

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

Direction Générale des Etudes Technologiques

Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Kélibia



Support de travaux pratiques

Atelier de Circuits électriques

Support de travaux pratiques adressé aux étudiants du département Génie
Electrique de premier niveau L1 et du Département Génie des Engins
Maritimes de premier niveau L1

Version 6

Décembre 2018

Réalisé par :

- Narjess SGHAIER

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage est un manuel de travaux pratiques, il est consacré à l'étude des circuits électriques et des méthodes de mesure des grandeurs électriques. Il est destiné aux étudiants des établissements de l'enseignement supérieur (ISET, L1).

Le manuel présente plusieurs TPs qui sont composés de la même façon. Chaque TP comprend :

- Un aperçu théorique;
- Un nombre d'exercices à résoudre et des montages à réaliser.

Le présent ouvrage reflète l'expérience acquise par l'auteur au cours de plusieurs années de travail pédagogique dans l'enseignement supérieur.

Les travaux pratiques présentés dans ce recueil, ont été élaborés par l'auteur elle-même avec la collaboration de quelques collègues.

L'auteur adresse d'avance ses remerciements aux lecteurs qui voudront bien faire part de leurs critiques et de leurs remarques.

Auteur : *Mme Narjess SGHAIER*

Préambule

Population :	Étudiants de 1 ^{ère} année Génie Electrique de l'ISET et de 1 ^{ère} année Génie Maritime et 1 ^{ère} année Génie Mécanique
Volume	21 heures par semestre
Horaire :	
Pré-requis :	Notions de mathématiques, notions de physique de base
Langue :	Français

Objectifs des Travaux Pratiques

Permettre aux étudiants de développer une démarche pratique pour valider les résultats théoriques étudiés en cours.

Évaluations

- Vérification des montages pour chaque groupe au cours du TP ;
- Correction des comptes rendus.

Moyens Pédagogiques

- Support de cours ;
- Support de travaux pratiques.

Objectifs Pédagogiques

À l'issue de ce module, l'étudiant peut :

- Réaliser des circuits électriques.
- Utiliser les différents appareils de mesure classiques (le voltmètre, l'ampèremètre, le multimètre, l'oscilloscope, etc.).
- Vérifier les différentes lois pour quelques circuits linéaires en régime continu.
- Etude de quelques circuits en régime sinusoïdal monophasé.

Liste des Travaux Pratiques

Circuits électriques

TP N° 1 : Lois de Kirchoff, diviseur de courant, diviseur de tension.

TP N° 2 : Application de quelques théorèmes de l'analyse de circuits.

TP N° 3 : Etude du circuit RC.

TP N° 4 : Association des récepteurs R,L,C en régime alternatif.

TP N° 5 : Etude de la résonance des Circuits R, L, C.

TP N° 1

LOIS DE KIRCHOFF DIVISEUR DE TENSION ET DIVISEUR DE COURANT

OBJECTIFS

- Etudier et vérifier les lois de Kirchoff.
- Etudier et vérifier les lois de diviseur de tension.
- Etudier et vérifier les lois de diviseur de courant

CRITERES D'EVALUATION

- Câblage correct.
- Méthode de travail de l'étudiant.
- Exactitude des résultats.

MATERIEL

- Résistances.
- Deux générateurs de tension.
- Voltmètre, ampèremètre et multimètre

1) ETUDES THEORIQUES

1.1) Diviseur de tension

Soit le circuit, présenté par la Figure 1 ci-dessous :

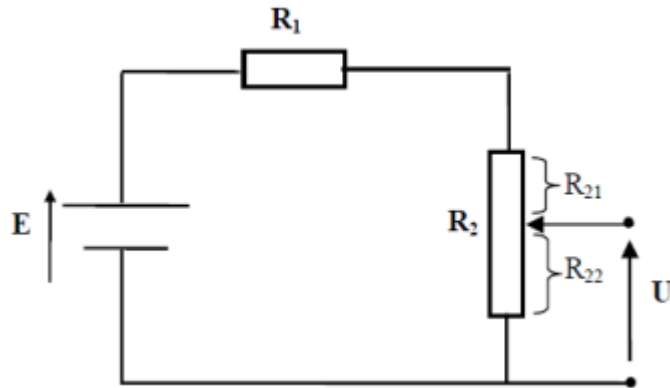


Figure 1

Avec : $R_2 = R_{21} + R_{22}$; $R_{22} = K \cdot R_2$ ($0 < K < 1$)

1. Déterminer la tension de sortie U en fonction de R_1 , R_2 , K et E .
2. Pour $K=0.5$ déduire la condition sur R_1 et R_2 pour avoir $U=E/4$.

1.2- Diviseur de courant

Soit le circuit, présenté par Figure 2 ci-dessous :

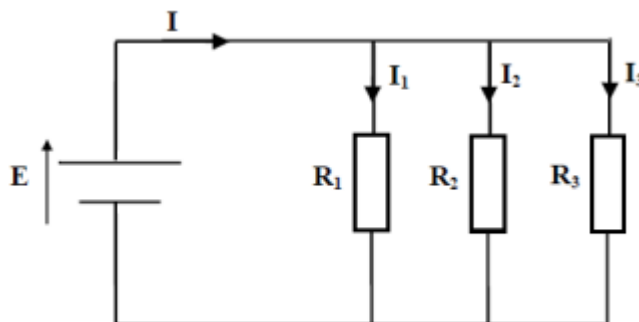


Figure 2

1. Déterminer les expressions des courants I_1 , I_2 et I_3 en fonction de R_1 , R_2 , R_3 et I .
2. Déterminer l'expression du courant I en fonction de R_1 , R_2 , R_3 et E .

