TP oscillateur quasi- sinusoïdal

I. Montage amplificateur

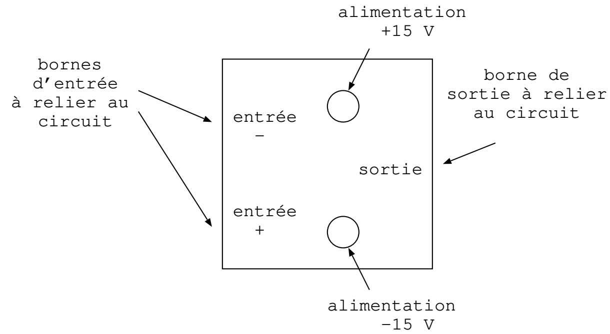
Le montage que l'on souhaite réaliser utilise un Amplificateur Linéaire Intégré nommé ALI. L'ALI comprend:

- deux bornes d'alimentation $+15\ V$ et $-15\ V$ (respectivement les plots rouge et vert sur le boîtier)

- une borne d'entrée inverseuse notée $-$

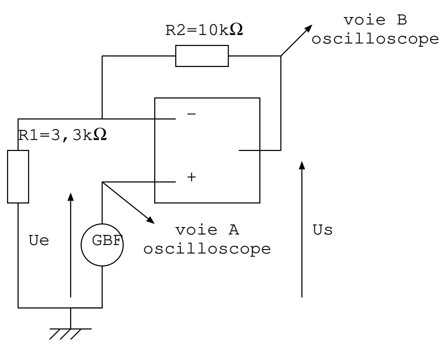
- une borne d'entrée non inverseuse notée $+$

- une borne de sortie



Le boîtier de l'ALI doit se placer au centre de quatre carrés de potentiels différents et il doit être alimenté en $+15\ V$ (borne d'alimentation rouge au dessus du boîtier) et $-15\ V$ (borne d'alimentation verte au dessus du boîtier). Attention de ne pas confondre les bornes d'alimentation (au dessus du boîtier) et les bornes d'entrée + et − qui sont reliés au circuit électrique. Allumer l'alimentation (cela protège l'ALI d'éventuelles mauvaises manipulations) et penser à relier la masse de l'alimentation à la masse du montage.

Réaliser le montage suivant sur **la partie gauche de la plaquette**:



Observer les tensions d'entrée et de sortie (forme, amplitude, déphasage) et mesurer le rapport des amplitudes de la sortie sur l'entrée soit $\dfrac{U_s}{U_e}$ lorsque le montage est alimenté par:

- une tension sinusoïdale de fréquence $f = 100\ Hz$ et d'amplitude $2\ V$

- une tension triangulaire de fréquence $f = 100\ Hz$ et d'amplitude $3\ V$

Comparer $\dfrac{U_s}{U_e}$ à $1 + \dfrac{R_2}{R_1}$. Quelle opération réalise ce montage?

Le montage est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence $f = 100\ Hz$ et d'amplitude $2\ V$. Augmenter l'amplitude de la tension d'entrée jusqu'à $6\ V$ et vérifiez que vous observez une saturation de la tension de sortie. Mesurer la valeur de la tension de saturation basse notée V_{min} et la valeur de la tension de saturation haute notée V_{max}. Les comparer aux tensions d'alimentation de l'ALI.

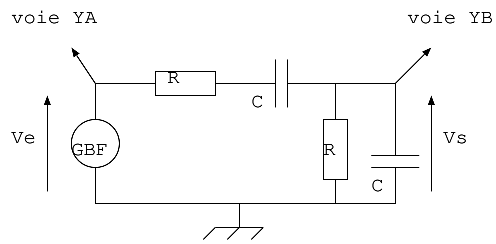
Faire de même avec une tension triangulaire.

Conclusion : lorsque les tensions d'entrée et de sortie sont proportionnelles, on dit que l'ALI fonctionne en régime linéaire. Pour ce montage appelé amplificateur non inverseur, en régime linéaire on $\dfrac{U_s}{U_e} = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$.

Ne pas démonter le circuit, enlever juste les câbles BNC banane reliés au GBF et aux voies A et B de l'oscilloscope.

