



Royaume du Maroc

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA PROMOTION DU TRAVAIL

## *MODULE 03*

# *Circuits Électriques*

### *Travail Pratique*

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>8. CONDENSATEURS ET BOBINES EN COURANT CONTINU</b>	<b>8-1</b>
<b>8.1 Information générale</b>	<b>8-1</b>
8.1.1 Compétence visée	8-1
8.1.2 Critères particuliers de performance	8-1
8.1.3 Durée du travail pratique	8-1
8.1.4 Matériel nécessaire, par équipe	8-1
8.1.5 Directives	8-1
8.1.6 Évaluation formative	8-2
8.1.7 Points particuliers à surveiller	8-2
<b>8.2 La codification des condensateurs</b>	<b>8-2</b>
8.2.1 La codification de la valeur nominale	8-3
8.2.2 La codification de la tolérance	8-4
8.2.3 Évaluation formative	8-4
<b>8.3 Le condensateur en courant continu</b>	<b>8-5</b>
<b>8.4 Le régime transitoire de charge du condensateur</b>	<b>8-5</b>
8.4.1 Analyse théorique du circuit de charge	8-5
8.4.2 Analyse pratique du circuit de charge	8-6
8.4.3 Tableau de la charge d'un condensateur	8-7
<b>8.5 Le régime transitoire de décharge du condensateur</b>	<b>8-9</b>
8.5.1 Analyse théorique du circuit de décharge	8-9
8.5.2 Analyse pratique du circuit de décharge	8-10
8.5.3 Tableau de la décharge d'un condensateur.	8-11
<b>8.6 Les condensateurs branchés en série et en parallèle</b>	<b>8-13</b>
8.6.1 En parallèle:	8-13
8.6.2 En série:	8-14
<b>8.7 Circuit RL en courant continu</b>	<b>8-15</b>

## **8. Condensateurs et bobines en courant continu**

### **8.1 Information générale**

#### **8.1.1 Compétence visée**

- Caractériser le comportement du condensateur et de la bobine en courant continu.

#### **8.1.2 Critères particuliers de performance**

- Interpréter les codes alphanumériques d'identification des condensateurs.
- Tracer le graphique de la tension aux bornes de la résistance d'un réseau RC lors de la charge et de la décharge du condensateur (en excédant légèrement  $5\tau$ ).
- Tracer le graphique de la tension aux bornes du condensateur d'un réseau RC lors de la charge et de la décharge de ce dernier (en excédant légèrement  $5\tau$ ).
- Évaluer les constantes de temps de charge et de décharge de réseaux RC en interprétant le graphique  $U_c = f(t)$ .
- Déterminer les paramètres de la constante de temps  $\tau$ .
- Énoncer les caractéristiques propres aux réseaux RC en courant continu.
- Évaluer pratiquement la valeur équivalente de deux condensateurs branchés en parallèle et de deux condensateurs branchés en série.
- Analyser un circuit simple à relais

#### **8.1.3 Durée du travail pratique**

- La durée de cette séance de travail pratique est de 4 heures.

#### **8.1.4 Matériel nécessaire, par équipe**

- Un multimètre; une plaquette d'expérimentation; une montre ou un chronomètre;
- 10R, 20k, 1k, 500R
- 2 x 1000  $\mu\text{F}$
- interrupteur 1RT
- relais 12 VDC 2RT
- diode redresseuse 1N4007 ou équivalent
- ampoule électrique 220V/60W;

#### **8.1.5 Directives**

- Le travail se fait en équipe de deux stagiaires.
- Le rôle des formateurs est d'aider les stagiaires à atteindre les critères particuliers de performance.

### 8.1.6 Évaluation formative

- Pendant le déroulement du laboratoire vous aurez à faire vérifier votre travail et votre compréhension. Des vérifications auront lieu à deux reprises. Ces vérifications sont indiquées par des notes au bas des pages. Elles sont formatives.