3. Déterminer les expressions des courants I_1 , I_2 et I_3 en fonction de R_1 , R_2 et I lorsque $R_3 \rightarrow \infty$.

1.3- Lois de Kirchhoff

Soit le circuit, présenté par Figure 3 ci-dessous :

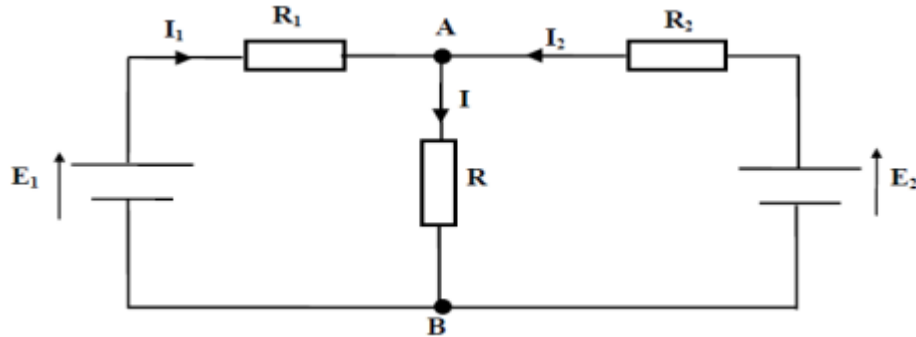


Figure 3

1. Appliquer la loi des mailles au circuit précédent.
- / Appliquer la loi des noeuds au circuit précédent.

2- MANIPULATION

2.1- Lois de Kirchhoff

On donne: $R_1 = 470\Omega$, $R_2 = 1.5\text{ k}\Omega$, $R = 220\Omega$, $E_1 = 10\text{ V}$ et $E_2 = 15\text{V}$

1. Réaliser le montage Figure 3.
2. Mesurer les courants I_1 , I_2 et I .
3. Vérifier la loi des noeuds au point A.
4. Mesurer les tensions aux bornes de chaque dipôle.
5. Vérifier la loi des mailles.

2.2- Diviseur de tension

1. Réaliser le circuit présenté par Figure 4 ci-dessous.

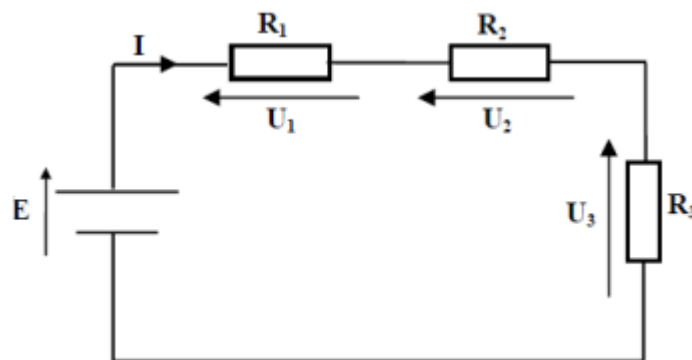


Figure 4

On donne: $R_1 = 470\Omega$, $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_3 = 220\Omega$

2. Remplir le tableau suivant :

E (V)	2	5	8	10	12	15
U_1 (V)						
U_2 (V)						
U_3 (V)						

2.3- Diviseur de Courant

On donne: $R_1 = 470\Omega$, $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_3 = 220\Omega$

1. Réaliser le montage Figure 2.

2. Remplir le tableau suivant :

E (V)	2	5	8	10	12	15
I (A)						
I_1 (A)						
I_2 (A)						
I_3 (A)						

3. Tracer sur un papier millimétré les caractéristiques des différents courants en fonction de I ($I_1=f(I)$, $I_2=f(I)$ et $I_3=f(I)$).

4. Si **$I=70\text{mA}$** , donner à partir des caractéristiques les valeurs des courants I_1 , I_2 et I_3 .

2.4- Conclusions et interprétations

TP N° 2

APPLICATION DE QUELQUES THEOREMES DE L'ANALYSE DES CIRCUITS

OBJECTIFS

- Etudier et vérifier les lois de Kirchhoff.
- Etudier et vérifier les lois de diviseur de tension.
- Etudier et vérifier les lois de diviseur de courant.
- Utiliser correctement les appareils électriques.
- Interpréter les résultats obtenus.

CRITERES D'EVALUATION

- Câblage correct.
- Méthode de travail de l'étudiant.
- Exactitude des résultats.