II. **Filtre de Wien**

Réaliser le filtre de Wien ci-dessous avec $R = 10\ k\Omega$ et $C = 100\ nF$ **sur la partie droite de la plaquette:**



La fonction de transfert de ce filtre est de la forme $\underline{H} = \dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e} = \dfrac{H_0}{1 + jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$. Déduire de cette expression la nature du filtre. Que représentent ω_0? Q? H_0?

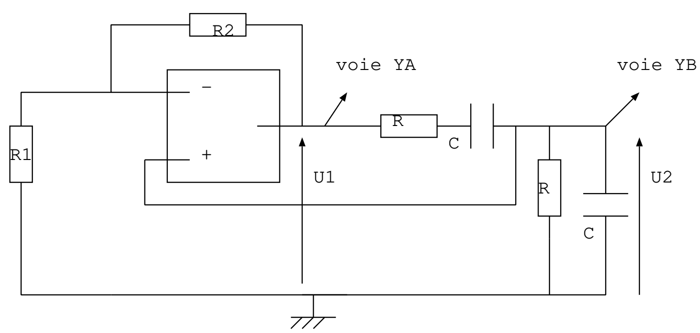
Faire varier la fréquence du signal délivré par le GBF pour vérifier la nature du filtre.

Réaliser les manipulations nécessaires pour trouver les valeurs numériques de H_0, ω_0 et Q.

Ne pas démonter le circuit, enlever juste les câbles BNC banane reliés au GBF et aux voies A et B de l'oscilloscope.

III. **Oscillateur à pont de Wien**

Réaliser l'oscillateur à pont de Wien suivant avec $R = 10\ k\Omega$, $C = 100\ nF$, $R_1 = 2\ k\Omega$, et R_2 est une résistance variable (boite à décades).



Observer les tensions U_1 et U_2 quand vous faites varier R_2 de 1 $k\Omega$ à 10 $k\Omega$ par pas de 1 $k\Omega$. IL existe une résistance R_2 limite à partir de laquelle des oscillations prennent naissance. Ajuster au mieux la valeur de R_2 pour trouver la résistance limite qui permet d'observer des oscillations de forme la plus sinusoïdale possible. Mesurer: la fréquence de ces oscillations, le rapport $\dfrac{U_2}{U_1}$ et le déphasage de U_2 par rapport à U_1. Lire la valeur de R_2 correspondante et calculer $A = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$. Observer le spectre de U_1. Commenter ces résultats.

Augmenter la valeur de R_2, constater que la tension U_2 est de plus en plus écrêtée (la tension de sortie croît jusqu'à la tension de saturation de l'ALI), et que les oscillations de U_1 sont de moins en moins sinusoïdales (c'est pourquoi on parle d'oscillateur "quasi" sinusoïdal). Observer le spectre de U_1.

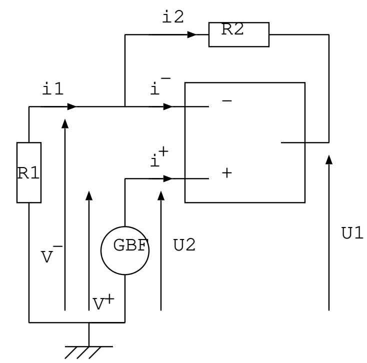
Constater que l'amplitude des oscillations dépend de la valeur de R_2 choisie, qui fixe les non linéarités du montage.

Ce montage permet d'obtenir à peu de frais un générateur d'oscillations sinusoïdales : peut-on régler à volonté l'amplitude de ces oscillations ?

D'où vient l'énergie nécessaire à entretenir ces oscillations ?

IV. **Théorie**

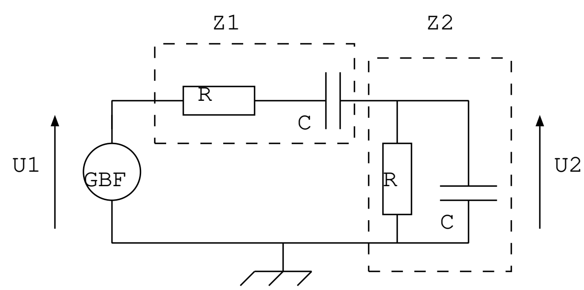
1. *Montage à ALI*



L'ALI est tel que ses courants d'entrée i^+ et i^- sont négligeables, on prend $i^+ = i^- = 0$. En régime linéaire, les tensions d'entrée V^+ et V^- sont égales.

