Ce type de passe-haut n'est pas recommandé pour les applications où des charges demandent beaucoup de puissance, ce filtre comprenant déjà une résistance, outre la charge rendant l'efficacité de ce circuit faible.

Pour les puissances élevées, le circuit, avec un condensateur et une résistance, est recommandé parce que la charge elle-même est l'élément résistif et qu'aucune puissance ne se libère inutilement ailleurs dans le circuit.

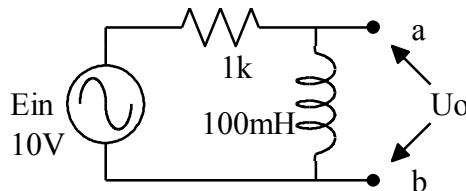


### 3.8 Exercices

# 1 - Calculez l'inductance totale de:

- a) 3 bobines en série:  $5\ \mu\text{H}$ ,  $10\ \mu\text{H}$ ,  $8\ \mu\text{H}$ ;
- b) 4 bobines en parallèle:  $160\ \text{nH}$ ,  $220\ \text{nH}$ ,  $170\ \text{nH}$  et  $450\ \text{nH}$ ;
- c) 2 bobines en parallèle ( $160\ \text{nH}$  et  $220\ \text{nH}$ ) qui sont en série avec 1 bobine de  $400\ \text{nH}$ .

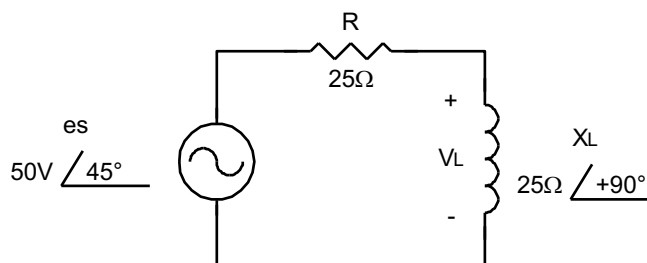
# 2 - Soit le circuit suivant :



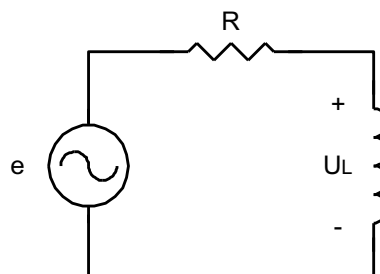
- a) Si la source alternative est ajustée à une fréquence de  $1\ \text{kHz}$ , calculez la réactance de la bobine.
- b) Quelle est la fréquence de coupure de ce circuit?
- c) Tracez le diagramme de Bode de ce circuit.
- d) Si entre les bornes a et b, j'installe une charge de  $4\ \text{k}\Omega$ , quelle sera la tension  $U_o$  maximale possible ( $E_{th}$ ) et la nouvelle fréquence de coupure?

# 3 - La tension aux bornes d'une bobine dont  $X_L = 12\ \Omega \angle +90^\circ$  est de  $112\ \text{V} \angle +34^\circ$ . Quelle est la valeur du courant qui la traverse (formes polaire et rectangulaire) ?

# 4 - Que vaut la tension aux bornes de la résistance dans le circuit suivant?



# 5 - Quelle sera l'impédance totale vue par la source alternative et la tension  $U_L$  dans le circuit suivant?



où  $e = 220\ \text{V} \angle 0^\circ$  Erreur ! Les arguments du commutateur n'ont pas été spécifiés.

$$\begin{aligned} R &= 500\ \Omega \\ L &= 80\ \text{mH} \\ f &= 2\ \text{kHz} \end{aligned}$$