MATERIEL

- Résistances.
- Deux générateurs de tension.
- Voltmètre, ampèremètre et multimètre

1) ETUDE THEORIQUE

1.1- Théorème de superposition

a- Enoncé

Dans le cas d'un réseau électrique, l'intensité du courant dans une branche est égale à la somme des courants que ferait passer séparément chacune des sources si elle était en service, les autres sont rendues passives.

b- Exemple

Soit le montage, donné Figure 1 :

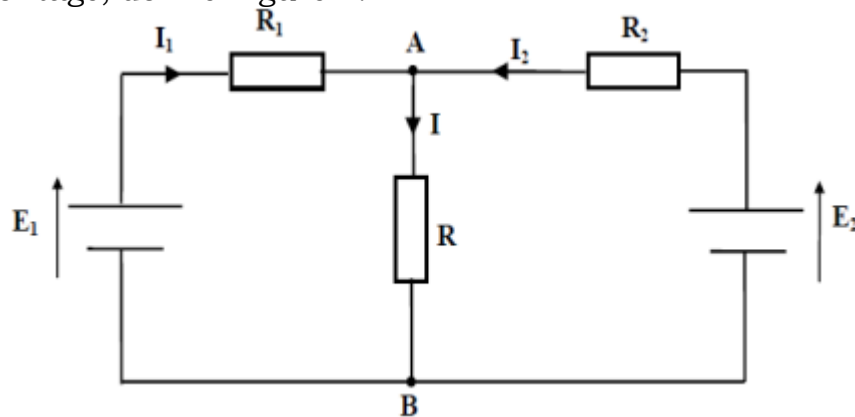


Figure 1

En appliquant le théorème de superposition donner l'expression du courant I traversant le résistor, (suivre les étapes suivantes).

Etape 1 : E_1 est active E_2 est rendue passive.

Le montage correspondant est représenté Figure 2

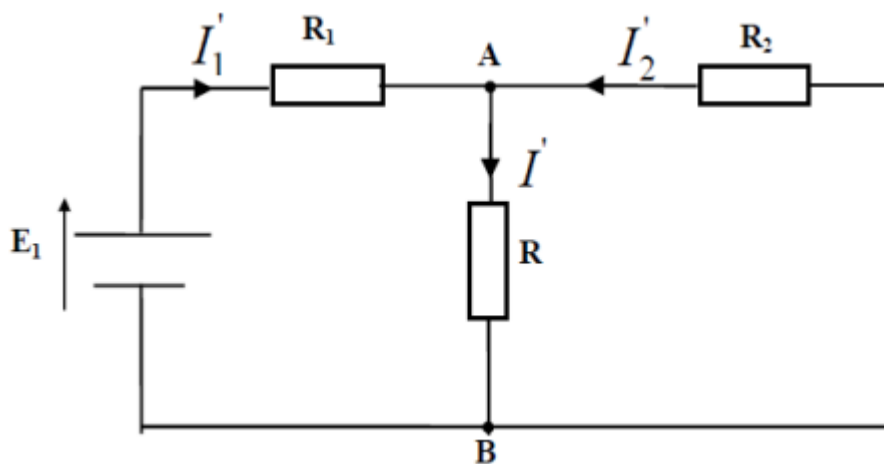


Figure 2

Donner l'expression puis calculer les courants I'_1 , I'_2 et I' . (utiliser les valeurs pratiques).

Etape 2 : E_1 est rendue passive E_2 est active.

Le montage correspondant est représenté Figure 3

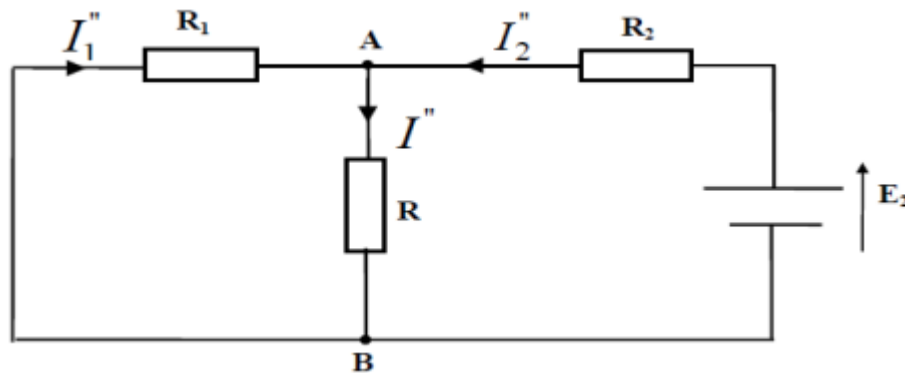


Figure 3

Donner l'expression puis calculer les courants I''_1 , I''_2 et I'' .

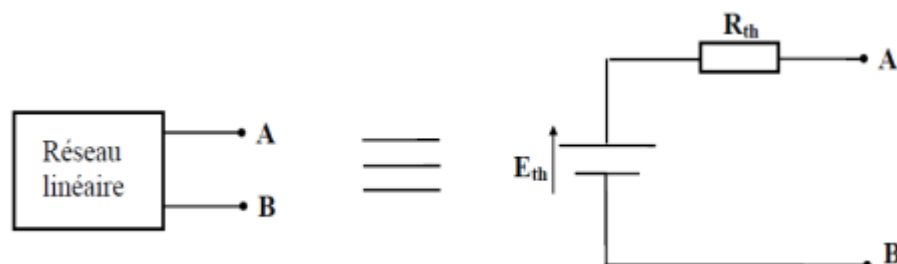
Etape 2 : Superposition des deux montages.

Donner l'expression puis calculer les courants I_1 , I_2 et I .

1.1- Théorème de Thévenin

a- Enoncé

Un réseau linéaire, pris entre deux noeuds est équivalent à un générateur de Thévenin comportant en série une source de tension E_{th} et résistor R_{th} .



b- Exemple

Soit le montage Figure 1.

On se propose de déterminer le courant traversant le résistor R en appliquant le théorème de Thévenin.

1. Donner l'expression puis calculer la tension E_{th}
2. Donner l'expression puis calculer la résistance R_{th}
3. Représenter le schéma du générateur de Thévenin équivalent.
4. Donner l'expression puis calculer le courant traversant le résistor R .

