



Université  
de Lomé

UNIVERSITE DE LOME

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

**UE DE PHY 314 :**  
**METHODES EXPERIMENTALES RENFORCEES EN PHYSIQUE**

**TP N°2 : LE FILTRE RC – ANALYSE FREQUENTIELLE**



NOM	PRENOMS	N° DE CARTE	GROUPE / BINOME
AMOUZOU	Kodjo	548655	GROUPE 1 BINOME 1
ADDI	Amana Essona Kizito	557563	

**Vendredi, le 26 Juillet 2024**

**Année Scolaire : 2023 – 2024**

## INTRODUCTION

Le filtrage est un concept fondamental en électronique et en traitement du signal, permettant de sélectionner des composantes spécifiques d'un signal tout en atténuant les autres. Le filtre RC, composé d'une résistance et d'un condensateur, est l'un des filtres les plus simples mais aussi les plus utiles dans de nombreuses applications électroniques. Dans le cadre de ce travail pratique, nous allons nous intéresser à l'analyse fréquentielle du filtre RC afin de comprendre ses caractéristiques et son comportement en fonction de la fréquence.

### I. OBJECTIFS

Le travail pratique sur le filtre RC et son analyse fréquentielle vise à étudier le comportement de ce circuit électronique dans le domaine des fréquences. Nous allons étudier comment le filtre RC réduit l'amplitude des signaux à certaines fréquences tout en laissant passer les autres. Comprendre le fonctionnement du filtre RC et son influence sur les signaux en fonction de leur fréquence. Utiliser des outils de mesure et d'analyse pour caractériser la performance du filtre à différentes fréquences. Et aussi ce TP nous permettra de tracer le diagramme de Bode (le Gain en dB et la phase en degré en fonction de la fréquence) enfin de comparer les résultats expérimentaux à ceux de la théorie.

### II. QUELQUES NOTIONS

Un circuit RC et un circuit électrique, composé d'une résistance et d'un condensateur montés en série ou en dérivation. Dans leur configuration en série, les circuits RC permettent de réaliser des filtres électroniques passe-bas. Dans un filtre passe bas, la tension de sortie est prélevée aux bornes du condensateur. Il laisse passer les basses fréquences et qui atténue les hautes fréquences. Il peut être appelé filtre coupe-haut.

Une analyse fréquentielle du montage permet de déterminer quelles fréquences le filtre rejette ou accepte.

➤ La fonction de Transfert est : 
$$H(j\omega) = \frac{V_C}{V_E} = \frac{1}{1+jRC\omega}$$

➤ Le Gain en décibel est : 
$$G_{dB}(\omega) = 20 \log(|H(j\omega)|)$$

➤ La phase  $\phi = \text{Arg}(H(j\omega))$

Pour les basses fréquences,  $G_{dB}$  a un module proche de 1 et une phase proche de 0. Plus la fréquence augmente, plus son module diminue pour tendre vers zéro et sa phase de  $-\frac{\pi}{2}$ . Donc Si  $RC\omega \ll 1$  alors

$f \ll f_0$  on obtient  $G_{dB} = 1$  dans ce cas le circuit transmet le signal sans l'affaiblir. La fréquence de coupure est la fréquence pour laquelle on a une atténuation à 3 décibels, cette fréquence définit la limite à 3 dB entre les fréquences atténuées et celles qui ne le sont pas.

