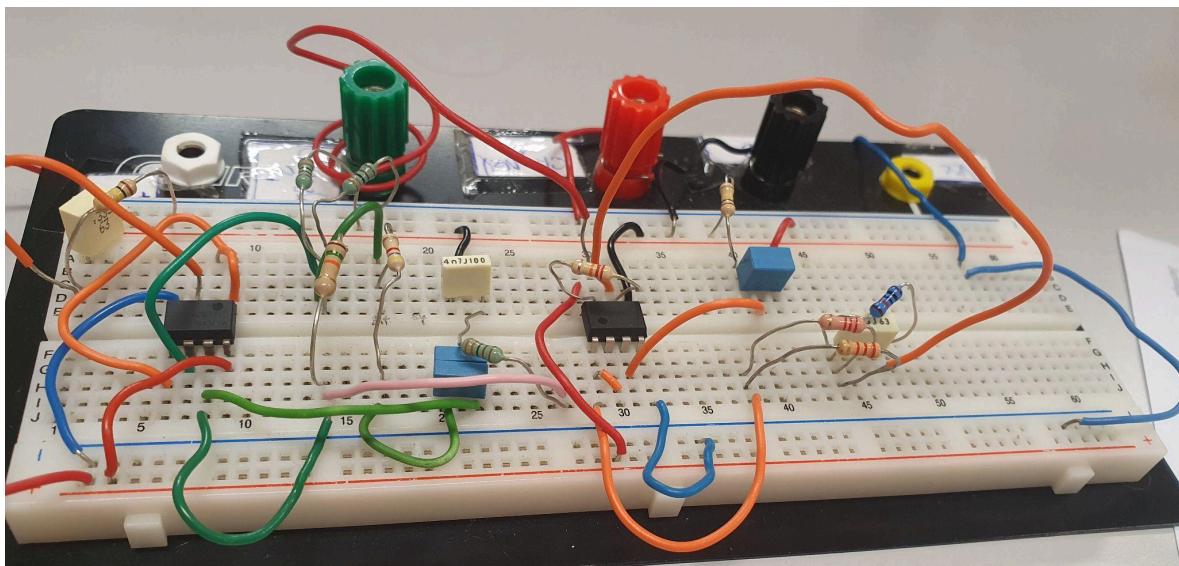


Projet électronique

Bass Boost



Sommaire:

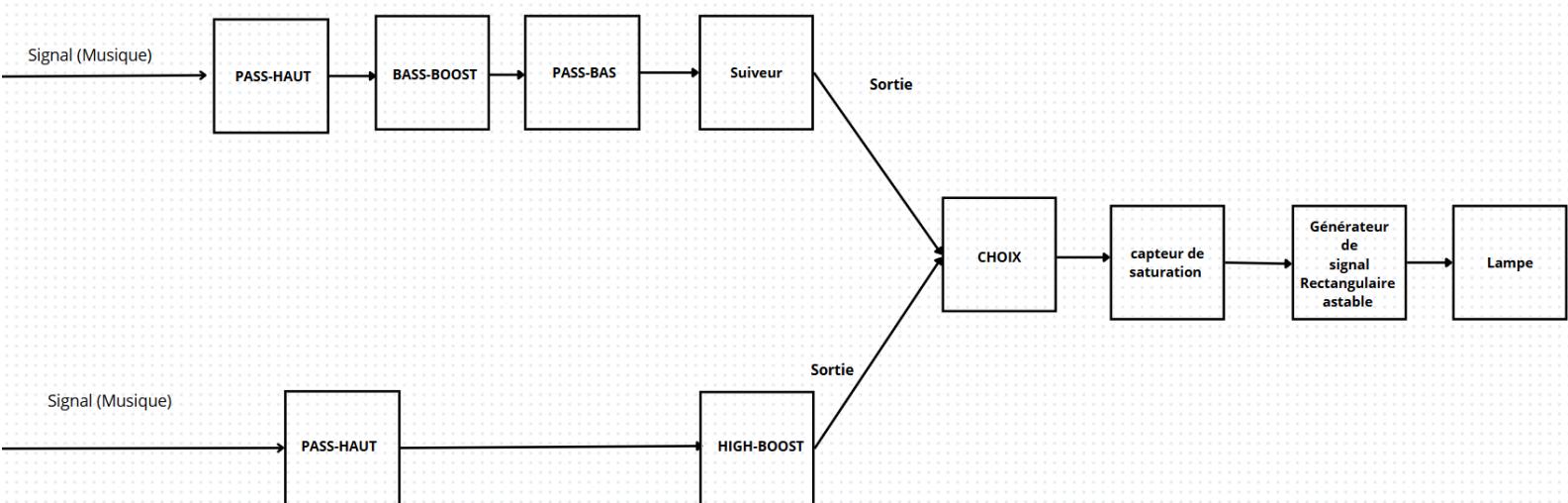
<u>Introduction</u>	P4
<u>Schéma fonctionnel complet</u>	P4
<u>Étude complète du bloc Pass haut (Tv1)</u>	
Schémas.....	P5
Calculs théorique.....	P6
Dimensionnement des composants.....	P7
Chronogramme.....	P8
Diagrammes de bode.....	P8
Résultats de la simulation.....	P9
Résultats des mesures.....	P10
Résultats des tests.....	P11
<u>Etude complète du bloc pass bas + $1+jw/w_0$</u>	
Schémas.....	P11
Calculs théorique.....	P13
Dimensionnement des composants.....	P16
Chronogrammes.....	P18
Caractéristiques de transfert.....	P19
Diagrammes de bode.....	P19
Résultats de la simulation.....	P20
Résultats des mesures.....	P22
Résultats des tests.....	P24
<u>Etude complète du bloc pass bas</u>	
Schémas.....	P25
Calculs théorique.....	P25
Dimensionnement des composants.....	P26
Chronogrammes.....	P27
Diagrammes de bode.....	P27
Résultats de la simulation.....	P28
Résultats des mesures.....	P29
Résultats des tests.....	P30

<u>Etude complète du bloc high boost.....</u>	
Schémas.....	P32
Calculs théorique.....	P34
Dimensionnement des composants.....	P35
Chronogrammes.....	P36
Caractéristiques de transfert.....	P37
Diagrammes de bode.....	P38
Résultats des mesures.....	P39
Résultats des tests.....	P42
<u>Etude complète du bloc choix.....</u>	
Schémas.....	P43
Caractéristiques de transfert.....	P43
Résultats des mesures.....	P44
Résultats des tests.....	P45
<u>Résultats des simulations des mesures et des tests complets.....</u>	
Schémas.....	P45
Chronogrammes.....	P46
Caractéristiques de transfert.....	P46
Diagrammes de bode.....	P47
Résultats de la simulation.....	P48
Résultats des mesures.....	P50
Résultats des tests.....	P54
<u>Conclusion.....</u>	P54

Introduction:

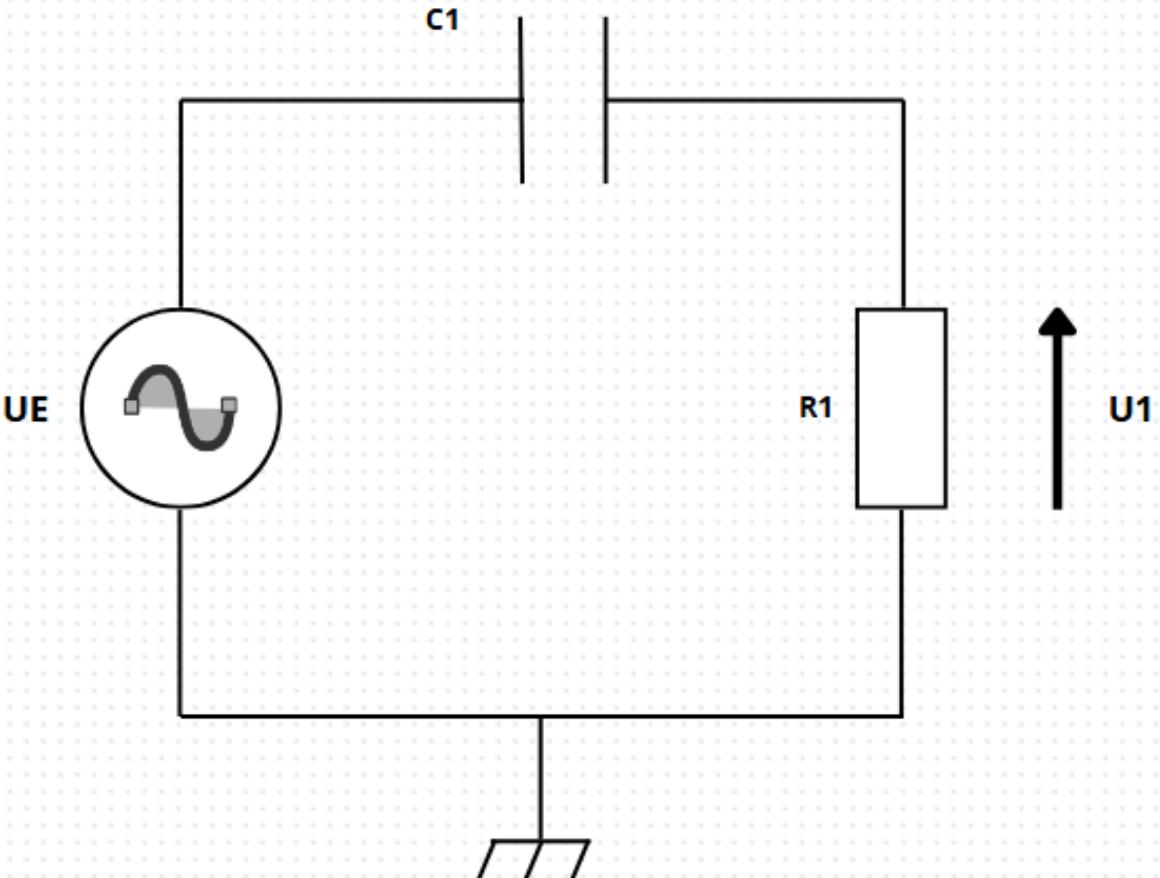
Dans le cadre de la première année en BUT GEII à l'IUT d'Annecy, nous avons dû réaliser comme projet d'électronique un filtre Bass-Boost. C'est un filtre qui consiste à amplifier les basses fréquences (5 Hz - 20 kHz) d'un signal et d'en atténuer les hautes fréquences (>20 kHz).

Schéma fonctionnel complet :



Etude complète du bloc pass haut (TV1) :

Schéma :



C'est un filtre pass haut du premier ordre qui permet de couper la composante continue et d'amplifier les fréquences de plus de 5 hz.

Calculs Théoriques :

$$\underline{TV0} = \frac{\underline{U1}}{\underline{US}}$$

$$\Leftrightarrow \underline{U1} = \frac{\underline{UE} \cdot R_1}{R_1 + \frac{1}{JC_1 \omega_1}}$$

$$\Leftrightarrow \underline{TV0} = \frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{JC_1 \omega_1}}$$

$$\Leftrightarrow \underline{TV0} = \frac{\frac{R_1}{1 + R_1 JC_1 \omega_1}}{JC_1 \omega_1}$$

$$\Leftrightarrow \underline{TV0} = \frac{R_1 JC_1 \omega_1}{1 + R_1 JC_1 \omega_1}$$

Donc la fonction de transfert associée est :

$$\underline{TV0} = \frac{\frac{Jf}{f_0}}{1 + \frac{Jf}{f_0}}$$

Dimensionnement des composants:

Par identification on remarque que:

$$\frac{J\omega}{\omega_0} = R_1 J C_1 \omega$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\omega_0} = R_1 C_1$$

$$\Leftrightarrow \omega_0 = \frac{1}{R_1 C_1}$$

$$\Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2 \cdot \text{Pi} R_1 C_1}$$

On considère que R_1 est égale à $100 \text{ k}\Omega$.

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \text{Pi} R_1 C_1}$$

$$\Leftrightarrow 5 = \frac{1}{2 \cdot \text{Pi} 100 \text{ 000} C_1}$$

$$\Leftrightarrow C_1 = \frac{1}{10 \cdot \text{Pi} 100 \text{ 000}}$$

$$\Leftrightarrow C_1 = 300 \text{nF}$$

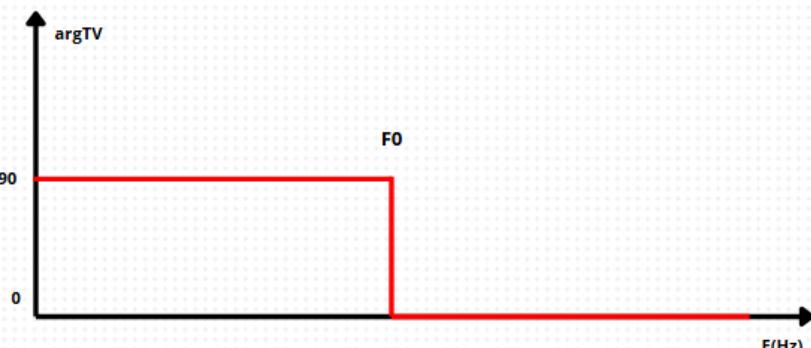
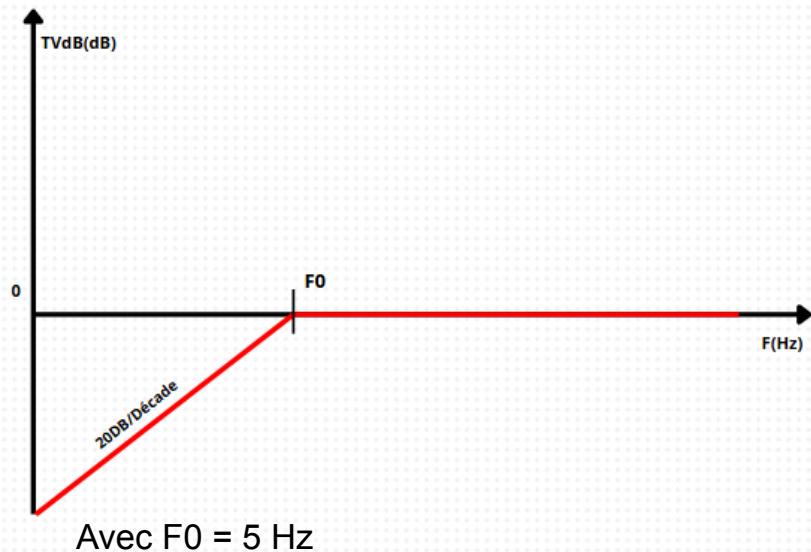
Donc on choisit $C_1 = 330 \text{nF}$.

Chronogrammes :

Pour faire nos tests sur le montage RC nous avons choisis d'utiliser un signal sinusoïdal d'amplitude crête à crête de 7v et de fréquence [3 Hz;50 Hz].