2) Manipulation

On donne: $R_1 = 470\Omega$, $R_2 = 1.5\text{ k}\Omega$, $R = 220\Omega$, $E_1 = 10\text{ V}$ et $E_2 = 15\text{V}$

2.1- Théorème de superposition

1. Réaliser le montage Figure 1
2. Mesurer les courants I_1 , I_2 et I .
3. Réaliser le montage Figure 2
4. Mesurer les courants I'_1 , I'_2 et I'
5. Réaliser le montage Figure 3
6. Mesurer les courants I''_1 , I''_2 et I''
7. Vérifier la loi de superposition appliquée aux courants I_1 , I_2 et I .
8. Comparer les résultats trouvés avec la théorie.

2.2- Théorème de Thévenin

Le montage Figure 1 est réalisé.

1. Débrancher le résistor R , puis mesurer la tension E_{th} vue entre A et B.
2. Mesurer la résistance R_{th} (les sources sont rendus passives).
3. Réaliser le montage générateur de Thévenin équivalent.
4. Mesurer le courant I parcourant le résistor R .
5. Comparer cette valeur avec celle trouvée théoriquement.

TP N° 3

ETUDE DU CIRCUIT RC

OBJECTIFS

- Etudier la tension $u_c(t)$ lors de la charge et de la décharge d'un condensateur
- Utiliser correctement les appareils électriques.
- Interpréter les résultats obtenus.

CRITERES D'EVALUATION

- Câblage correct.
- Méthode de travail de l'étudiant.
- Exactitude des résultats.

MATERIEL

- Résistances.
- Condensateurs.
- Générateur base fréquence.
- Oscilloscope, ampèremètre et multimètre.

1) ETUDE THEORIQUE

Soit le montage suivant:

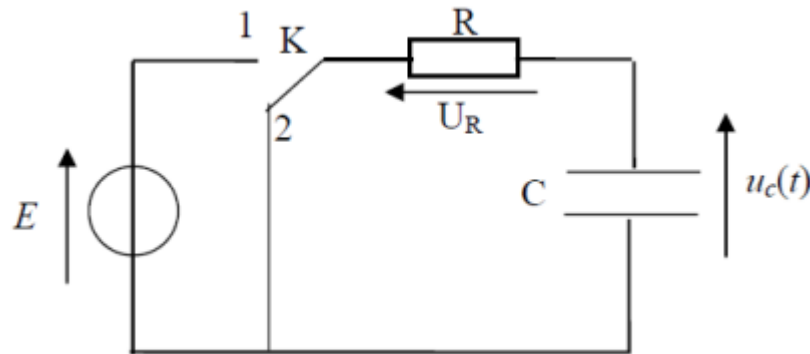


Figure 1

1.1- Phase de charge

Initialement le condensateur est supposé décharger ($U_c = 0$). On place l'inverseur K sur la position 1.

1. Etablir l'équation différentielle satisfaite par $u_c(t)$.
2. Donner la solution de cette équation.
3. Donner la courbe représentative de $u_c(t)$.
4. Quel est le pourcentage de charge atteint au bout d'un temps $t = \tau$?

1.2- Phase de décharge

Le condensateur étant complètement chargé, on bascule l'inverseur K sur la position 2.

1. Etablir l'équation différentielle satisfaite par $u_c(t)$
2. Donner la solution de cette équation (l'instant de basculement est pris comme nouvelle origine du temps).
3. Donner la courbe représentative de $u_c(t)$.
4. Quel est le pourcentage de décharge atteint au bout d'un temps $t = \tau$?

2) Manipulation

Pour simuler le montage Figure 1 on alimente le dipôle RC par un générateur de fonctions délivrant une tension carrée positive $e(t)$.

1/ Régler le signal d'entrée de la manière suivante :

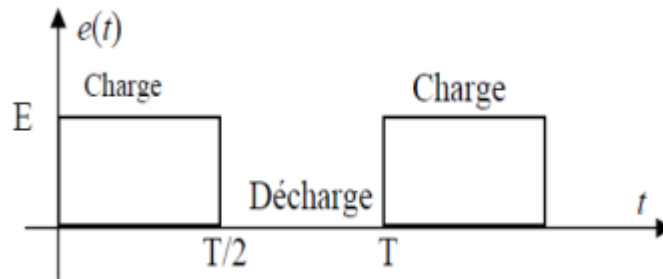


Figure 2

- De 0 à $T/2$, la tension $e(t)=E$, le générateur se comporte comme une source de tension continue.
- De $T/2$ à T , la tension $e(t)=0$, le générateur se comporte comme un court circuit.

Pour pouvoir observer la phase de charge et de décharge en entier, la période T doit être suffisamment grande.

1. Brancher la sortie du générateur de fonctions à l'entrée CH1 de l'oscilloscope, sélectionner la fonction carrée et agir sur le bouton *DC offsets* et *amplitude* jusqu'à l'obtention du signal $e(t)$, le sélecteur d'entrée de l'oscilloscope doit être placé en position DC.
2. Proposer une valeur convenable de la fréquence du signal $e(t)$ et justifier votre choix.
3. Le signal $e(t)$ étant réglé, réaliser le montage Figure 3.

