

TP24 : Le filtre RC

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- ▷ Mesurer une tension à l'oscilloscope numérique.
- ▷ Produire un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.
- ▷ Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données.
- ▷ Mettre en oeuvre une méthode de mesure de fréquence ou de période.
- ▷ Agir sur un signal électrique à l'aide des fonctions simples suivantes : filtrage, intégration.
- ▷ Passer d'un décalage temporel à un déphasage.
- ▷ Mettre en oeuvre un dispositif illustrant la fonction de filtrage d'un système linéaire.

CAPACITÉS NUMÉRIQUES TRAVAILLÉES :

- ▷ Utiliser la bibliothèque matplotlib pour représenter un nuage de points.
- ▷ Utiliser la bibliothèque matplotlib pour tracer la courbe représentative d'une fonction.

MATÉRIEL :

Boîtes à décades (résistances, capacités), GBF, oscilloscope numérique, fils avec fiches banane, câbles coaxiaux avec adaptateurs BNC-banane

En électronique, l'information sur l'action d'un filtre linéaire sur un signal d'entrée périodique est contenue dans sa fonction de transfert harmonique. Elle peut en être extraite moyennant quelques calculs.

En pratique, la connaissance des diagrammes de Bode en gain et en phase permet de calculer cet effet très rapidement, et de le visualiser pour chaque fréquence simultanément grâce à des lectures graphiques.

Reste à apprendre à obtenir ces diagrammes expérimentalement, ce qui est le but de séance. Nous nous exercerons sur le filtre linéaire non trivial le plus simple : le filtre RC.

PROBLÉMATIQUE :

Comment obtenir expérimentalement les diagrammes de Bode d'un filtre linéaire ?

1 Analyse qualitative du comportement du filtre

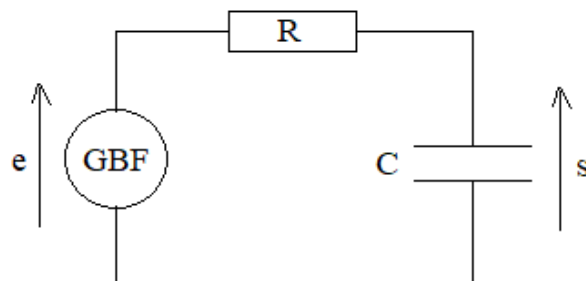


FIGURE 1 – Schéma du filtre RC étudié lors de cette séance

Q1. Prévoir la nature de ce filtre par une analyse qualitative du comportement des dipôles à basse et à haute fréquence.

Q2. Déterminer l'expression de la fonction de transfert \underline{H} de ce filtre ; la mettre sous forme canonique en précisant l'expression du gain statique H_0 et de la pulsation propre ω_0 en fonction des paramètres du circuit.

Q3. Déterminer l'expression du gain et de la phase asymptotiques à basse et à haute fréquence.

1.1 Protocole 1 - Construction et analyse qualitative du filtre

Q4. Recopier le schéma de la figure 1 sur votre compte rendu et y ajouter les branchements de l'oscilloscope qui permettent de mesurer simultanément la tension d'entrée e et la tension de sortie s .

- Construire le filtre RC en tenant compte de votre réponse à la question Q4, régler la valeur de la résistance sur $R = 1,6 \text{ k}\Omega$ et celle de la capacité sur $C = 100 \text{ nF}$.
- Régler le générateur de signaux basse fréquence pour qu'il délivre un signal sinusoïdal d'amplitude $E = 5,0\text{V}$, de fréquence $f = 10 \text{ Hz}$. Appeler l'enseignant pour qu'il valide vos branchements et réglages.
- Faire varier la fréquence du signal d'entrée entre 10 Hz et 10 kHz et observer comment varie le signal de sortie.

Q5. En vous appuyant sur vos observations, décrire qualitativement à basse puis à haute fréquence l'effet du filtre sur :

- a) la fréquence du signal ;
- b) l'amplitude du signal ;
- c) la phase à l'origine du signal.

Vérifier l'accord avec votre réponse à la question Q3.

2 Analyse quantitative du comportement du filtre

Q6. Déterminer l'expression théorique du gain en décibel et de la phase.

Q7. Proposer un protocole pour mesurer les grandeurs nécessaires à l'élaboration des diagrammes de Bode expérimentaux. Appeler l'enseignant pour validation.

Q8. Mettre en œuvre le protocole pour des fréquences du signal d'entrée de 10, 100, 500, 1000, 2000 et 10 000 Hz. Vous regrouperez les résultats de vos mesures et des calculs nécessaires pour les exploiter sous forme de tableau.

Remarque potentiellement utile : on rappelle que

$$\log_{10}(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}.$$

Q9. Compléter et exécuter le programme Python fourni en annexe (téléchargeable sur Cahier de Prépa) pour vérifier l'accord entre les diagrammes de Bode théoriques et expérimentaux. Appeler l'enseignant pour validation.

Q10. En vous appuyant sur le diagramme de Bode théorique, prévoir le comportement du filtre pour un signal d'entrée de fréquence $f = 200 \text{ Hz}$. Vérifier ensuite l'accord avec l'expérience.

Q11. Rappeler la définition de la fréquence de coupure du filtre, déterminer sa valeur théoriquement puis vérifier l'accord avec l'expérience.

3 Comportement intégrateur

Q12. En vous appuyant sur l'expression de la fonction de transfert harmonique du filtre, déterminer dans quel domaine de fréquence (basse ou haute ?) ce circuit se comporte comme un **intégrateur**.

Q13. Proposer un protocole expérimental pour mettre en évidence le caractère intégrateur du filtre. Vous choisirez astucieusement la forme du signal d'entrée. Mettre en œuvre ce protocole et appeler l'enseignant pour validation.

4 Annexe - Script Python à compléter

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
f=[.....]
G=[.....]
phi=[.....]
ftest=np.linspace(0,10000,1000)
freq0=.....
def g(freq) :
    return 1/np.sqrt(1+freq**2/freq0**2)
def deph(freq) :
    return -np.arctan(freq/freq0)
Gtest=g(ftest)
phitest=deph(ftest)

plt.subplot(2,1,1)
plt.plot(ftest,Gtest,'b-')
plt.plot(f,G,'r+')
plt.xscale("log")
plt.xlabel("f(Hz)")
plt.ylabel("G")

plt.subplot(2,1,2)
plt.plot(ftest,phitest,'b-')
plt.plot(f,phi,'k+')
plt.xscale("log")
plt.xlabel("f(Hz)")
plt.ylabel("phi(rad)")
plt.show()
```