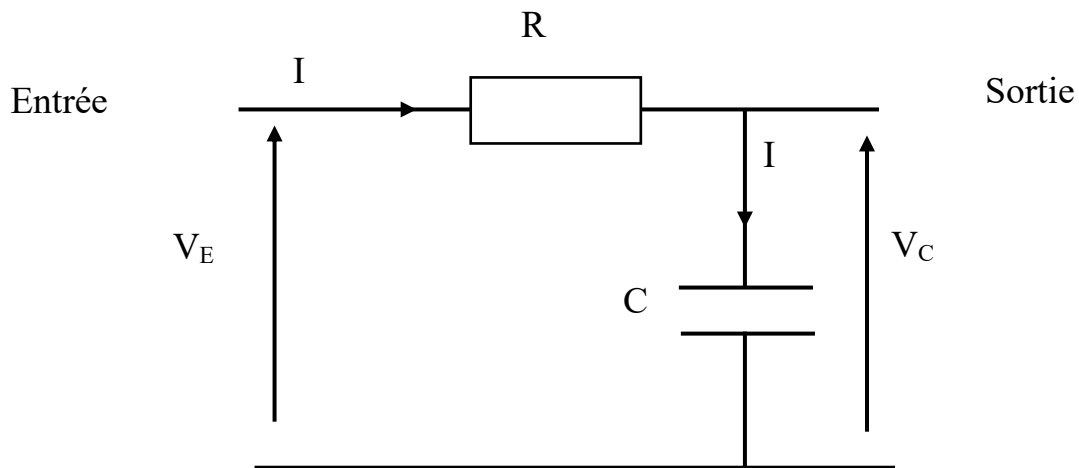
### **III. LES MATERIELS DE LA MANIPULATION**

- L'Oscilloscope
- Un Générateur Basse Fréquence GBF
- Une Résistance  $R = 6,8K\Omega$
- Un Condensateur de capacité  $C = 2,2nF$
- Un Multimètre
- Fils de connexions

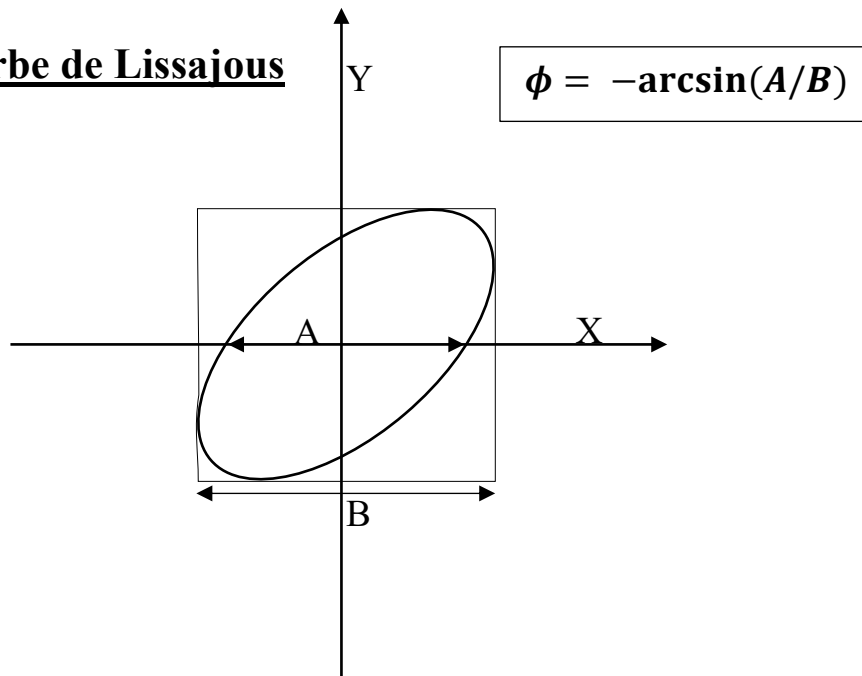
### **IV. METHODE EXPERIMENTALE**

- Faire le montage de la figure 1
- Appliquer une tension entrée  $V_E$  sinusoïdale d'amplitude 3V (6V crête à crête) et de valeur moyenne 3V à l'aide du multimètre
- Relier l'entrée  $V_E$  à la voie 1 (X)
- Relier la sortie  $V_C$  à la voie 2 (Y)
- Régler les calibres des deux voies sur 1div/V
- Régler l'oscilloscope afin d'obtenir une visualisation optimale des deux signaux.
- Ajuster les sensibilités verticales en conséquence.
- Bien centrer les deux signaux par rapport à l'axe horizontal. (On pourra exceptionnellement utiliser le couplage AC.)
- Mesurer la tension du condensateur  $V_C$  pour chaque fréquence
- Se placer en mode XY et observer l'ellipse. Bien la centrer (mettre successivement chaque voie à zéro avec la position GND) pour retrouver la courbe de Lissajous permettant de mesurer le déphasage en fonction des fréquences.