On donne: **$R = 1.5 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$, $E = 6 \text{ V}$**

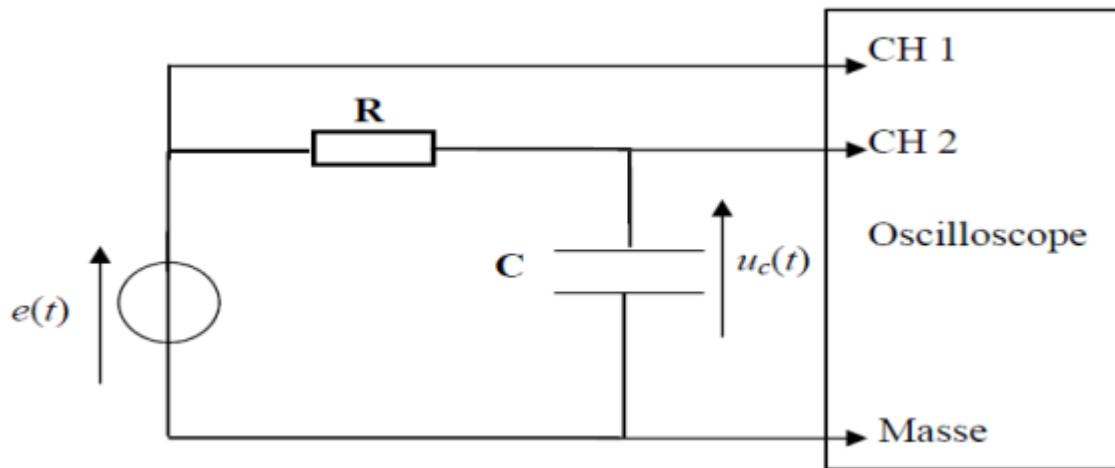


Figure 3

2.1- Phase de charge

1. Choisir la fréquence de balayage (base des temps en s/div) de façon à ne voir sur l'écran que la courbe de charge, puis reporter la courbe sur papier millimétré.
2. Déterminer la constante du temps 1τ à l'aide de la méthode de la tangente à l'origine.
3. Déterminer le temps 2τ au bout duquel U_c atteint 63% de E .
4. Déterminer la valeur de $u_c(t)$ à l'instant 3τ et le comparer à E .

2.2- Phase de décharge

1. Choisir la fréquence de balayage de façon à ne voir sur l'écran que la courbe de décharge, puis reporter la courbe sur papier millimétré.
2. Déterminer la constante du temps $1'\tau$ à l'aide de la méthode de la tangente à l'origine.
3. Déterminer le temps $2'\tau$ au bout duquel U_c atteint 37% de E .
4. Déterminer la valeur de $u_c(t)$ à l'instant 3τ et le comparer à E .
5. la constante du temps 1τ , 2τ , $1'\tau$ et $2'\tau$ sont très voisines. Comparer leur valeur moyenne à la valeur théorique.

2.3- Réalisation de fonctions

1. Régler le générateur de fonctions de façon à avoir un signal $e(t)$ de la forme suivante :

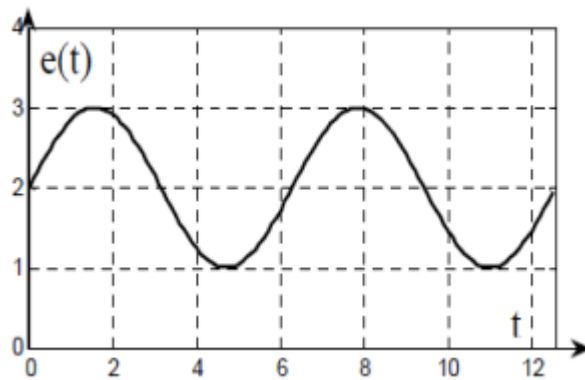


Figure 4

2. Régler la fréquence du générateur de fonctions de sorte que la période T du signal $e(t)$ soit très petite par rapport à la constante du temps τ .
3. Visualiser à l'oscilloscope les signaux $u_c(t)$ et $u_R(t)$.
4. Quelle est alors la fonction réalisée par le circuit RC ? Expliquer.

TP N° 4

ASSOCIATION DES RECEPTEURS R, L ET C

EN REGIME ALTERNATIF

OBJECTIFS

- Etudier le comportement des récepteurs associés en régime alternatif.
- Utiliser correctement les appareils électriques.
- Interpréter les résultats obtenus.

CRITERES D'EVALUATION

- Câblage correct.
- Méthode de travail de l'étudiant.
- Exactitude des résultats.

MATERIEL

- Résistances
- Condensateur
- Inductance
- Générateur base fréquence.
- Oscilloscope, ampèremètre et voltmètre

1) ASSOCIATION RLC EN SERIE

Montage

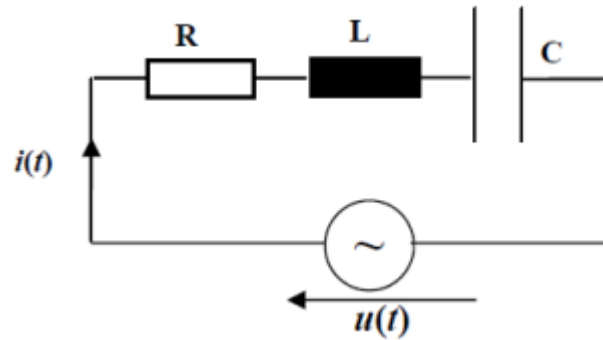


Figure 1

Expression instantanée: $u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{d}{dt} i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Expression complexe: $\bar{U} = R\bar{I} + jL\omega\bar{I} + \frac{\bar{I}}{jC\omega} = (R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega})\bar{I}$