Exprimer V^+ et V^- en fonction de R_1, R_2, U_e et U_s (quelle relation y a-t-il entre i_1 et i_2?). Appliquer la relation $V^+ = V^-$ pour en déduire que $U_1 = AU_2$ en régime linéaire. Exprimer A en fonction de R_1 et R_2.

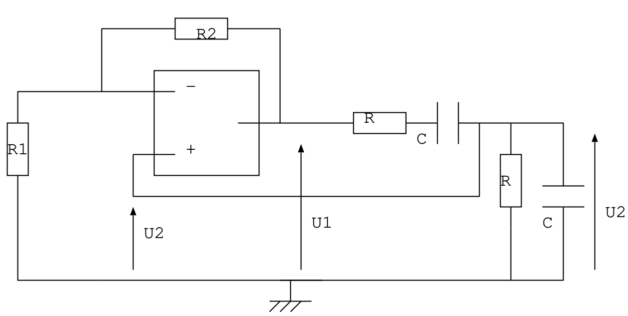
2. *Filtre de Wien*



Exprimer l'impédance $\underline{Z}_1$ et l'admittance Y_2. Montrer que la fonction de transfert s'écrit $\underline{H} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{1}{1+\underline{Z}_1\underline{Y}_2}$ et en déduire que la fonction de transfert du filtre se met sous la forme $\underline{H} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{H_0}{1+jQ(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega})}$. Exprimer Q, H_0 et ω_0 en fonction de R et C.

Déduire de la fonction de transfert l'équation différentielle vérifiée par $U_2(t)$. Cette équation contient un second membre qui dépend de $U_1(t)$.

3. *Oscillateur quasi-sinusoidal*



Déduire des questions précédentes qu'en régime linéaire $U_2(t)$ vérifie une équation différentielle de la forme: $\frac{d^2U_2}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q}(1-AH_0)\frac{dU_2}{dt} + \omega_0^2 U_2 = 0$

Dans quel cas observe-t-on des oscillations harmoniques?

Conclusion:

Le montage à ALI est un montage amplificateur : la tension de sortie est en phase avec la tension d'entrée et la tension de sortie est A fois plus grande que la tension d'entrée.

Le filtre sert à sélectionner une fréquence. La fréquence sélectionnée est celle pour laquelle les tensions d'entrée et de sortie sont en phase (pour s'accorder avec le montage amplificateur). A cette fréquence la tension de sortie est plus faible que la tension d'entrée.

On observe des oscillations harmoniques lorsque l'amplification du montage à ALI compense l'amortissement lié au filtre.

Les oscillations naissent des défauts du montage qui font que les tensions ne sont pas tout à fait nulles.

V. **Simulation sous python**

Lorsque l'ALI fonctionne en régime linéaire (soit lorsque $|U_1| < V_{sat}$), on montre que la tension U_2 vérifie l'équation différentielle:

$$\frac{d^2U_2}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q}(1 - AH_0)\frac{dU_2}{dt} + \omega_0^2 U_2 = 0$$

Pour étudier la tension $U_2(t)$ en fonction de la valeur de A, on cherche à résoudre l'équation différentielle vérifiée par $U_2(t)$. Pour cela on propose d'utiliser la méthode d'Euler. La méthode d'Euler ne permet pas de résoudre directement des équations différentielles d'ordre 2. Pour contourner la difficulté, il est nécessaire de ruser en introduisant une deuxième fonction inconnue égale à la dérivée première. On est alors ramené à un système différentiel formé de deux équations du premier ordre, auxquelles on peut appliquer le schéma d'Euler.

On pose $V_2 = \dfrac{dU_2}{dt}$, on doit alors résoudre le système: $V_2 = \dfrac{dU_2}{dt}$ et $\dfrac{dV_2}{dt} = -\dfrac{\omega_0}{Q}(1 - H_0 A)V_2 - \omega_0^2 U_2$.

1. On note τ le pas de temps.

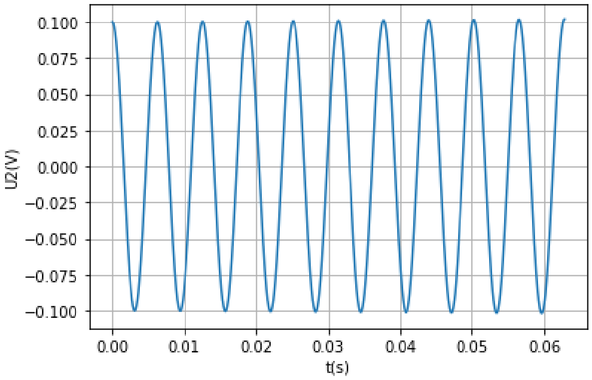
Exprimer $V_2(t+\tau)$ en fonction de $V_2(t)$, τ et $\dfrac{dV_2}{dt}$, puis en fonction de $V_2(t)$, τ, ω_0, Q, H_0, A et $U_2(t)$.