### 8.1.7 Points particuliers à surveiller

- Une réponse est correcte si:
  - 1- les résultats sont exacts;
  - 2- l'écriture est soignée et bien lisible;
  - 3- les phrases sont courtes, complètes et sans faute;
  - 4- le contenu de la réponse est sensé et sans ambiguïté.
- Les courbes doivent être tracées sur du papier quadrillé en prenant bien soin d'identifier les axes et de les graduer correctement (une belle courbe occupera au moins les 2/3 du graphique).

## 8.2 La codification des condensateurs

La codification des condensateurs nous informe sur deux choses:

- 1- la valeur nominale du condensateur (exprimée en farads);
  - 2- la tolérance admise quant à l'écart entre la valeur nominale annoncée et la valeur réelle du condensateur (exprimée en %).
1. pour la valeur nominale:
    - i) la codification alphanumérique;
    - ii) les codifications à l'aide d'un code numérique (principalement de trois types: en pF, en  $\mu$ F, avec facteur de multiplication);
  2. Pour la tolérance:
    - i) la codification numérique;
    - ii) la codification à l'aide de lettres de l'alphabet.

## 8.2.1 La codification de la valeur nominale

### La codification alphanumérique

La codification alphanumérique des condensateurs consiste simplement à inscrire, directement sur le condensateur, l'information pertinente à l'aide de lettres et de chiffres. Ce mode de codification est privilégié lors de la fabrication des condensateurs électrolytiques, car ces derniers sont habituellement de fortes dimensions.

Ce type de codification permet d'autre part l'ajout d'informations absentes des condensateurs codés autrement: la tension de maintien maximale (parfois notée WVDC pour Working Voltage DC), la plage de température admissible (ou encore la température maximale) pour laquelle les caractéristiques et le fonctionnement du condensateur sont garantis, l'identification de la borne négative, parfois la tolérance en clair, le nom du fabricant (un peu de publicité...).

Dernière remarque, les condensateurs ainsi codés utilisent seulement le  $\mu\text{F}$  comme unité de capacité.

### Les codifications à l'aide d'un code numérique

Ce type de codification revêt principalement trois formes: la codification en pF, la codification en pF suivie d'un facteur de multiplication et, finalement, la codification en  $\mu\text{F}$ .

#### La codification en pF

La codification en pF consiste à inscrire la valeur de la capacité directement sur le condensateur, à l'aide de chiffres, sans toutefois donner d'indications sur l'unité de mesure (le pico Farad étant ici implicite). Cette codification fait appel à des nombres entiers seulement. Il n'est toutefois pas usuel de rencontrer des valeurs comprises entre 100 pF et 1000 pF avec ce type de codification.

Par exemple, les codes 1500 J, 68 K et 47 Z, doivent être interprétés comme suit: respectivement 1500 pF, 68 pF et 47 pF

#### La codification en pF suivie d'un facteur de multiplication

Cette codification fait toujours appel à des nombres de trois chiffres. Les deux premiers sont significatifs et doivent être associés à une valeur en pF. Quant au troisième, il désigne le nombre de zéros à ajouter aux deux chiffres significatifs qui le précèdent.

Par exemple, le code 103 M doit être traduit par: 10 pF auquel nous ajoutons trois zéros, soit 10000 pF. La valeur du condensateur ainsi codé est donc de 10 000 pF, ce qui est égal à 10 nF ou encore à 0.01  $\mu\text{F}$ .

### La codification en $\mu\text{F}$

La codification en  $\mu\text{F}$  consiste à inscrire la valeur de la capacité directement sur le condensateur, à l'aide de chiffres, sans toutefois donner d'indications sur l'unité de mesure (le micro Farad étant ici implicite). Cette codification fait appel à des nombres fractionnaires seulement (plus petits que 1): les valeurs ainsi codées sont donc toujours inférieures à 1  $\mu\text{F}$

Par exemple, les codes .01 M, .5 J et .15 K, doivent être interprétés comme suit: respectivement 0.01  $\mu\text{F}$ , 0.5  $\mu\text{F}$  et 0.15  $\mu\text{F}$ .