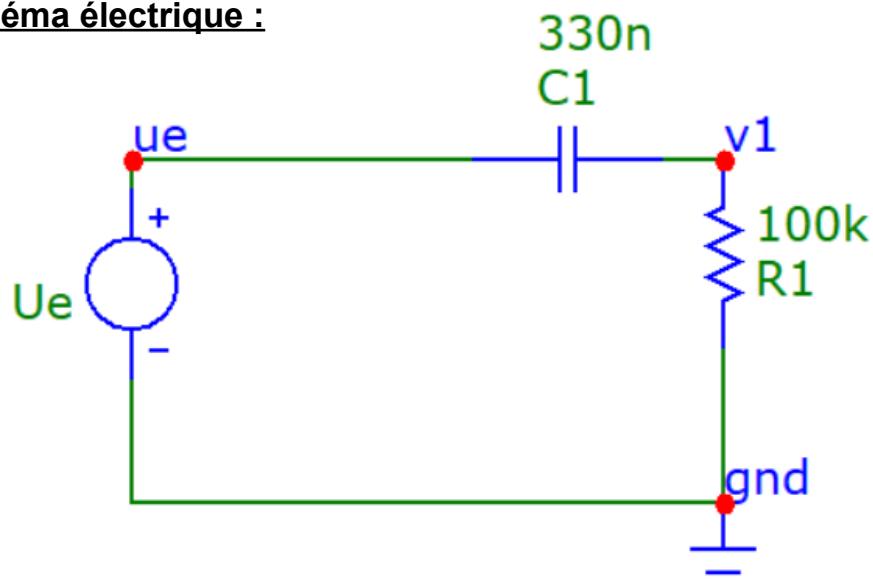
Diagrammes de Bodes :



Résultats de la simulation:

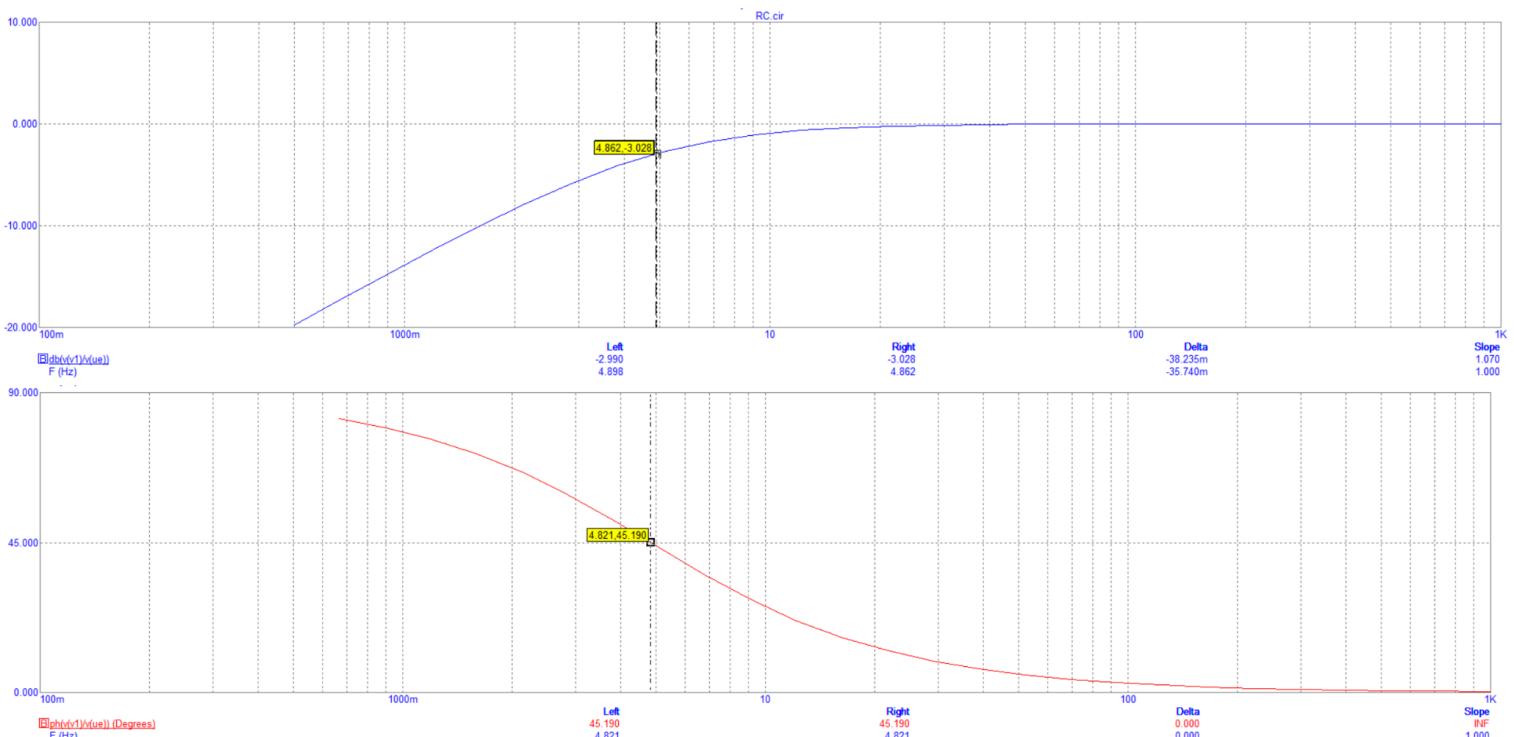
Pour la simulation de ce filtre RC, nous avons utilisé le logiciel MC9 (utilisé en TP).

Schéma électrique :



Avec : ue → Tension d'entrée
 v1 → Tension de sortie

Résultats de la simulation :



Sur la simulation, on obtient un déphasage de 90° et une amplification de 0 db et une fréquence de coupure de 4.8 Hz comme prévue théoriquement.

Résultats des mesures:



A 49,9Hz:

On mesure $V_{\text{entrée}} = 6.8 \text{ V}$

$V_{\text{sortie}} = 6.4 \text{ V}$

$$\text{Donc } A_0 = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 6.4 / 6.8 = 0.94 \approx 1$$



$$f_{\text{mesurée}} = 1/T = 1/0,36 = 2,77 \text{ Hz}$$

On mesure $V_{\text{entrée}} = 6.8 \text{ V}$

$V_{\text{sortie}} = 2,8 \text{ V}$

$$A_{2.77\text{Hz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 2,8 / 6,8 = 0,41$$

Quand on a $A_0 - 3\text{Db} \Rightarrow 0.70$

Donc quand $V_{\text{sortie}} = 2.4V$
 On obtient $f_{\text{cmesurée}} = 5,82\text{Hz}$

Résultats des tests:

Donc on remarque qu'à $10F_0 \Rightarrow 50\text{Hz}$ on obtient un coefficient d'amplification à peu près égale à 1 et le pourcentage d'erreur correspond à :

$$\text{Erreur} = 1 - (A_{\text{mesurée}} / A_{\text{théorique}}) = 1 - (0.94 / 1) \Rightarrow 6\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.
 On obtient donc le fonctionnement voulu.

$A \approx 3 \text{ Hz}$, on remarque que le coefficient d'amplification est inférieur à 1.
 On obtient bien le fonctionnement escompté.

