

Travaux pratiques du chapitre : 1.2. Oscillateurs



Objectif : Mettre en œuvre un oscillateur quasi-sinusoidal et analyser les spectres des signaux générés.

Partie : 1 Électronique

-  à faire à la maison
-  contexte et intérêt
-  matériel à disposition
-  protocole expérimental à suivre
-  calculs, tracés et interprétations des mesures
-  calculs, traitements, tracés numériques
- ... à compléter par une expression littérale

1 Étude du filtre de Wien

1.1 Objectif

Dans cette partie nous allons étudier un filtre passe-bande du second ordre que nous utiliserons ensuite dans un oscillateur quasi-sinusoidal.

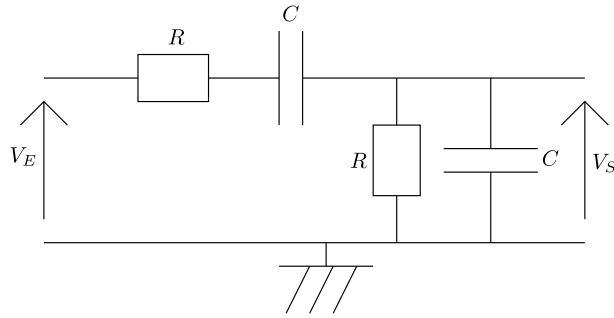
Pour caractériser ce filtre nous allons tracer son diagramme de Bode en gain.

1.2 Dispositifs

1. Deux condensateurs de 10 nF
2. Deux résistances de 10 k Ω
3. Un générateur basse fréquence GBF
4. Un oscilloscope
5. Une plaque de connexion

1.3 Protocole

1. Faites le montage du filtre à pont de Wien :



avec $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$.

2. Branchez le GBF de manière à imposer la tension V_E et branchez l'oscilloscope de manière à mesurer les tensions V_E et V_S .
3. Réglez le GBF de manière à ce que V_E soit un signal sinusoïdal d'amplitude 5 V et de fréquence f que l'on fera varier plus tard.
4. Pour f allant de 100 Hz à 1 kHz par pas de 200 Hz, mesurer les amplitudes des signaux V_E et de V_S à l'aide des curseurs de l'oscilloscope.
On fera attention à noter les incertitudes sur les mesures d'amplitude.
Puis faire de même pour f allant de 1 kHz à 10 kHz par pas de 2 kHz.
5. Gardez le montage de côté, il sera utile en partie 3.

1.4 Analyse

On cherche à comparer nos mesures à un tracé du diagramme de Bode en gain.

1.  Montrez que la fonction de transfert d'un filtre à pont de Wien est de la forme :

$$\underline{H} = \frac{G_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} \quad (1)$$

Et déterminez G_0 , Q , ω_0 .

...

2. Calculez la valeur numérique de la pulsation propre théorique ω_0 à partir des composants choisis. Puis calculez l'abscisse du diagramme de Bode pour les valeurs mesurées. On exprimera l'abscisse x en échelle logarithmique en fonction de la fréquence f utilisé et de ω_0 la pulsation propre théorique précédente.
3. L'ordonnée du diagramme de Bode pour les valeurs mesurées est exprimée en décibels.
 Exprimez le gain en décibels G_{dB} en fonction des amplitudes des tensions d'entrée V_E et de sortie V_S .

...

(2)

Comme la propagation des incertitudes n'est pas évidente à travers cette formule, nous allons utiliser une méthode de Monte-Carlo pour calculer la valeur de G_{dB} ainsi que son incertitude associée.

4. Écrivez une fonction `GdB_Monte_Carlo` qui prend en argument N le nombre de tirage au sort, V_E , σ_{V_E} , V_S , σ_{V_S} et retourne en sortie la valeur de G_{dB} et son incertitude $\sigma_{G_{dB}}$.

```
def GdB_Monte_Carlo(N,amp_V_E,sigma_amp_V_E,amp_V_S,sigma_amp_V_S) :

    GdB_rand = np.zeros(N) # initialise une liste de N zeros ,
    N sera le nombre de tirage au sort

    for i in range(N): # effectue N tirage au sort
        V_S_rand = np.random.normal(V_S,sigma_V_S) # tire au sort
        une valeur de V_S selon une loi normale
        V_E_rand = np.random.normal(V_E,sigma_V_E) # tire au sort
        une valeur de V_E selon une loi normale
        GdB_rand[i] = # a completer

    return (np.mean(GdB_rand),np.std(GdB_rand)) # retourne la valeur
    moyenne et l'ecart-type
```

5. Utilisez la fonction précédente pour calculer les valeurs de G_{dB} ainsi que les incertitudes associées $\sigma_{G_{dB}}$.
6. A l'aide de la fonction de transfert du filtre $\underline{H}$ nous pouvons estimer le modèle théorique du gain $G_{dB,th}$.

🏠. Exprimez le gain théorique en décibels $G_{dB,th}$ en fonction des paramètres du filtre G_0 , Q , ω_0 et ω .

... (3)

puis comparez en traçant sur un graphique mesures et modèle.