## 8.2.2 La codification de la tolérance

### La codification numérique

Cette codification numérique de la tolérance consiste à inscrire, directement sur le condensateur, l'information pertinente à l'aide de chiffres. Par exemple:  $\pm 5\%$ .

### La codification à l'aide de lettres de l'alphabet

Il s'agit ici de substituer à la codification numérique, laquelle nécessite l'utilisation de trois caractères, une lettre de l'alphabet (un seul caractère) que l'on doit interpréter.

Voici la clef de ce code:

J =  $\pm 5\%$     K =  $\pm 10\%$     M =  $\pm 20\%$     Z =  $+80\%$ ,  $-20\%$

## 8.2.3 Évaluation formative

Donnez la valeur nominale du condensateur ainsi que le pourcentage de tolérance pour chacun des codes suivants.

1. 101 M                    = \_\_\_\_\_
2. 33 Z                     = \_\_\_\_\_
3. .01 Z                    = \_\_\_\_\_
4. 470                      = \_\_\_\_\_
5. 472                      = \_\_\_\_\_
6. .22 J                     = \_\_\_\_\_
7. 3300  $\pm 5\%$             = \_\_\_\_\_

*Votre instructeur vous distribuera quelques condensateurs dont vous essaierez de lire la valeur et la tolérance.*

### 8.3 Le condensateur en courant continu

Le condensateur est un composant très différent de la résistance; en effet, si cette dernière consomme l'énergie électrique en la transformant en chaleur, le condensateur, quant à lui, l'emmagasine et la restitue. En ce sens, le condensateur est souvent considéré comme un réservoir d'énergie. Comme tout réservoir, le condensateur ne peut ni se charger ni se décharger en un temps nul: la période de charge et de décharge d'un condensateur est appelée régime transitoire car le condensateur transite alors d'un point de tension instable vers un point de tension stable. Le premier but de la partie pratique de ce laboratoire est d'observer le comportement du condensateur lors de ce régime transitoire. De là, vous poserez un regard critique sur le comportement du condensateur au tout début de sa charge et lorsque sa charge est terminée.

Pour ce faire, il est nécessaire d'utiliser des réseaux RC, c'est-à-dire des réseaux composés d'une source de tension en courant continu, d'une résistance et d'un condensateur (voir la Figure 8-1). En ajoutant un interrupteur au bon endroit, vous serez en mesure d'observer facilement le phénomène de charge et de décharge du condensateur pour ensuite reporter vos observations sur un graphique.

### 8.4 Le régime transitoire de charge du condensateur

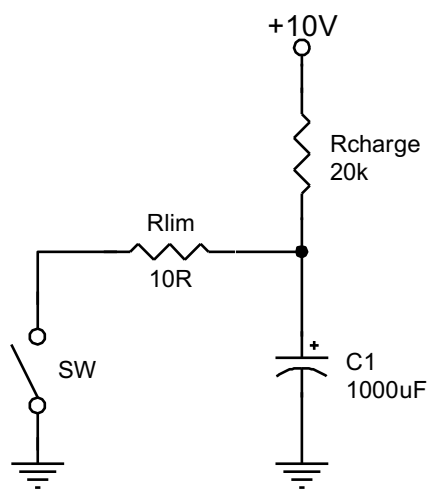


Figure 8-1 Charge du condensateur

En examinant attentivement le circuit de la Figure 8-1, on constate que, lorsque l'interrupteur SW est ouvert, le condensateur C1 peut se charger à travers la résistance de charge de 20k. Les valeurs respectives de C1 et Rcharge assurent alors une constante de temps suffisamment longue pour que le phénomène puisse être observé aisément.

Lorsque l'interrupteur SW est fermé, le condensateur est forcé de se décharger à travers la résistance de limitation en courant de 10R. Les valeurs respectives de C1 et Rlim assurent alors une constante de temps suffisamment courte pour que la durée du phénomène de décharge puisse être négligeable.