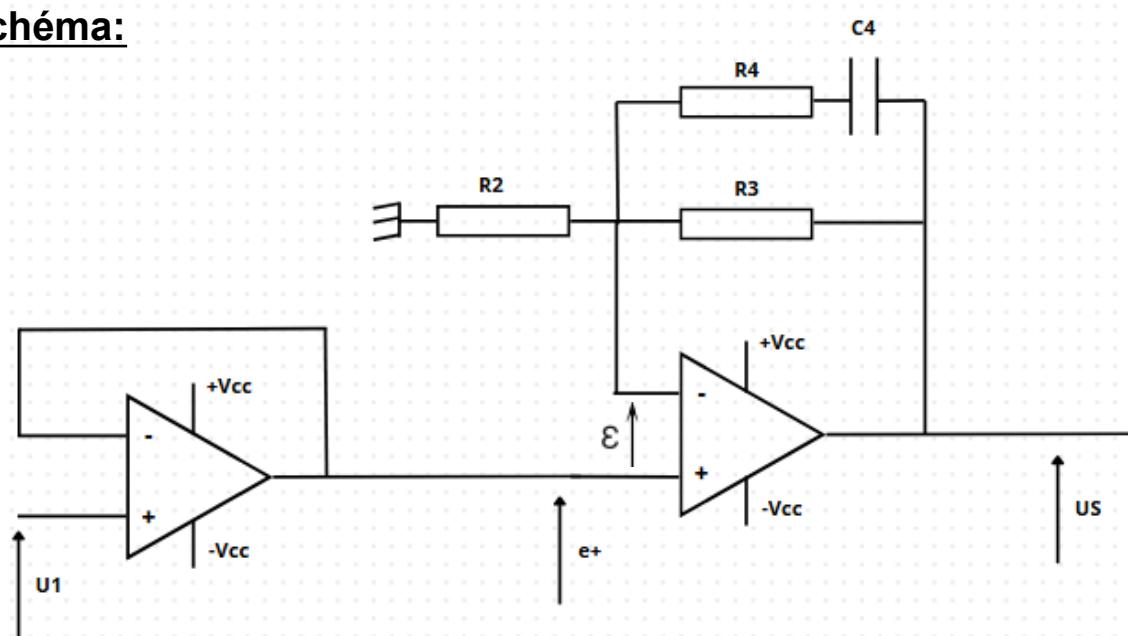
Enfin, $f_{\text{cmesurée}} = 5,82 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - (f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}}) = 1 - (5,82 / 5) \Rightarrow 16\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.
 On a donc le fonctionnement attendu.

Etude complète du bloc pass bas + $1+jw/w_0(TV2)$:

Schéma:



On a ajouté un suiveur afin que le montage 2 n'influence pas le montage 1. Le montage 2 est composé de deux filtres, un filtre pass bas + un filtre de la forme $1+jw/w_0$. Cela afin de faire la deuxième partie du bass-boost.

Schéma à basses fréquences :

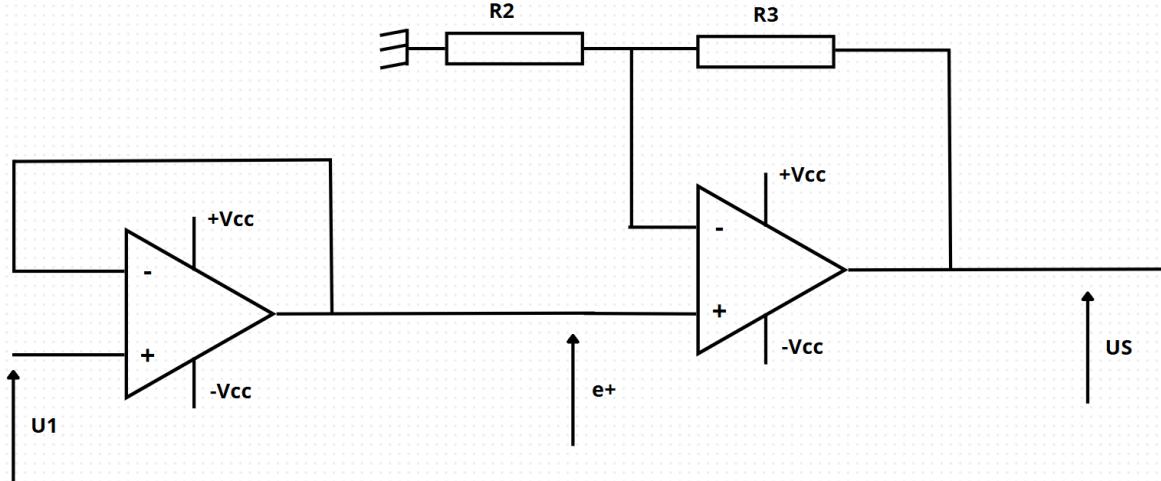
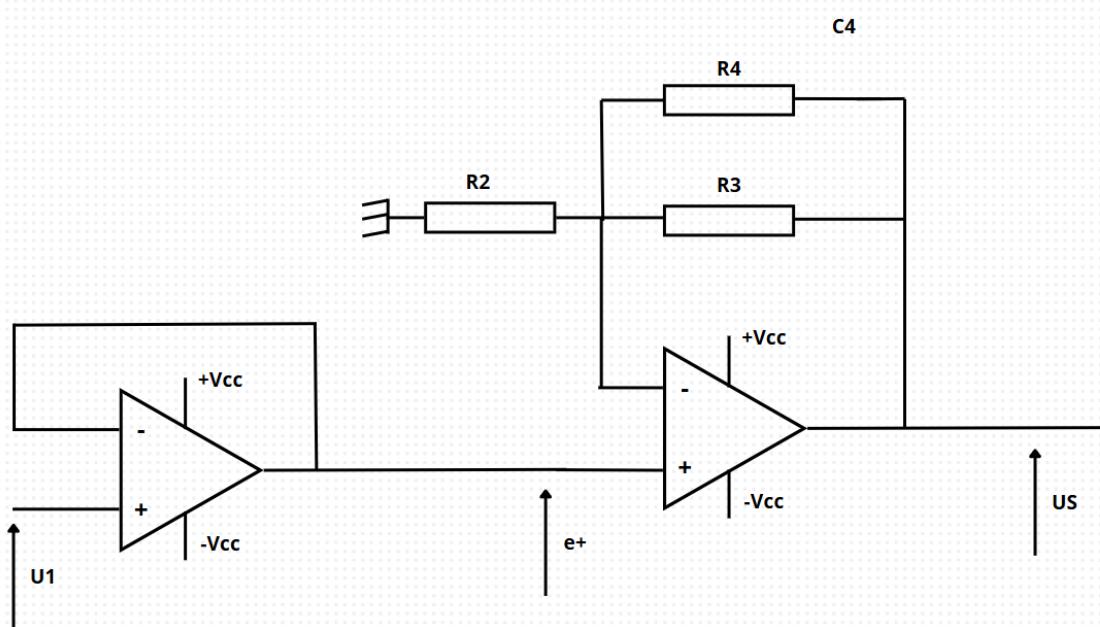


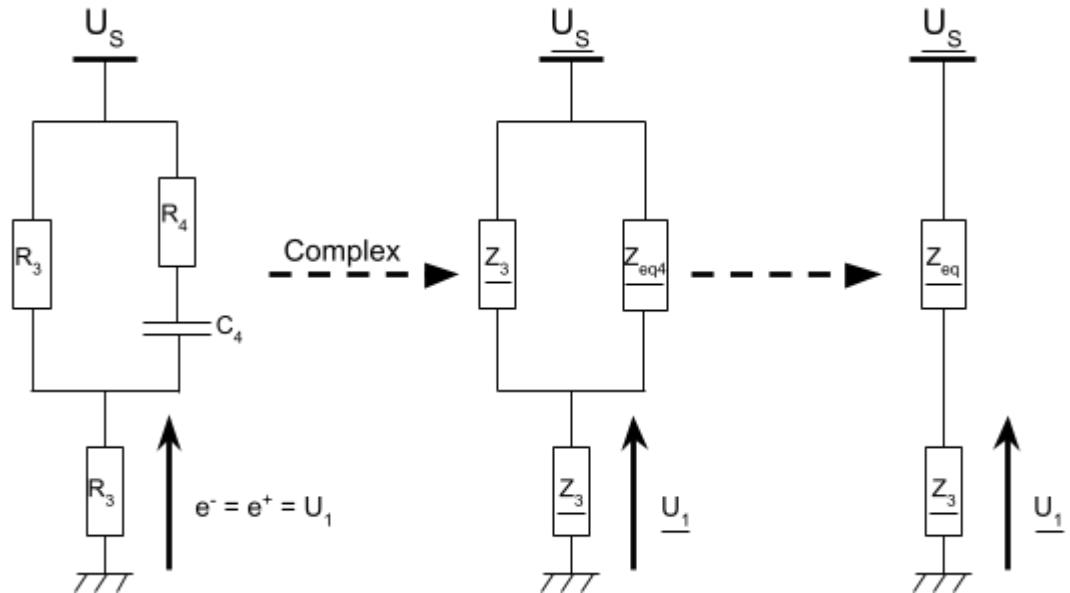
Schéma à hautes fréquences :



Calculs Théoriques :

Ce filtre est un amplificateur non inverseur.