Impédance: $\bar{Z} = (R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}) = Z \cdot e^{j\varphi}$

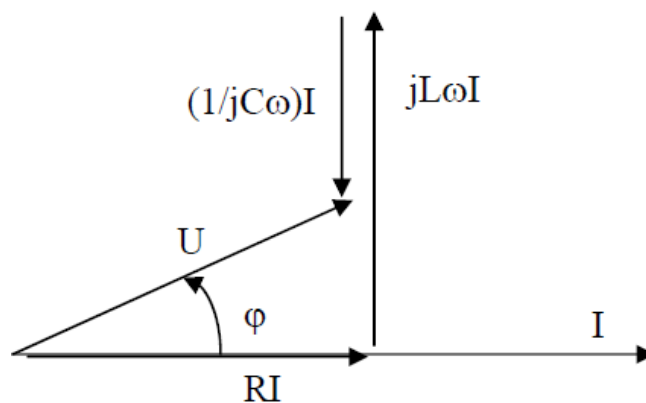
Module: $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$

Argument: $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$

Puissance active : $P = UI \cos \varphi$

Puissance apparente: $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Diagramme vectoriel

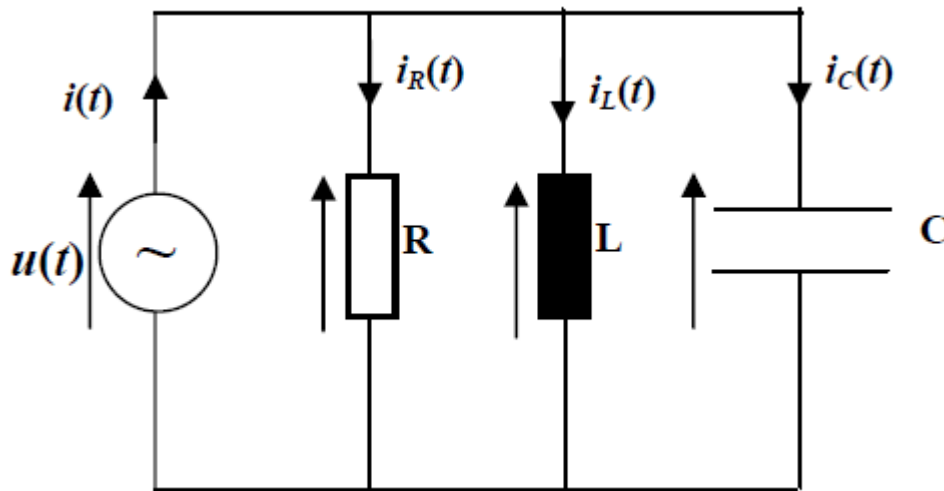


On considérant le courant I comme origine des phases

$$\text{Facteur de surtension ou de qualité } Q_0 = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{L\omega_0}{U} = \frac{1}{RC\omega_0}$$

2- ASSOCIATION RLC EN PARALLELE

Montage



Expression instantanée

$$i(t) = i_R(t) + i_C(t) + i_L(t)$$

Expression complexe

$$\bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_C + \bar{I}_L = \left(\frac{1}{R} + j\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right) \right) \bar{V}$$

Admittance

$$\bar{Y} = \frac{\bar{I}}{\bar{V}} = \left(\frac{1}{R} + j\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right) \right) = Y e^{j\varphi}$$

Module

$$Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2}$$

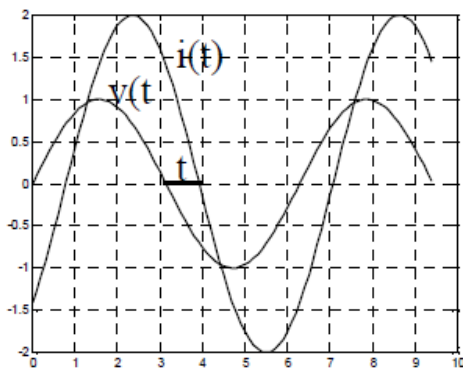
Argument

$$\tan \varphi' = \frac{C\omega - \frac{1}{L\omega}}{\frac{1}{R}} = R\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)$$

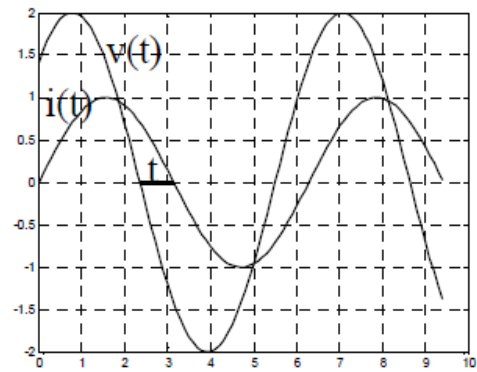
$$\text{Facteur de surtension ou de qualité } Q_0 = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I} = \frac{R}{L\omega_0} = RC\omega_0$$

Remarque

Dans tout ce qui précède U et I désignent les valeurs efficaces respectivement de tension et de courant.

