TP n°16 Electronique: Oscillateur à pont de Wien

Matériel à disposition:

- Un module contenant un montage constitué d'un amplificateur (non inverseur : $4,7\ k\Omega$ + potentiomètre $10\ k\Omega/22\ k\Omega$), et de deux ponts de Wien $RC?(R//C)$ au choix: ($R = 3,3\ k\Omega$, $C = 4,7\ nF$) ou ($R = 47\ \Omega$; $C = 330\ nF$).
- Une alimentation stabilisée +15V/masse/-15V.
- Un GBF
- Un oscilloscope numérique

1 Montage

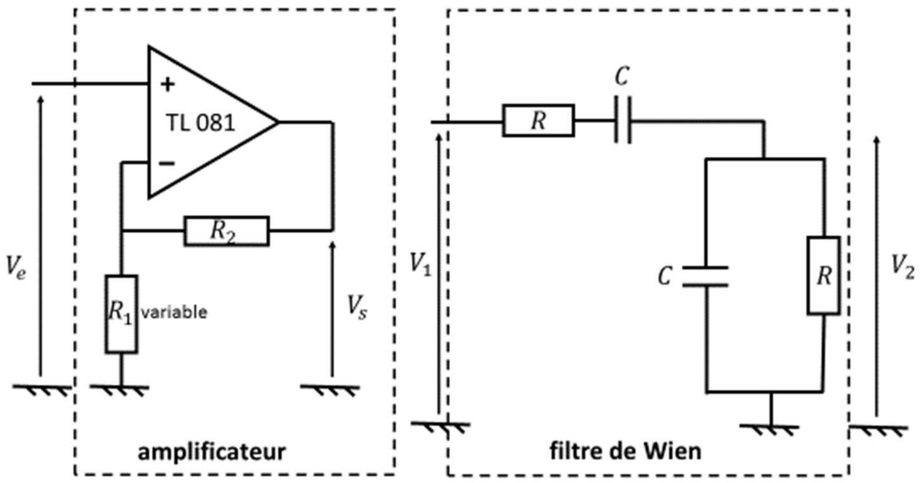

Figure 1: Oscillateur à filtre de Wien

Important: **avant toute chose, alimenter le montage par l'alimentation stabilisée +15V/masse/-15V**

NB : les quelques questions théoriques du sujet sont à traiter avant la séance de TP.

2 Etude de l'amplificateur seul

Manipulation:

- Alimenter le montage amplificateur par une tension sinusoïdale et observer simultanément les tensions $V_e(t)$ et $V_s(t)$. On limitera la fréquence du signal d'entrée à $0 \leq f \leq 50kHz$.
- Montrer expérimentalement que dans cet intervalle de fréquences, la fonction de transfert associée à l'amplificateur peut être considérée comme réelle et indépendante de la fréquence f. On notera par la suite $\dfrac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}} = G$.
- En agissant sur la résistance variable, déterminer les valeurs G_{min}, G_{max} de G. Observer l'existence d'un domaine linéaire de l'amplificateur, pour lequel $V_s = GV_e$, et d'un domaine de saturation (non linéaire), pour lequel $|\underline{V_s}| < V_{sat}$. Mesurer V_{sat}.
- Une étude théorique de l'amplificateur permet d'établir $G = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$ dans le domaine linéaire. Ceci est-il cohérent avec les mesures précédentes?

3 Etude du filtre de Wien seul

On travaille sur le filtre de Wien dont les composants valent : $R = 3,3\ k\Omega$, $C = 4,7\ nF$. On note $\underline{(H)}(j\omega) = \dfrac{\underline{V_2}}{\underline{V_1}}$ la fonction de transfert associée à ce filtre.

Questions:

1. Déterminer sans calcul la nature (passe bas, passe haut, etc..) de ce filtre.

2. Montrer que la fonction de transfert peut s'écrire sous la forme:

$$\frac{H_0}{1+jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

et donner l'expression de H_0, ω_0, et Q en fonction de R et C.

3. Quelle est la fréquence pour laquelle la fonction de transfert ?$\underline{H}(j\omega)$ est réelle ? Que vaut le gain à cette fréquence ?

4. Etablir le lien entre Q, la fréquence f_0 et la bande passante à $-3dB\,\Delta f$ du circuit résonnant.

Manipulation:

- Déterminer expérimentalement la fréquence propre $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ de ce filtre. Mesurer également le gain maximum du filtre.
- Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer Q.

4 Etude du bouclage «amplificateur - filtre de Wien» en régime permanent

On connecte la sortie de l'amplificateur sur l'entrée du filtre, et la sortie du filtre sur l'entrée de l'amplificateur, selon le schéma bloc suivant:

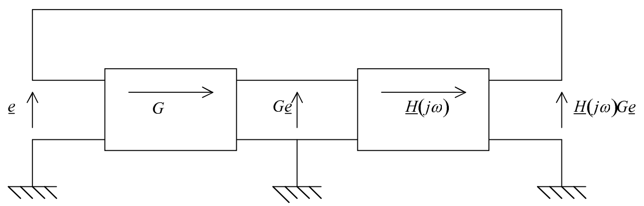

Figure 2: Schéma bloc du montage bouclé

NB: dans ce montage, aucun signal n'est envoyé dans le circuit en dehors de l'alimentation continu de l'ALI $+15\,V, 0\,V, -15\,V$.

On suppose dans un premier temps qu'on est en régime sinusoïdal forcé pour la tension e.