2 Étude de l'amplificateur non inverseur

2.1 🎯. Objectif

Dans cette partie nous allons étudier un amplificateur non-inverseur qui nous permettra d'entretenir les oscillations aux bornes du filtre passe-bande précédent.

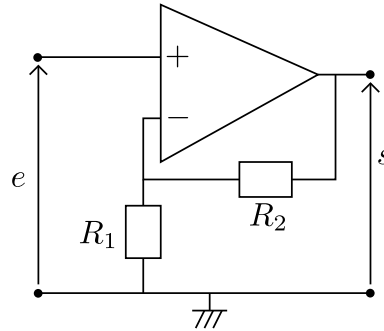
Pour caractériser cet amplificateur, nous allons mesurer sa caractéristique et son gain à la fréquence d'utilisation dans l'oscillateur quasi-sinusoïdal.

2.2 🛠️. Dispositifs

1. Deux boîtes à décade de résistance
2. Une plaquette à ALI avec son alimentation
3. Un générateur basse fréquence GBF
4. Un oscilloscope

2.3 ≡. Protocole

1. Avant toutes choses et pour toute la durée du TP, un ALI doit être alimenté donc commencez par brancher l'alimentation de l'ALI.
2. Faire le montage de l'amplificateur non-inverseur :



avec $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$.

3. Réglez et branchez le GBF de manière à ce que le signal d'entrée e soit un signal sinusoïdal d'amplitude maximale 10 V et de fréquence $f = 120 \text{ Hz}$. Puis branchez l'oscilloscope de manière à mesurer les tensions d'entrée e et de sortie s .
4. A l'aide du mode XY de l'oscilloscope, visualisez la caractéristique $s(e)$ du montage.
5. Mesurez sur la caractéristique du montage ses tensions de saturation $V_{sat}^{\pm}$ ainsi que les tensions d'entrée à partir desquelles elles sont atteintes $V_0^{\pm}$.
On notera également les incertitudes de mesures.
6. Réglez le GBF de manière à ce que le signal d'entrée e soit un signal sinusoïdal dont l'amplitude reste dans le régime linéaire et de fréquence $f = f_R$ la fréquence de résonance du montage à pont de Wien.
7. Puis mesurez à l'oscilloscope les amplitudes des tensions d'entrée et de sortie.
On notera également les incertitudes de mesures.
8. Gardez le montage de côté, il sera utile pour la partie 3.

2.4 ✂. Analyse

1. A l'aide des mesures effectuées à basse fréquence sur la caractéristique $s = f(e)$ du montage nous pouvons en déduire son gain en régime statique A_0 .

🏠. Schématisez le graphique attendu pour s en fonction de e .

Puis exprimez A_0 (gain statique) en fonction de V_{sat}^+ , V_{sat}^- (tensions de sortie de saturation), V_0^+ , V_0^- (tensions d'entrées seuils à partir de laquelle il y a saturation).

...

La formule de propagation des erreurs n'étant pas évidente à nouveau, déterminez la valeur mesurée du gain statique A_0 ainsi que son incertitude σ_{A_0} par une méthode de Monte-Carlo.

```

A0_rand = np.zeros(N)

for i in range(N):
    V_sat+_rand = np.random.normal(V_sat_+,sigma_V_sat_+)
    V_sat-_rand = np.random.normal(V_sat_-,sigma_V_sat_-)
    V_0+_rand = np.random.normal(V_0_+,sigma_V_0_+)
    V_0-_rand = np.random.normal(V_0_-,sigma_V_0_-)
    A0_rand[i] = # a compléter

A0 = np.mean(A0_rand)
sigma_A0 = np.std(A0_rand)

print(A0,sigma_A0)

```

2. 🏠. Déterminez théoriquement l'expression de $A_{0,th}$ en fonction de R_2 et R_1

...

Comparez la valeur expérimentale A_0 à la valeur issue du modèle $A_{0,th}$ l'écart normalisé z :

$$z = \frac{|A_0 - A_{0,th}|}{\sigma_{A_0}} \quad (4)$$

3. A l'aide des amplitudes des tensions d'entrée et de sortie $|e|$ et $|s|$ mesurée à la fréquence de résonance du filtre précédent, nous pouvons estimer le gain A de l'amplificateur.

🏠. Exprimez le gain A de l'amplificateur en fonction des amplitudes d'entrée $|e|$ et de sortie $|s|$.

...

(5)

L'incertitude sur le gain de l'amplificateur σ_A s'exprime en fonction de $|e|$, $|s|$, $\sigma_{|e|}$ et $\sigma_{|s|}$ selon :

$$\sigma_A = A \sqrt{\left(\frac{\sigma_{|s|}}{|s|}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{|e|}}{|e|}\right)^2} \quad (6)$$

Comparez à l'aide de l'écart normalisé z les mesures de gain statique et à la fréquence de travail :

$$z = \frac{|A_0 - A|}{\sqrt{\sigma_{A_0}^2 + \sigma_A^2}} \quad (7)$$

3 Étude de l'oscillateur à pont de Wien

3.1 🎯. Objectif

Dans cette partie nous allons étudier l'oscillateur quasi-sinusoidal constitué du filtre et de l'amplificateur précédent dans un système bouclé.