Détermination graphique du déphasage

$$\varphi = +360.t / T = +360.d / D$$



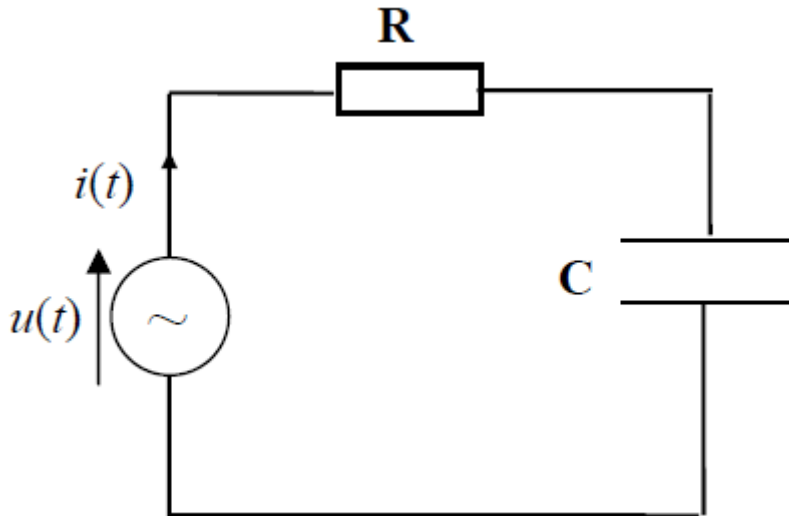
$$\varphi = -360.t / T = -360.d / D$$

Figure : Mesure directe d'un déphasage entre deux signaux de même fréquence pour deux valeurs de déphasage φ (T : la période du signal)

2) Manipulation

2.1- Circuit RC série

On considère le circuit suivant :

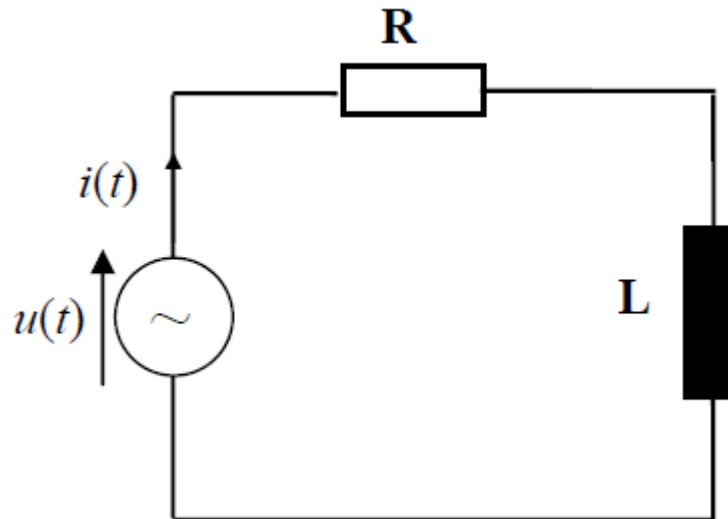


On donne: $R = 1.2 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$, $f = 60\text{Hz}$

1. Réaliser le montage, fixer la valeur efficace de la tension $u(t)$ à 5V.
2. Placer les sondes pour visualiser $i(t)$ et $u(t)$ (faire un schéma), déterminer le déphasage entre $i(t)$ et $u(t)$ et déduire $\cos\varphi$.
3. Placer les sondes pour visualiser $i(t)$ et $u_C(t)$, (faire un schéma) et déterminer le déphasage entre $i(t)$ et $u_C(t)$.
4. Mesurer les valeurs efficaces des tensions U , U_R et U_C et l'intensité du courant I , en déduire l'impédance du circuit.
5. Calculer les puissances active, réactive et apparente.
6. Tracer à l'échelle le diagramme vectoriel correspondant au circuit donné.
7. Déterminer la valeur de la fréquence permettant d'obtenir un déphasage entre $i(t)$ et $u(t)$ de 45° , vérifier théoriquement cette valeur.

2.2- Circuit RL série

On considère le circuit suivant :



On donne: $R = 1.2 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$, $f = 60\text{Hz}$

1. Réaliser le montage, fixer la valeur efficace de la tension $u(t)$ à 5V.
2. Placer les sondes pour visualiser $i(t)$ et $u(t)$ (faire un schéma), déterminer le déphasage entre $i(t)$ et $u(t)$ et déduire $\cos\varphi$.
3. Placer les sondes pour visualiser $i(t)$ et $u_L(t)$, (faire un schéma) et déterminer le déphasage entre $i(t)$ et $u_L(t)$.
4. Mesurer les valeurs efficaces des tensions U , U_R et U_L et l'intensité du courant I , en déduire l'impédance du circuit.
5. Calculer les puissances active, réactive et apparente.
6. Tracer à l'échelle le diagramme vectoriel correspondant au circuit donné.
7. Déterminer la valeur de la fréquence permettant d'obtenir un déphasage entre $i(t)$ et $u(t)$ de 45° , vérifier théoriquement cette valeur.

TP N° 5**ETUDE DE LA RESONANCE DES CIRCUITS R, L ET C**

OBJECTIFS

- Etudier la résonance d'un circuit RLC.
- Utiliser correctement les appareils électriques.
- Interpréter les résultats obtenus.

CRITERES D'EVALUATION

- Câblage correct.
- Méthode de travail de l'étudiant.
- Exactitude des résultats.