#### 8.4.1 Analyse théorique du circuit de charge

Calculez la constante de temps de décharge du circuit de la Figure 8-1, indiquez clairement l'équation sous forme littérale avant de résoudre.

$$\tau_{\text{charge}} = R_{\text{charge}} \cdot C1 = 20k \cdot 1000\mu F = 20 \text{ secondes}$$

$$\tau_{\text{décharge}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

Théoriquement, la charge complète du condensateur nécessite combien de constantes  $\tau$ ?

Réponse: \_\_\_\_\_

Appliquée au cas précis du circuit de la Figure 8-1, combien de secondes s'écouleront avant que l'on considère la charge de C1 comme étant complète?

Réponse: \_\_\_\_\_

Théoriquement, la décharge complète du condensateur nécessite combien de constantes  $\tau$ ?

Réponse: \_\_\_\_\_

Appliquée au cas précis du circuit de la Figure 8-1, combien de secondes s'écouleront avant que l'on considère la décharge de C1 comme étant complète?

Réponse: \_\_\_\_\_

Expliquez brièvement et en vos propres mots le rôle de la résistance de 10R dite Rlim.

---

---

---

---

### 8.4.2 Analyse pratique du circuit de charge

Réalisez le circuit de la Figure 8-1 sur votre plaquette de montage (l'interrupteur SW peut être réalisé à l'aide d'un simple bout de fil #22) et branchez le voltmètre numérique en parallèle avec C1.

Fermez l'interrupteur SW de façon à vous assurer de la décharge de la capacité (le voltmètre devrait alors indiquer 0V).

À  $t = 0\text{sec.}$ , ouvrez SW et prenez note (durant 125 secondes) à la Table 8-1 (page suivante) de la tension au condensateur ( $U_{C1}$ ) à intervalles de 5 secondes avec le plus de précision possible. Si besoin est, refermez SW afin de vider le condensateur et recommencez le processus de charge pour les intervalles où la lecture aurait été trop imprécise.

Une fois les tensions  $U_{C1}$  inscrites à la Table 8-1, utilisez la loi des tensions de Kirchhoff pour compléter théoriquement la colonne de la tension aux bornes de Rcharge ( $U_{Rcharge}$ ).

Calculez le courant dans la capacité ( $I_{C1}$ ) à l'aide de la loi d'ohm et des règles d'analyse des réseaux série. Reportez vos résultats dans la colonne appropriée de la Table 8-1.

### 8.4.3 Tableau de la charge d'un condensateur

Table 8-1 Charge d'un condensateur			
Temps (sec)	$U_{C1}$ (volts)	Urcharge (volts)	$I_{C1}$ (a)
0	0 V	10V	500 $\mu$ A
5			
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			
105			
110			
115			
120			
125			

Utiliser une feuille quadrillée et tracez la courbe  $U_{C1}$  en fonction du temps pour l'ensemble des intervalles apparaissant à la Table 8-1.

Tracez la courbe de la tension aux bornes de la résistance sur la même feuille graphique mais en utilisant une couleur différente.

Quelle relation pouvez-vous établir entre la tension  $U_{C1}$  et la tension  $U_{Rcharge}$ ?

---

---

La variation de tension aux bornes du condensateur est-elle linéaire? Si votre réponse est non, de quel type est-elle?

---

---

Calculez la constante de temps  $\tau$  en vous basant sur le graphique de la charge.

$\tau =$  \_\_\_\_\_ Comment vous y êtes-vous pris?

---

---

Qu'est-ce qui caractérise le comportement du condensateur après  $5\tau$  de charge?

a) court-circuit                      b) circuit ouvert

Faites passer la tension de source de 10V à 20V et fermez l'interrupteur. Chronométrez la charge du condensateur et prenez note de la tension  $U_{C1}$  après 100 secondes de charge.

$U_{C1} (t = 100s) =$  \_\_\_\_\_ Que constatez-vous?

---

---

Le fait d'avoir doublé la tension de source a-t-il modifié le temps de charge du condensateur? Le temps nécessaire à la charge complète d'un condensateur est-il indépendant ou dépendant de la tension vers laquelle il tend? Justifiez votre réponse.