**Figure 1 : Filtre RC**



**Courbe de Lissajous**



La méthode de Lissajous est un outil puissant pour déterminer graphiquement le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux en utilisant un oscilloscope. Elle est particulièrement utile lorsque les signaux ont des fréquences proches ou égales, permettant ainsi d'obtenir une visualisation claire de la relation de phase entre eux.

## **V. MESURES ET RESULTATS**

- 1- L'allure de  $V_C$  évolue d'une réponse quasi-constante à basse fréquence vers une réponse atténuée et déphasée par rapport à  $V_E$  à haute fréquence en raison des caractéristiques du filtre RC. À 100Hz,  $V_C$  est presque en phase avec  $V_E$  et proche de son amplitude maximale. En revanche, à 10KHz,  $V_C$  subit une atténuation significative par rapport à l'amplitude de  $V_E$  et est déphasé par rapport à cette dernière.

## 2- Tableau des valeurs

Fréquence (KHz)	0,5	1	2	3	5	6	7	8
$V_E$ (V)	3	3	3	3	3	3	3	3
$V_C$ (V)	3	3	3	3	2,8	2,6	2,5	2,4
$T = V_C/V_E$	1	1	1	1	0,93	0,87	0,83	0,80
$G_{dB} = 20\log T$	0	0	0	0	-0,63	-1,21	-1,62	-1,94
$\varphi$ (Rad)	-0,05	-0,09	-0,19	-0,27	-0,44	-0,51	-0,58	-0,64
$\varphi$ (°)	-2,86	-5,15	-10,88	-15,46	-25,21	-29,22	-33,23	-36,66

Fréquence KHz	12	15	18	19	25	30	40	100
$V_E$ (V)	3	3	3	3	3	3	3	3
$V_C$ (V)	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,8	0,4
$T = V_C/V_E$	0,67	0,60	0,53	0,47	0,40	0,33	0,27	0,13
$G_{dB} = 20\log T$	-3,48	-4,44	-5,51	-6,56	-7,96	-9,63	-11,37	-17,72
$\varphi$ (Rad)	-0,85	-0,95	-1,04	-1,06	-1,17	-1,23	-1,31	-1,46
$\varphi$ (°)	-48,70	-54,43	-59,58	-60,73	-67,03	-70,47	-75,05	-83,65

Fréquence KHz	200	300	500	700	1000
$V_E$ (V)	3	3	3	3	3
$V_C$ (V)	0,2	0,1	0,06	0,04	0,02
$T = V_C/V_E$	0,07	0,03	0,02	0,01	0
$G_{dB} = 20\log T$	-23,10	-30,46	-33,98	-40,00	$\infty$
$\varphi$ (Rad)	-1,52	-1,54	-1,55	-1,56	-1,57
$\varphi$ (°)	-87,08	-88,23	-88,80	-89,38	-90

**NB** : Conversion de radians en degré :

$$\text{Angle en Degré} = \frac{\text{Angle en radians} \times 180}{\pi}$$

3- La méthode utilisée pour la mesure du déphasage s'appelle **la méthode de Lissajous**. Elle permet de déterminer graphiquement le déphasage entre les

deux signaux. D'après la courbe de Lissajous vu plus haut, nous pouvons se servir de cette formule de  $\varphi = -\arcsin\left(\frac{A}{B}\right)$  pour le calcul du déphasage. A et B sont des variables qui évoluent en fonction des fréquences. Elles se lisent sur l'oscilloscope.

#### 4- Intérêt de mesurer une amplitude :

$V_E$  étant imposée par le Générateur, l'intérêt de mesurer son amplitude est de quantifier l'intensité de son signal et d'évaluer son niveau par rapport à une référence. Elle permet de déterminer comment le filtre affecte les différentes fréquences du signal. Le filtre RC est conçu pour atténuer certaines fréquences tout en laissant passer d'autres, et ces mesures aident à quantifier cette atténuation.

- Intérêt de calculer le gain en dB :

Le calcul du gain en dB (décibels), il est utilisé pour exprimer le rapport entre deux grandeurs physiques (comme des tensions électriques). Le gain en dB permet de comparer ces grandeurs sur une échelle logarithmique, ce qui facilite la comparaison et l'analyse des signaux. Le gain en décibels est une unité logarithmique qui rend plus facile la comparaison des niveaux de signal, en particulier lorsqu'ils varient sur plusieurs ordres de grandeur. Cela simplifie l'analyse des performances du filtre en fournissant une mesure relative du gain.