Exprimer $U_2(t+\tau)$ en fonction de $U_2(t)$, τ et $\dfrac{dU_2}{dt}$, puis en fonction de $V_2(t)$, τ et $U_2(t)$.

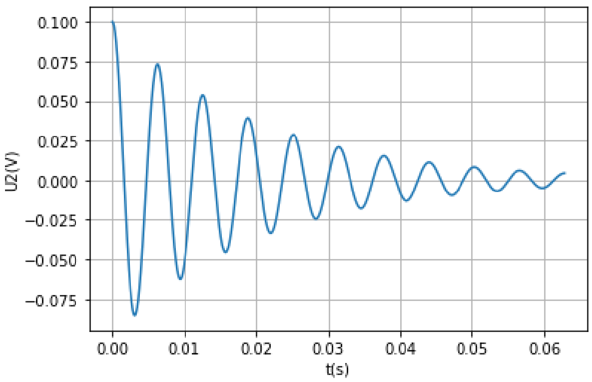
2. On donne le script suivant:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
Q,H0,R,C=1/3,1/3,10**4,10**(-7)
omega0=1/(R*C)
T0=2*np.pi/omega0
pas=T0/10000
epsilon=0.1
N=100000
def euler(A):
——U2=[epsilon]
——V2=[0]
——t=[0]
——for i in range(N):
————-t.append(t[i]+pas)
————-U2.append(U2[i]+pas*V2[i])
————-V2.append(V2[i]+pas*(-omega0**2*U2[i]-omega0/Q*(1-H0*A)*V2[i]))
——return t,U2
A=....
a=euler(A)[0]
b=euler(A)[1]
plt.plot(a,b)
plt.grid()
plt.show()
```

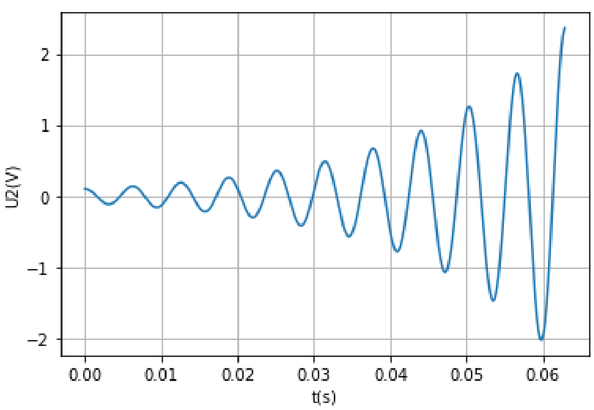
Lire et expliquer ce que réalise la fonction euler. L'exécution du programme donne les courbes suivantes pour $A = 2,5$, $A = 2,9$, $A = 3$ et $A = 3,1$. Identifier chacune des courbes. Pour la courbe correspondant à un régime harmonique, mesurer la période et vérifier la cohérence avec les valeurs numériques.



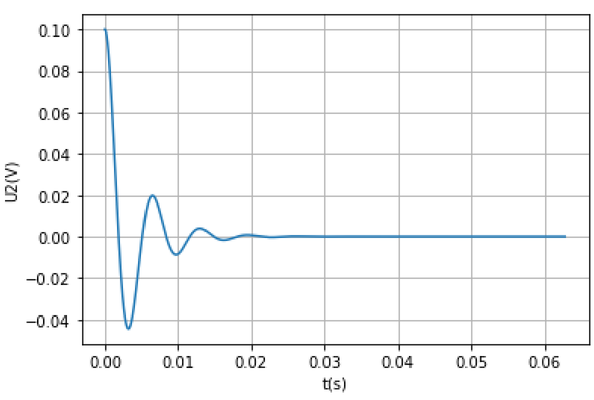
U2(V)
t(s)



U2(V)
t(s)



U2(V)
t(s)



U2(V)
t(s)