MATERIEL

- Résistances
- Condensateur
- Inductance
- Générateur base fréquence.
- Oscilloscope, ampèremètre et voltmètre

1) MANIPULATION

1.1- Association en série

Soit le montage suivant :

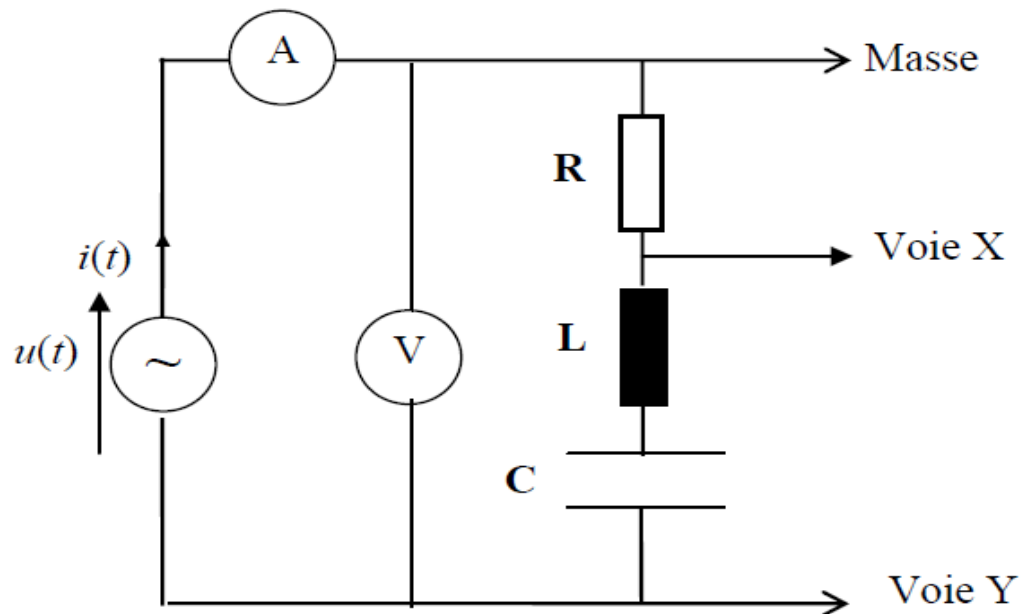


Figure 1 : Association en série des récepteurs R, L et C

a. Fixer une fréquence $f=10\text{KHz}$ et Réaliser le montage Figure 1.

1. Remplir le tableau suivant :

U						
I						

2. Tracer la caractéristique $U=f(I)$.

3. Conclure.

b. Fixer la valeur efficace de la tension de GBF $U=5\text{V}$.

1. Faire varier la fréquence et remplir le tableau suivant :

F								
----------	--	--	--	--	--	--	--	--

φ								
U								
I								
Z								

2. Tracer sur le même graphique $\varphi=f(f)$, $Z=f(f)$ et $I=f(f)$.
3. Déduire la fréquence de résonance f_0 .
4. Calculer le facteur de résonance Q_0
5. Quels sont les domaines d'application d'un tel montage.

1.2- Association en parallèle

Soit le montage suivant :

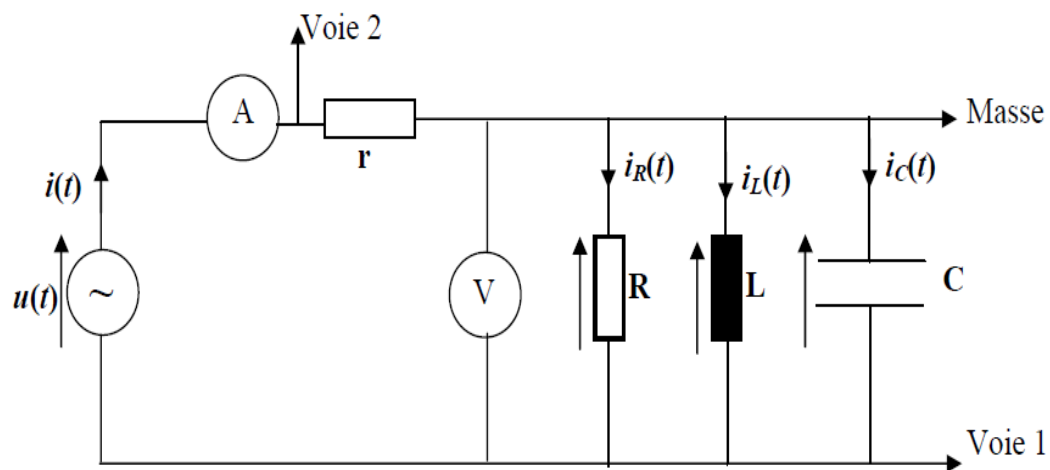


Figure 2 : Association en parallèle des récepteurs R, L et C

- a. Fixer une fréquence $f=10\text{KHz}$ et Réaliser le montage Figure 2.

1. Remplir le tableau suivant :

U						
-----	--	--	--	--	--	--

I						
----------	--	--	--	--	--	--

2. Tracer la caractéristique $U=f(I)$.

3. Conclure.

b. Fixer la valeur efficace de la tension de GBF $U=5V$.

1. Faire varier la fréquence et remplir le tableau suivant :

F								
φ								
U								
I								
Z								

2. Tracer sur le même graphique $\varphi=f(f)$, $Y=f(f)$ et $U=f(f)$.

3. Déduire la fréquence de résonance f_0 .

4. Calculer le facteur de résonance Q_0 .

5. Quels sont les domaines d'application d'un tel montage.