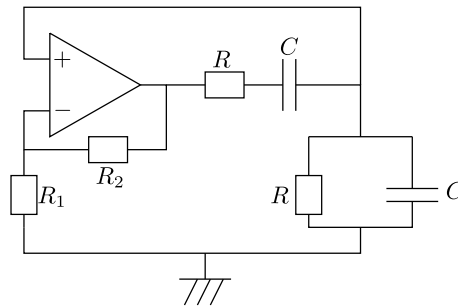
Puis nous allons caractériser son fonctionnement en mesurant les conditions de son démarrage, la fréquence des signaux obtenus, le spectre et la forme des différents signaux en fonction de ses paramètres de fonctionnement.

3.2 ✂. Dispositifs

1. Un filtre à pont de Wien
2. Un amplificateur non inverseur
3. Un oscilloscope

3.3 ≡. Protocole

1. Bouclez les deux montages précédents (sans GBF) tels que $e = V_S$ et $s = V_E$:



2. Branchez l'oscilloscope de manière à mesurer les tensions V_E et V_S .
3. Fixez la valeur de $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ et faites varier la valeur de la résistance R_2 par pas de $10 \text{ }\Omega$ autour de $20 \text{ k}\Omega$ pour déterminer la valeur de R_2 à laquelle apparaissent les oscillations sinusoïdales de V_E et V_S .
On notera la valeur de R_2 critique mesurée ainsi que son incertitude de mesure.
4. Pour la plus petite valeur de R_2 faisant apparaître les oscillations, mesurez les amplitudes $|V_E|$ et $|V_S|$, la période T des signaux. Puis observez qu'ils sont bien en phase.
On notera les incertitudes associées à chaque mesure.
5. Visualisez les spectres de V_E et V_S à l'oscilloscope.
6. Modifiez la valeur de R_2 pour observer une saturation nette du montage amplificateur non-inverseur. Puis visualisez les spectres de V_E et V_S à l'oscilloscope.
7. Mesurez à l'aide du mode single de l'oscilloscope la naissance des oscillations, en augmentant progressivement la valeur de R_2 de sous le seuil à au-dessus du seuil de démarrage des oscillations $R_{2,min}$.
8. En supposant que l'enveloppe des oscillations au démarrage est exponentielle mesurez le temps caractéristique de leurs apparitions τ en relevant la durée à 63% de leur apparitions.

3.4 ✂. Analyse

1. Calculez le gain minimal A_{min} obtenu pour l'apparition des oscillations sinusoïdales à partir de R_1 et de la mesure $R_{2,min}$
Ainsi que l'incertitude associée $\sigma_{A_{min}}$:

$$\sigma_{A_{min}} = \frac{\sigma_{R_{2,min}}}{R_1} \quad (8)$$

🏠. Déterminez la valeur théorique attendue $A_{min,th}$ pour le gain minimal d'apparition des oscillations

...

Puis comparez ce résultat à la prédiction du modèle $A_{min,th}$ avec l'écart normalisé z :

$$z = \frac{|A_{min} - A_{min,th}|}{\sigma_{A_{min}}} \quad (9)$$

2. Calculez le rapport r des amplitudes des tensions d'entrée $|V_E|$ et de sortie $|V_S|$ dans le cas quasi-sinusoïdal ainsi que l'incertitude associée σ_r .

r et σ_r s'expriment en fonction de $|V_E|$, $|V_S|$, $\sigma_{|V_E|}$, $\sigma_{|V_S|}$.

$$r = \frac{|V_S|}{|V_E|} \quad (10)$$

$$\sigma_r = r \sqrt{\left(\frac{\sigma_{|V_S|}}{|V_S|}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{|V_E|}}{|V_E|}\right)^2} \quad (11)$$

Puis comparez ce rapport au gain de l'amplificateur à l'aide de l'écart normalisé

$$z = \frac{|r - A_{min}|}{\sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_{A_{min}}^2}} \quad (12)$$

3. Calculez la fréquence des signaux mesurés

$$f = \frac{1}{T} \quad (13)$$

ainsi que l'incertitude associée :

$$\sigma_f = f * \frac{\sigma_T}{|T|} \quad (14)$$

Puis comparez cette fréquence à la fréquence de résonance du filtre à pont de Wien $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ à l'aide de l'écart normalisé

$$z = \frac{|f - f_0|}{\sigma_f} \quad (15)$$

4. La durée caractéristique de l'évolution de l'enveloppe de démarrage des oscillations est celle du facteur exponentielle dans la forme des solutions de V_E et V_S .

🏠. Établir l'équation différentielle vérifiée par V_E ou V_S (choix) lors du démarrage des solutions.

En déduire la forme des solutions associées, ainsi que la constante de temps caractéristique τ_{th} de l'enveloppe exponentielle en fonction de Q , ω_0 , G_0 et A_{min} .

...

Comparez la valeur mesurée à la valeur théorique à l'aide d'un écart normalisé :

$$z = \frac{|\tau - \tau_{th}|}{\sigma_\tau} \quad (16)$$