## VI. LE GAIN

### A. Tracer des courbes (confère papier semi logarithmique)

1- Courbe du gain T en fonction de la fréquence (en échelle log).

Selon la figure ou la courbe obtenue, l'allure de cette courbe est en accord avec la théorie.  **$f_C = 10600\text{Hz}$**  (courbe 1).

2- Courbe du gain  $G_{dB}$  en fonction de la fréquence (en échelle log). (Courbe2)

**3-** Selon la figure ou la courbe obtenue, l'allure de cette courbe est en accord avec la théorie. La fréquence de coupure correspond au point d'intersection d'une droite verticale passant par  $G_{\max} - 3\text{dB}$  et la courbe de Gain. Donc

$$\mathbf{f_C = 10600\text{Hz.}}$$

4- Détermination de la fréquence de coupure  $f_C$ .

### B. Détermination de la constante de temps du circuit.

$$\tau = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{2\pi f_c}$$

$$\tau = \frac{1}{2\pi \times 10600} = 15.10^{-6}$$

## **VII. LE DEPHASAGE**

1. Courbe du déphasage en fonction de la fréquence (en échelle log). (Cf papier semi logarithmique). Selon la figure ou la courbe obtenue, l'allure de cette courbe est en accord avec la théorie. (Courbe 3)
2. Détermination de la fréquence de coupure  $f_c = 10600\text{Hz}$ . La fréquence de coupure est la même que celle des deux dernières. (Cf papier semi logarithmique)

## **VIII. COMPARAISON DES RESULTATS**

En se basant sur les résultats obtenus lors de notre manipulation et les courbes obtenues, on peut dire que l'allure des courbes sont en accords avec l'allure des courbes en théorie. En ce qui concerne la détermination graphique de la fréquence de coupure sur les figures, nous avons utilisé la méthode des tangentes. Pour le gain en décibel, nous avons pu tracer l'asymptote basse fréquence (asymptote horizontale) pour  $f = 0$  et une asymptote haute fréquence (asymptote oblique) pour  $f = \infty$ . **La pente vaut -20dB**. Le point d'intersections des deux droites projetées sur l'axe des fréquences correspond à la fréquence de coupure  $f_c$  environ **10600Hz**. Or en théorie,  $f_c = 1/(2\pi RC) = 10638,7 \text{ Hz}$  d'où sensiblement à celui de la pratique avec  $\tau = 14,96.10^{-6} \approx 15.10^{-6}$ .

## **IX. TYPE DE FILTRE**

D'après l'analyse des courbes en comparaison avec les courbes théoriques, il s'agit du Filtre passe bas. Car il laisse passer les fréquences au-dessous de la fréquence de coupure et atténue celles de hautes fréquences.

## **CONCLUSION**

Au terme de ce travail pratique, nous avons pu vérifier et analyser les performances d'un filtre RC à travers une étude approfondie de sa réponse fréquentielle. Les résultats expérimentaux ont confirmé que le filtre RC agit comme un atténuateur pour les fréquences supérieures à la fréquence de coupure et comme un passe-bas pour les fréquences inférieures. La mesure des caractéristiques telles que le gain et la phase a montré une conformité significative avec les prévisions théoriques, renforçant ainsi notre compréhension du

comportement des circuits RC en fonction de la fréquence. De plus, l'utilisation des outils d'analyse fréquentielle tels que l'oscilloscope et le générateur de fonctions nous a permis d'observer les réponses en amplitude et en phase du filtre RC à différentes fréquences. Cela nous a également aidés à appréhender la notion de déphasage entre le signal d'entrée et le signal de sortie du filtre.

Elle nous a donné l'opportunité de consolider nos connaissances et de mieux appréhender les concepts liés aux filtres RC et à l'analyse fréquentielle, ce qui sera certainement bénéfique pour notre formation académique et notre future carrière dans le domaine de l'ingénierie. En conclusion, ce TP a non seulement illustré les concepts théoriques relatifs au filtre RC, mais a également souligné l'importance de l'analyse fréquentielle dans l'évaluation des performances des filtres en électronique.