Donc $\Sigma = 0$ $e^+ = e^-$



$$\underline{Z_{eq4}} = R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4}$$

$$\underline{Z_{eq}} = \frac{\underline{Z_3} \cdot \underline{Z_{eq4}}}{\underline{Z_3} + \underline{Z_{eq4}}}$$

$$\text{donc, } e^- = \underline{U_s} \cdot \frac{\underline{Z_3} \cdot \underline{Z_{eq4}}}{\underline{Z_3} + \underline{Z_{eq4}}}$$

$$\Leftrightarrow e^- = \underline{U_s} \cdot \frac{\underline{Z_2}}{\underline{Z_2} + \frac{\underline{Z_3} \cdot \underline{Z_{eq4}}}{\underline{Z_3} + \underline{Z_{eq4}}}}$$

$$\Leftrightarrow e^- = \underline{U_s} \cdot \frac{\underline{Z_2}}{\underline{Z_2} + \frac{\underline{Z_3} \cdot \left(R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4} \right)}{\underline{Z_3} + \left(R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4} \right)}}$$

$$\text{Et } e^+ = \underline{U_1}$$

or $e^+ = e^-$

$$\Leftrightarrow U_1 = \frac{Us \cdot \frac{Z2}{Z3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4} \right)}}{Z2 + \frac{Z3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4} \right)}{Z3 + \left(R_4 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_4} \right)}}$$

$$\xrightarrow{\text{Transformé de Laplace}} U_1(p) = Us(p) \cdot \frac{R_2}{R_2 + \frac{R_3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}{R_3 + \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}}$$

$$\text{Or on cherche } T v_2(p) = \frac{Us(p)}{U_1(p)}$$

$$\text{donc } T v_2(p) = \frac{R_2 + \frac{R_3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}{R_3 + \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow T v_2(p) = \frac{R_2 + \left(R_3 + R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right) + R_3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}{R_2 \left(R_3 + R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}$$

$$1 + \frac{R_3 \cdot \left(R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}{R_2 \left(R_3 + R_4 + \frac{1}{p \cdot C_4} \right)}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) =$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{R_3 \cdot \left(\frac{1 + p \cdot R_4 \cdot C_4}{p \cdot C_4} \right)}{1 + \frac{R_2 \left(\frac{1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4)}{p \cdot C_4} \right)}{}}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{R_3 \cdot (1 + p \cdot R_4 \cdot C_4)}{1 + \frac{R_2 (1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4))}{}}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{R_2 (1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4)) + R_3 (1 + p \cdot R_4 \cdot C_4)}{R_2 (1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4))}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{R_2 + R_2 \cdot R_3 \cdot p \cdot C_4 + R_4 \cdot R_2 \cdot p \cdot C_4 + R_3 + p \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot C_4}{R_2 + R_2 \cdot p \cdot C_4 \cdot R_3 + R_2 \cdot p \cdot C_4 \cdot R_4}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{R_2 + R_3 + p \cdot C_4 (R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_3 \cdot R_4)}{R_2 + p \cdot C_4 (R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4)}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\text{TV}_2}(\text{p}) = \frac{(R_2 + R_3)}{R_2} \cdot \frac{\left(1 + p \cdot C_4 \cdot \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_3 \cdot R_4}{R_2 + R_3} \right)}{(1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4))}$$

Or $\underline{\text{TV}_2} = A_2 \cdot \underline{\text{TV}_{21}} \cdot \underline{\text{TV}_{22}}$

Forme normalisée de TV_2 :

$$\underline{\text{TV}_2} = A_2 \cdot \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_{22}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_{21}}} \right)$$

Donc par identification :

$$A_2 = \frac{R_2 + R_3}{R_2}$$

$$TV_{21}(p) = \frac{1}{1 + p \cdot C_4 \cdot (R_3 + R_4)}$$

$$TV_{22}(p) = \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_3 \cdot R_4}{1 + p \cdot C_4 \cdot \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_3 \cdot R_4}{R_2 + R_3}}$$

Dimensionnement des composants:

$$\text{On sait que } A_2 = \frac{R_2 + R_3}{R_2}$$

$$\text{Donc } R_3 = A_2 R_2 - R_2$$

$$R_3 = 10^{\frac{20}{20}} \cdot 1670 - 1670$$

$$R_3 = 15 \text{ k}\Omega$$

On cherche C_4 , donc par identification :

$$j \cdot \frac{\omega}{\omega_{21}} = j \cdot \omega \cdot C_4 \cdot (R_2 + R_3)$$

$$\Leftrightarrow f_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_4 \cdot (R_2 + R_3)}$$

$$\Leftrightarrow C_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot (R_2 + R_3)}$$

Pour trouver C_4 , il nous faut R_4 , donc par identification :

$$j \cdot \frac{\omega}{\omega_{22}} = j \cdot \omega \cdot C_4 \cdot \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_3 \cdot R_4}{R_2 + R_3}$$

$$\Leftrightarrow f_4 = \frac{(R_2 + R_3)}{2 \cdot \pi \cdot (R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4) \cdot C_4}$$

On remplace C_4 :

$$\Leftrightarrow f_4 = \frac{(R_2 + R_3)}{2 \cdot \pi \cdot (R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4) \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot (R_2 + R_3)}}$$

$$\Leftrightarrow f_4 = \frac{f_3 \cdot (R_3 + R_4)(R_2 + R_3)}{(R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4)}$$

$$\Leftrightarrow f_4 \cdot (R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4) = f_3 \cdot (R_3 + R_4)(R_2 + R_3)$$

$$\Leftrightarrow f_4 \cdot R_2 \cdot R_3 + f_4 \cdot R_2 \cdot R_4 + f_4 \cdot R_3 \cdot R_4 = (f_3 \cdot R_3 + f_3 \cdot R_4)(R_2 + R_3)$$

$$\Leftrightarrow f_4 \cdot (R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4) - f_3 \cdot R_4 \cdot (R_2 + R_3) = f_3 \cdot R_3 \cdot (R_2 + R_3) - f_4 \cdot R_2 \cdot R_3$$

$$\Leftrightarrow R_4 = \frac{f_3 \cdot R_3 \cdot (R_2 + R_3) - f_4 \cdot R_2 \cdot R_3}{(f_4 \cdot R_2 + f_4 \cdot R_3 - f_3 \cdot R_2 - f_3 \cdot R_3)}$$

$$\Leftrightarrow R_4 = \frac{f_3 \cdot R_3 \cdot (R_2 + R_3) - f_4 \cdot R_2 \cdot R_3}{(f_4 - f_3) \cdot (R_2 + R_3)}$$

$$R_4 = \frac{250 \cdot 15000 \cdot (1670 + 15000) - 800 \cdot 1670 \cdot 15000}{(800 - 250) \cdot (1670 + 15000)}$$