---

---

---

Calculez théoriquement le temps nécessaire pour que le condensateur atteigne 7 volts:

$$t = RC \ln ((E_f - E_o) / (E_f - U_C)) =$$

Comparez votre résultat avec une évaluation graphique. Que constatez vous?

---

---

## 8.5 Le régime transitoire de décharge du condensateur

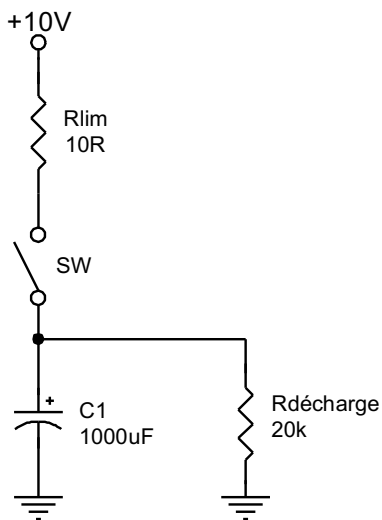


Figure 8-2 Décharge d'un condensateur

En examinant attentivement le circuit de la Figure 8-2, l'on constate que, lorsque l'interrupteur SW est fermé, le condensateur C1 peut se charger à travers la résistance de limitation de 10R. Les valeurs respectives de C1 et Rlim assurent alors une constante de temps suffisamment courte pour que la durée du phénomène de charge puisse être négligeable.

Lorsque l'interrupteur SW est ouvert, le condensateur est forcé de se décharger à travers la résistance de décharge de 20k. Les valeurs respectives de C1 et Rdécharge assurent alors une constante de temps suffisamment longue pour que le phénomène puisse être observé aisément.

### 8.5.1 Analyse théorique du circuit de décharge

Calculez les constantes de temps de charge et de décharge du circuit de la Figure 8-2.

$\tau$  charge = \_\_\_\_\_  $\tau$  décharge = \_\_\_\_\_

Théoriquement, la décharge complète du condensateur nécessite combien de constantes  $\tau$  ?

Réponse: \_\_\_\_\_

Appliquée au cas précis du circuit de la Figure 8-2, combien de secondes s'écouleront avant que l'on considère la décharge de C1 comme étant complète?

Réponse: \_\_\_\_\_

Théoriquement, la charge complète du condensateur nécessite combien de constantes  $\tau$  ?

Réponse: \_\_\_\_\_

Appliquée au cas précis du circuit de la Figure 8-2, combien de secondes s'écouleront avant que l'on considère la charge de C1 comme étant complète?

Réponse: \_\_\_\_\_

### 8.5.2 Analyse pratique du circuit de décharge

Réalisez le circuit de la Figure 8-2 sur votre plaquette de montage (l'interrupteur SW peut être réalisé à l'aide d'un simple bout de fil #22) et branchez le voltmètre numérique en parallèle avec C1.

Fermez l'interrupteur SW de façon à vous assurer de la charge de la capacité (le voltmètre devrait alors indiquer 10V).

À  $t = 0 \text{ sec.}$ , ouvrez SW et prenez note à la Table 8-2 de la tension aux bornes du condensateur ( $U_{C1}$ ) à intervalles de 5 secondes avec le plus de précision possible.

Si besoin est, refermez SW afin de recharger le condensateur et recommencez le processus de décharge pour les intervalles où la lecture aurait été trop imprécise.

Une fois les tensions  $U_{C1}$  inscrites à la Table 8-2, utilisez la loi des tensions de Kirchhoff pour compléter théoriquement la colonne de la tension aux bornes de  $R_{\text{décharge}}$  ( $U_{R_{\text{décharge}}}$ ).

Calculez le courant dans la capacité ( $I_{C1}$ ) à l'aide de la loi d'ohm et des règles d'analyse des réseaux série. Reportez vos résultats dans la colonne appropriée de la Table 8-2.