Questions:

Montrer que l'existence du signal $\underline{e}$ n'est possible que si G et $\underline{H}(j?)$ vérifient une condition à préciser. En déduire alors la valeur de la pulsation ω ainsi que celle du gain de l'amplificateur G dans ce cas.

Manipulation:

- Réaliser le bouclage et modifier la valeur du gain G pour voir apparaitre les oscillations. Régler le potentiomètre de manière à se placer au plus petit gain G_0 qui permette l'observation d'un signal périodique.
- Mesurer G_0 et ω et les comparer aux valeurs théoriquement attendues.
- Faire varier la valeur de G et observer que les signaux ne sont plus rigoureusement harmoniques pour $G > G_0$. Observer V_1, V_2 et expliquer pourquoi l'un des deux semble plus sinusoïdal que l'autre.
- Pour quantifier cet écart au signal harmonique, on introduit le taux de distorsion harmonique τ_{DH} défini par:

$$\tau_{DH} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} c_n^2}{c_1^2}}$$

où c_n est l'amplitude du DSF de la n$^{\text{ième}}$ harmonique du signal considéré.
Mesurer τ_{DH} pour V_1 et V_2 dans chacun des cas G_0 et G_{max}.

5 Etude du bouclage «amplificateur - filtre de Wien» en régime transitoire

L'observation de signaux non nuls pour $G \neq G_0$ n'est pas bien expliquée par l'étude précédente. Pour mieux comprendre ce phénomène, on s'intéresse au régime transitoire d'établissement des tensions V_1 et V_2.

Questions:

Montrer que l'évolution de la tension $V_1(t)$ est régie par l'équation différentielle:

$$\frac{d^2V_1(t)}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q}(1-GH_0)\frac{dV_1(t)}{dt} + \omega_0^2 V_1(t) = 0$$

et préciser les allures des signaux de sorties pour $G = G_0$,$G < G_0$ et $G > G_0$. Pour $G > G_0$, quel phénomène vient limiter l'amplitude des oscillations de V_1? Montrer dans ce dernier cas que le temps caractéristique τ d'établissement des oscillations est donné par:

$$\tau = \frac{2Q}{(GH_0-1)\omega_0}$$

Manipulation:

- Régler le gain à une valeur $G > G_0$ compatible avec un régime d'oscillations quasi-sinusoïdales. Court-circuiter l'entrée de l'amplificateur et la masse. Régler l'oscilloscope numérique (en mode single) de manière à acquérir le régime transitoire d'établissement des oscillations. Retirer le court-circuit et enregistrer ce régime transitoire de manière aussi satisfaisante que possible. On devra obtenir un tracé du type:

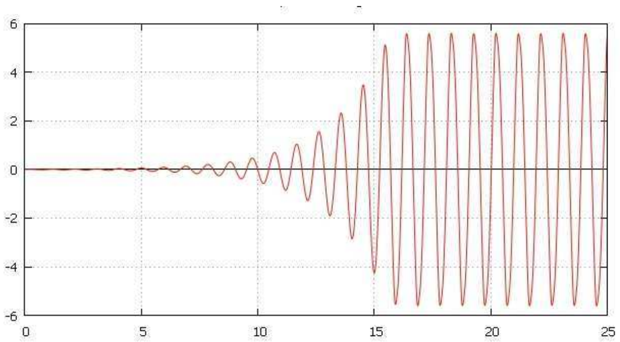

Figure 3: Démarrage des oscillations

- Faire le relevé d'une série de couples de valeurs (t, maximum de la fonction d'enveloppe du signal $f(t)$), et estimer l'incertitude pour chaque valeur de $f(t)$. Réaliser un tracé de $\ln[f(t)]$ en fonction du temps. Commenter le résultat obtenu, qualitativement et quantitativement. En déduire une mesure du temps τ d'établissement des oscillations et déterminer l'incertitude associée à l'aide du code fourni que vous complèterez. Comparer à la valeur attendue.

Listing 1:

```python
import numpy as np
from numpy import random as rd

t=np.arange(0,....,....) #à compléter
f=np.array([........]) #à compléter
lnf=np.log(f)
uf=np.array([..........])  #à compléter
ulnf=(1/f)*uf # tableau des incertitudes sur ln(f)
N=len(f)

nbsim=int(1e5)
tab_a=np.zeros((nbsim),dtype=float)
tab_b=np.zeros((nbsim),dtype=float)

######### Lancement des nbsim simulations ##########
for i in range(nbsim):
  mlnf=rd.normal(np.lnf,uf) # grace aux tableaux numpy on traite les N tirages de la simulation i en une seule commande
  a,b=np.polyfit(t,mlnf,1) # on réalise la régression linéaire sur les données de la simulation i en cours
  tab_a[i],tab_b[i]=a,b #on stocke les valeurs de a et b pour la simulation i en cours

a_sim,b_sim=np.mean(tab_a),np.mean(tab_b)
u_a,u_b=np.std(tab_a,ddof=1),np.std(tab_b,ddof=1) # on calcule l'incertitude type sur a et b
print("Valeur de la pente simulée: a_sim={0} F".format(a_sim))
print(r"L'incertitude type sur la pente vaut: u(a)={0} F".format(u_a))
print("Valeur de l'ordonnée à l'origine simulée: b_sim={0} s".format(b_sim))
print(r"L'incertitude type sur l'ordonnée à l'origine vaut: u(b)={0} s".format(u_b))
```