↔

$$\Leftrightarrow R_4 = 4632 \Omega \rightarrow \text{Soit, } 4700 \Omega \text{ dans la série E12}$$

Donc on trouve pour C_4 :

$$C_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot (R_3 + R_4)}$$

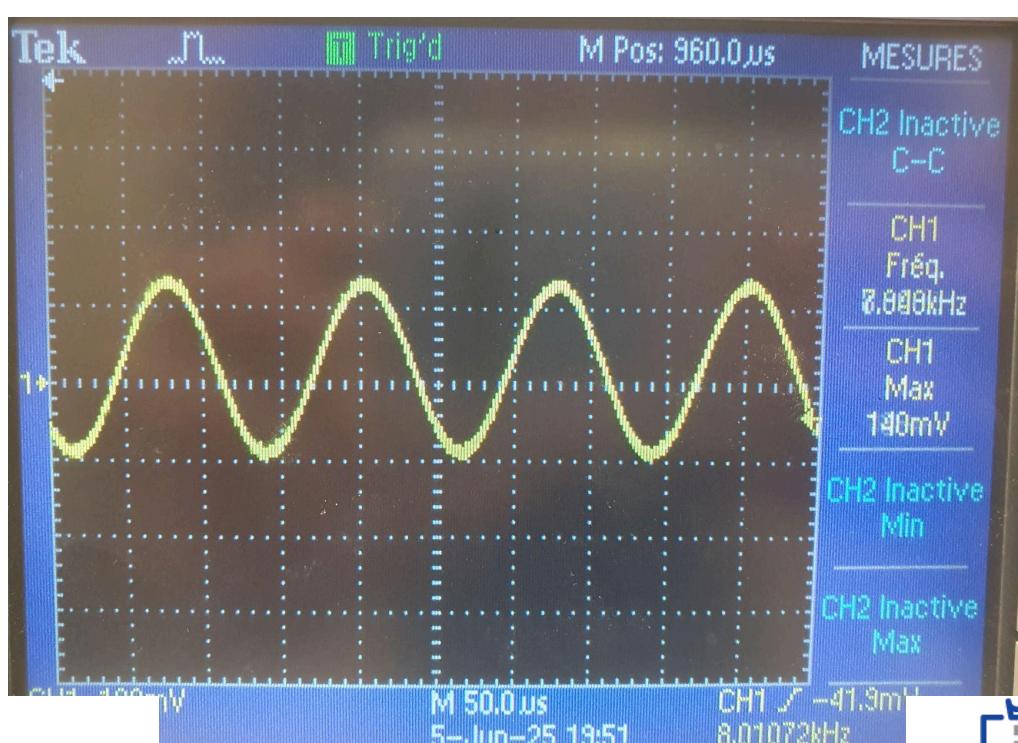
$$C_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 250 \cdot (15000 + 4632)}$$

$$C_4 = 32.4 \text{ nF} \rightarrow \text{Soit } 33\text{nF dans la série E12}$$

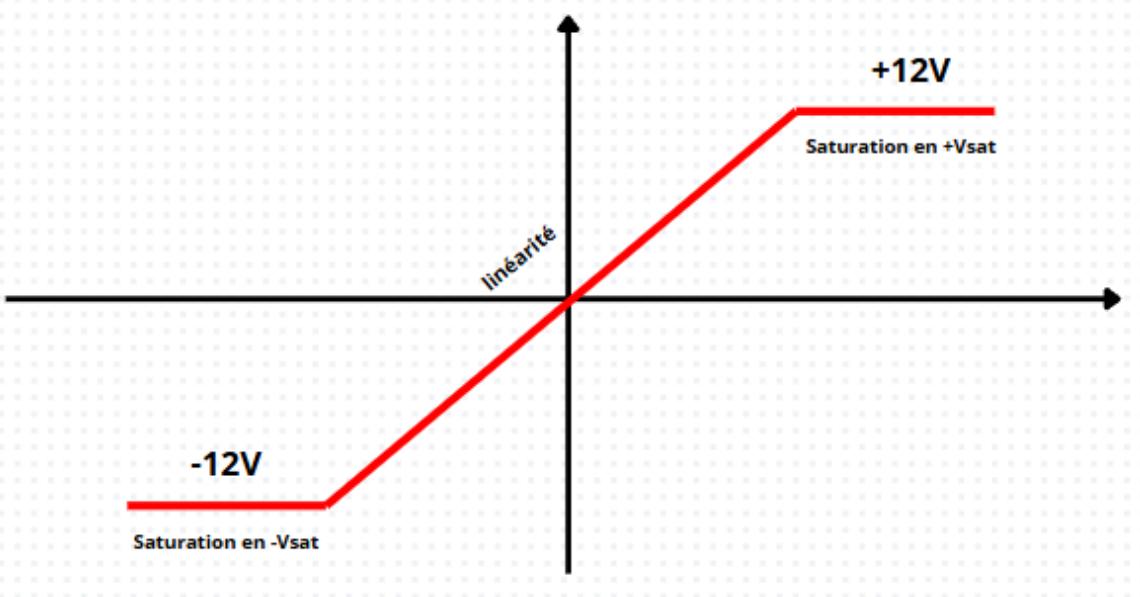
Chronogrammes:

Pour faire nos tests nous allons faire :

- un signal sinusoïdale d'amplitude de 140 mV et de fréquence [100;8 000] Hz

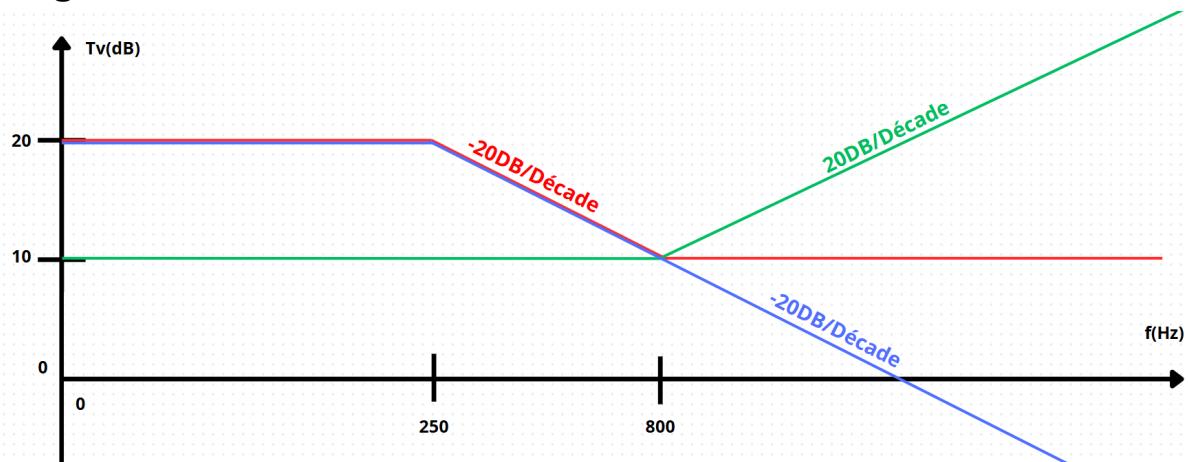


Caractéristique de transfert:

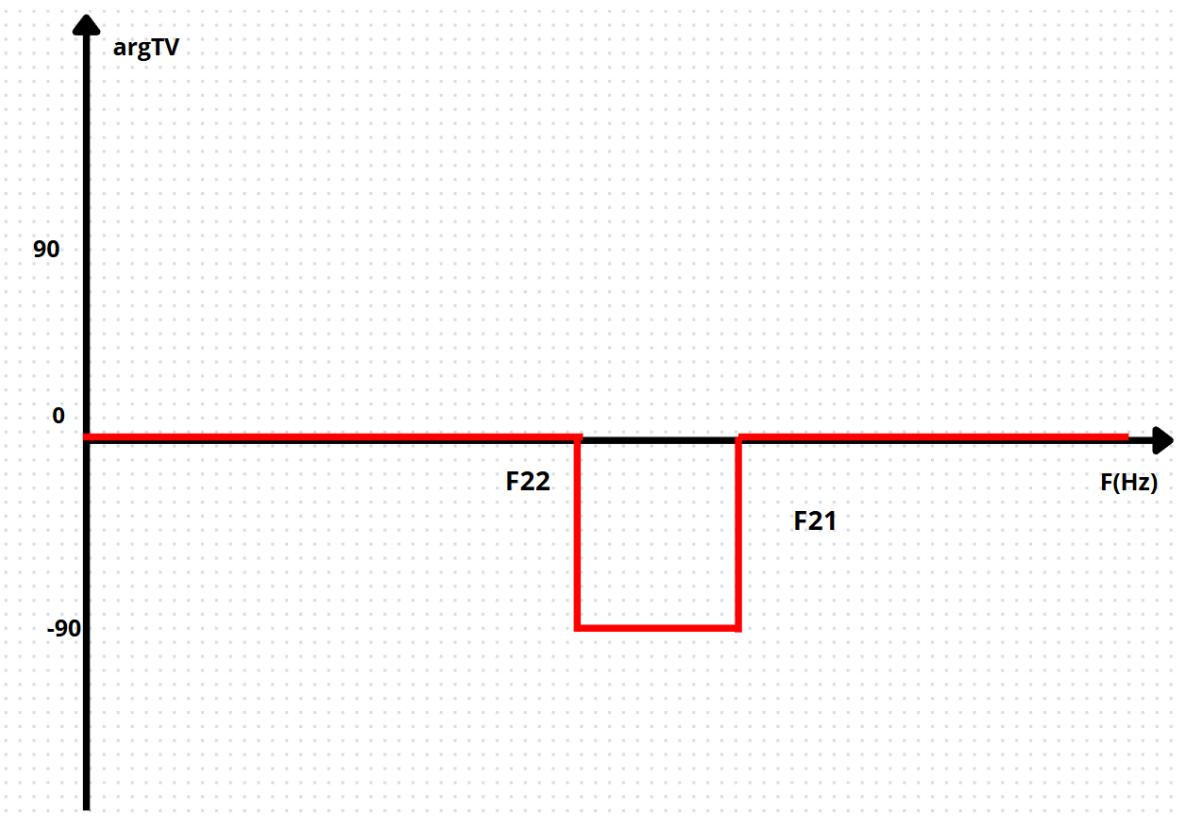


Vu que l'AOP a un rebouclage sur la borne moin, alors le filtre fonctionne linéairement jusqu'à saturation en +Vsat et -Vsat (ici Vsat = 12V).

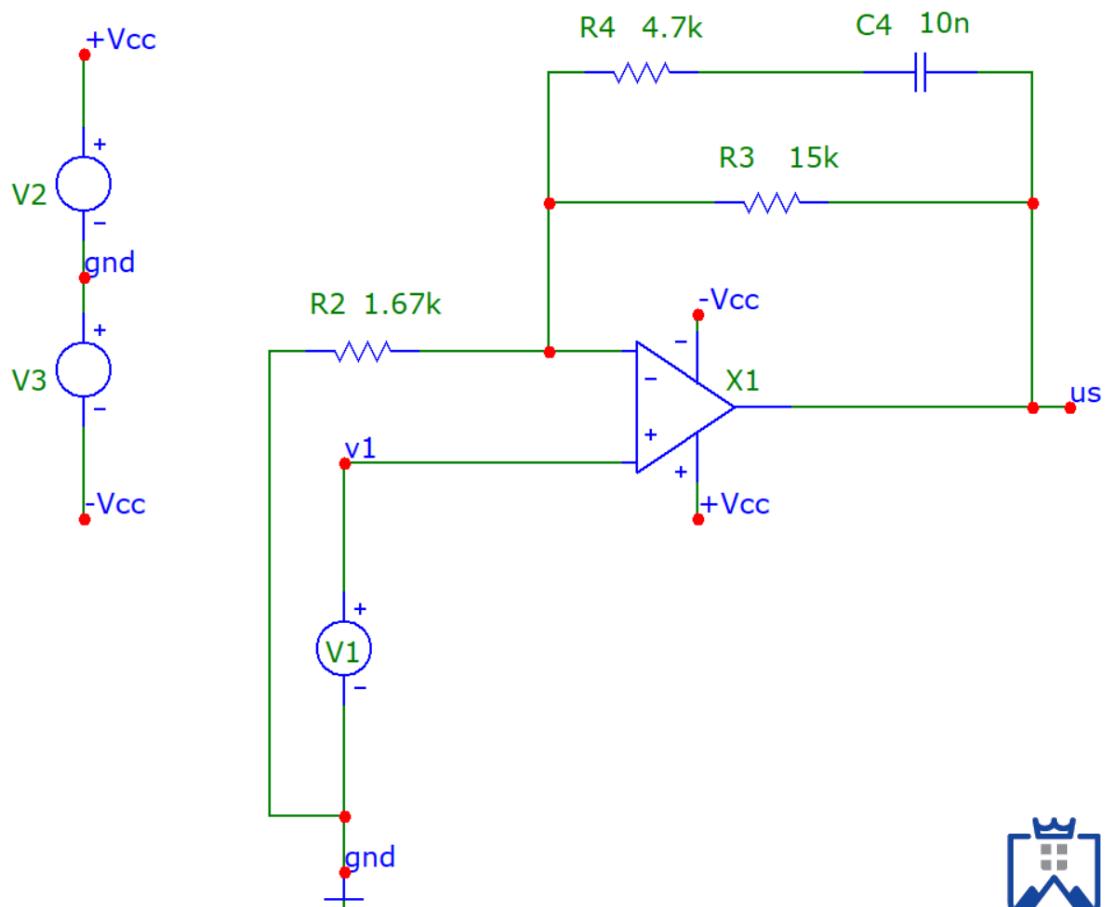
Diagrammes de Bodes :