### 8.5.3 Tableau de la décharge d'un condensateur.

Table 8-2 Décharge d'un condensateur			
Temps (sec)	$U_{C1}$ (volts)	Urdécharge (volts)	$I_{C1}$ (A)
0	10 V	10V	500 $\mu$ A
5			
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			
105			
110			
115			
120			
125			

Utiliser une feuille quadrillée et tracer la courbe  $U_{C1}$  en fonction du temps pour l'ensemble des intervalles apparaissant à la Table 8-2.

Quelle relation pouvez-vous établir entre la tension  $U_{C1}$  et la tension  $V_{R\text{décharge}}$ ?

---

---

La variation de tension aux bornes du condensateur est-elle linéaire? Si votre réponse est non, de quel type est-elle?

---

---

Calculez la constante de temps  $\tau$  en vous basant sur le graphique de la décharge du condensateur.

$\tau =$  \_\_\_\_\_ Comment vous y êtes-vous pris?

---

---

Faites passer la tension de source de 10V à 20V et fermez l'interrupteur pour ensuite l'ouvrir. Chronométrez la décharge du condensateur et prenez note de la tension  $U_{C1}$  après 100 secondes de décharge.

$U_{C1} (t = 100s) =$  \_\_\_\_\_ Que constatez-vous?

---

---

Le fait d'avoir doublé la tension de source a-t-il modifié le temps de décharge du condensateur? Le temps nécessaire à la décharge complète d'un condensateur est-il indépendant ou dépendant de la tension à ses bornes au début du phénomène de décharge? Justifiez votre réponse.

---

---

---

---

**Faites vérifier vos résultats par votre instructeur.**

---

**Vérification :**

---

## 8.6 Les condensateurs branchés en série et en parallèle

### 8.6.1 En parallèle:

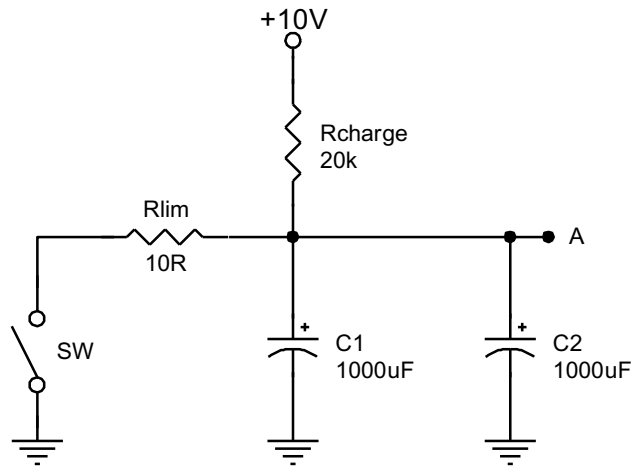


Figure 8-3

Réalisez le circuit de la Figure 8-3 sur votre plaquette de montage et branchez le voltmètre numérique au point A.

Fermez l'interrupteur SW de façon à vous assurer de la décharge des capacités.

À  $t = 0 \text{ sec.}$ , ouvrez SW et chronométrez la charge des condensateurs. Prenez note du temps nécessaire pour que la tension au point A atteigne 6.32V. Ce temps est égal à  $\tau$ .

$\tau =$  \_\_\_\_\_

Quelle relation pouvez-vous établir entre cette constante de temps et celle où la capacité était de 1000  $\mu\text{F}$  seulement ?

---



---



---



---

## 8.6.2 En série:

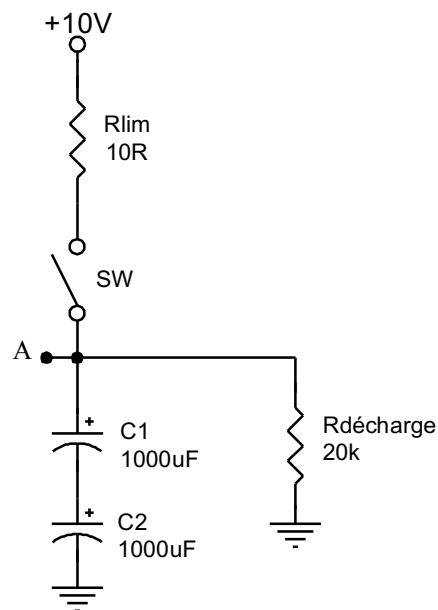


Figure 8-4

Réalisez le circuit de la Figure 8-4 sur votre plaquette de montage et branchez le voltmètre numérique au point A.

Fermez l'interrupteur SW de façon à vous assurer de la charge des capacités.

À  $t = 0\text{sec.}$ , ouvrez SW et chronométrez la décharge du condensateur. Prenez note du temps nécessaire pour que la tension au point A diminue jusqu'à 3.68V. Ce temps correspond à  $\tau$ ).

$\tau =$  \_\_\_\_\_

Quelle relation pouvez-vous établir entre cette constante de temps et celle où la capacité était de 1000  $\mu\text{F}$ ?

\_\_\_\_\_

Que concluez-vous quant à la valeur totale des condensateurs en série?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

La constante de temps est-elle dépendante ou indépendante de la valeur du condensateur? Justifiez votre réponse.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 8.7 Circuit RL en courant continu

Les bobines sont des composants peu utilisés en courant continu sauf dans les relais. Vu simplement le relais est un dispositif électromagnétique qui utilise les propriétés magnétiques des bobines afin de permettre l'ouverture et la fermeture d'interrupteurs (les contacts du relais). Ces propriétés magnétiques des bobines ont aussi un effet qui peut s'avérer destructeur dans certains cas; l'effet de self. On se rappelle que ce phénomène est dû au fait que la bobine restitue l'énergie magnétique utilisée sous forme d'un courant qui peut entraîner des chutes de potentiel extrêmement élevées aux bornes d'éléments à grande impédance, endommageant irrémédiablement ces dits éléments. Afin de remédier à ce problème on emploiera souvent des diodes (semi-conducteur unidirectionnel) qui serviront à écouler cette énergie due à l'effet de self.

Faites le montage suivant et étudiez-en le fonctionnement.

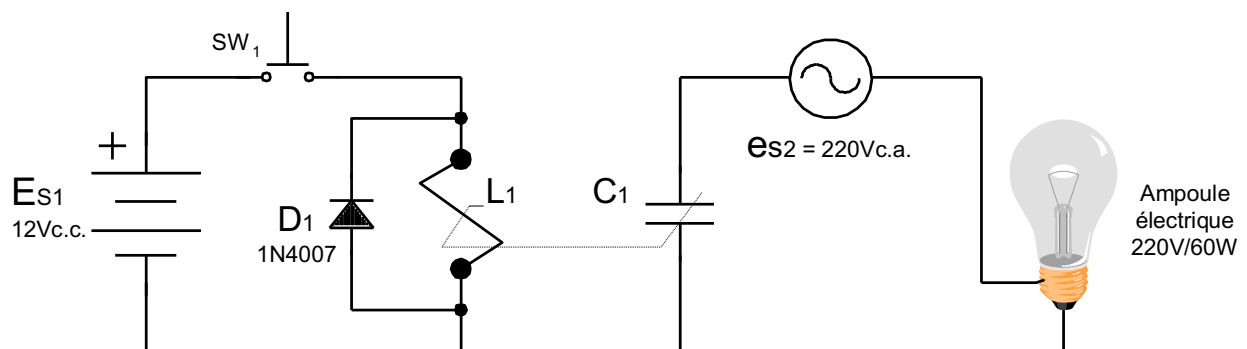


Figure 8-5 Circuit à relais pour l'alimentation à plus haute tension d'un circuit en c.a.

N.B. *Le relais peut être relié directement à la source si ce dernier possède une tension nominale de 12Vc.c.. Sinon, une résistance doit être choisie afin de permettre un fonctionnement adéquat (courant d'amorçage suffisant) du relais  $L_1$ .*

---

**Faites vérifier vos résultats par votre instructeur.**

---

**Vérification :**

---