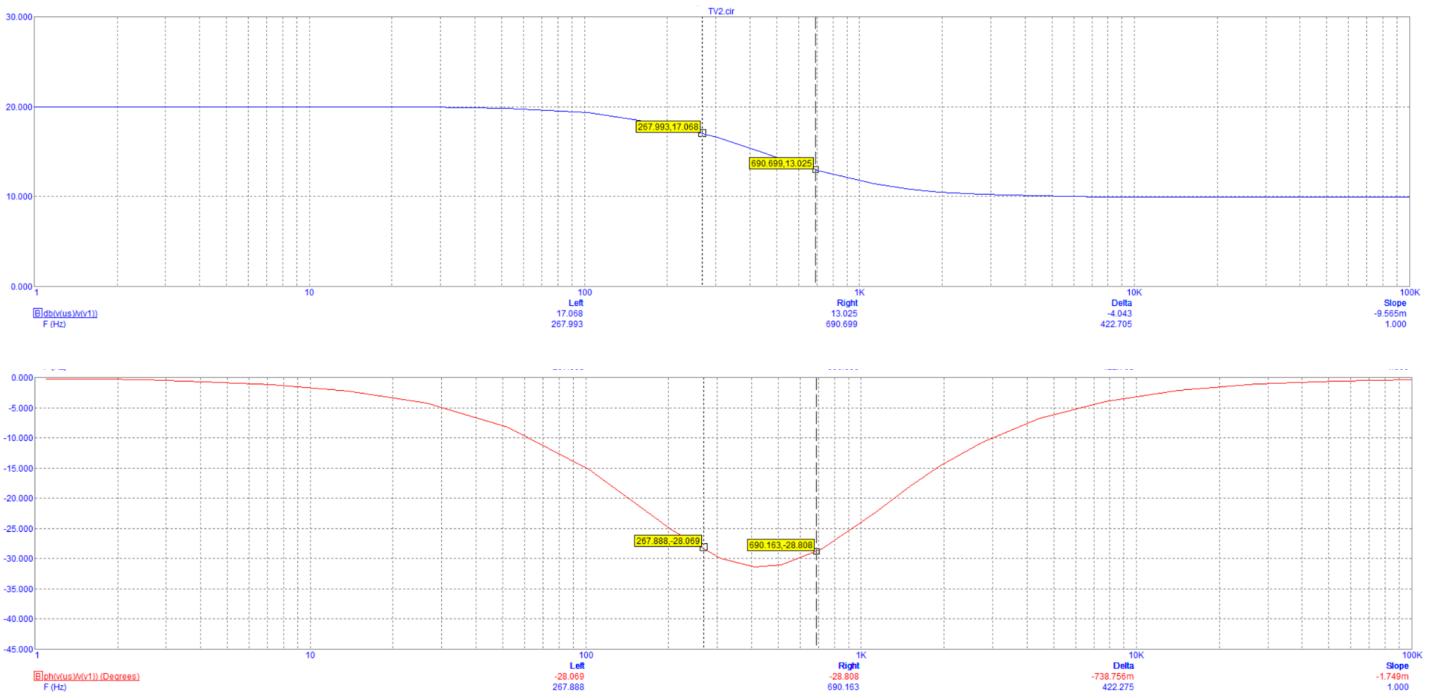


- T_{v21}
- T_{v22}
- T_v ($T_{v21} + T_{v22}$)



Résultats de la simulation:





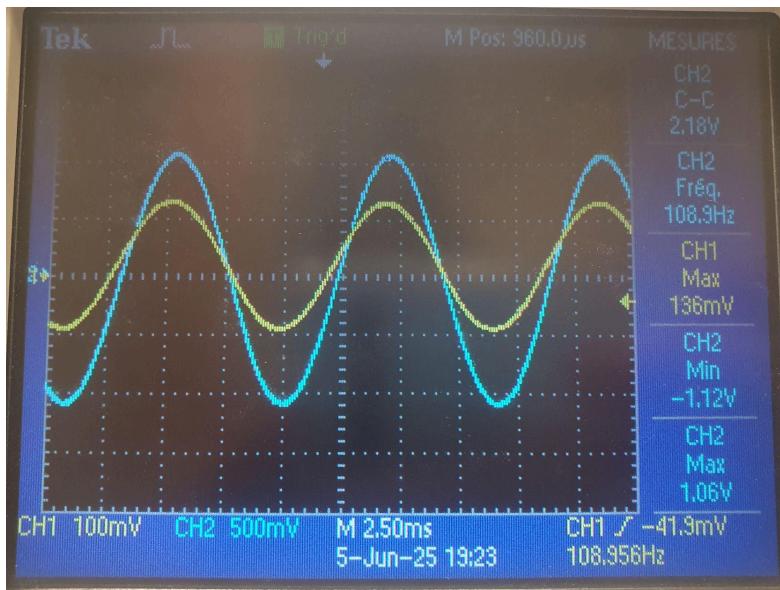
Sur cette simulation, nous pouvons remarquer que nous avons bien un déphasage de 90° , et que nous obtenons une première amplification de 20 dB pour $f < 100$ Hz et une seconde de 10 dB pour $f > 1\text{kHz}$.

Et les fréquences de coupures sont à 267 Hz et à 690 Hz.

Comme prévu théoriquement.

Résultats des mesures:

Première partie du filtre:



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses → temps

Ordonnées → tension

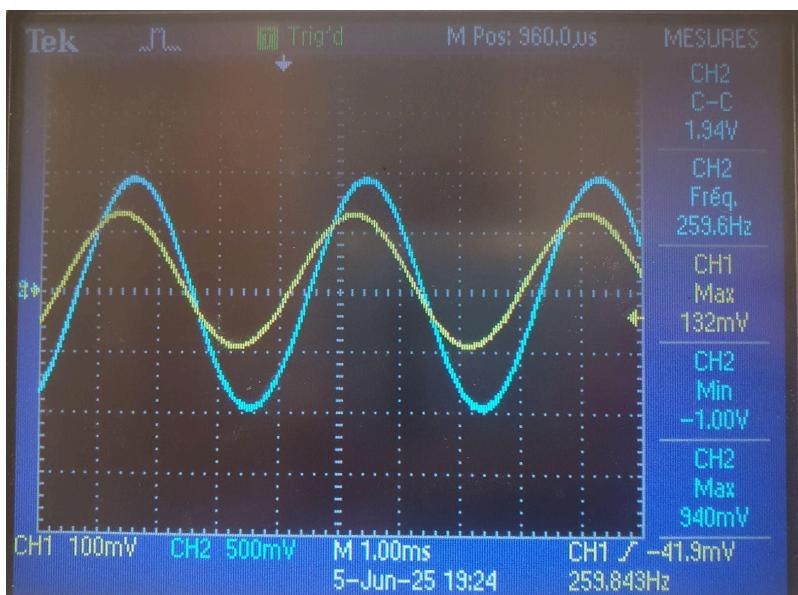
à 100 Hz:

On mesure:

$$u_e = 136 \text{ mV}$$

$$u_s = 1.12 \text{ V}$$

$$\text{Donc } A_1 = u_s / u_e = 1120/136 = 8.23$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps

Ordonnées = tension

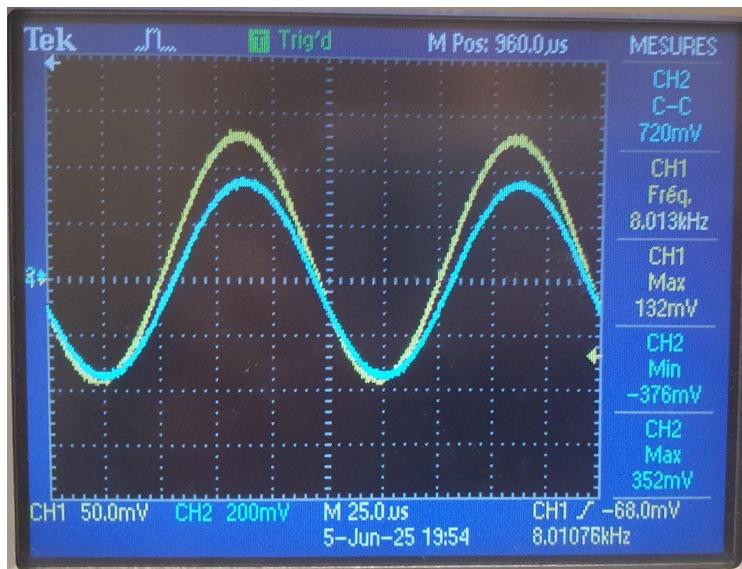
à 260 Hz:

On mesure:

$$u_s = u_e * 10^{17/20} = 940 \text{ mV}$$

$$\text{Donc } f_{Cmes} = 260 \text{ Hz}$$

Deuxième partie du filtre:



~ U_e

~ U_s

Abscisses = temps

Ordonnées = tension

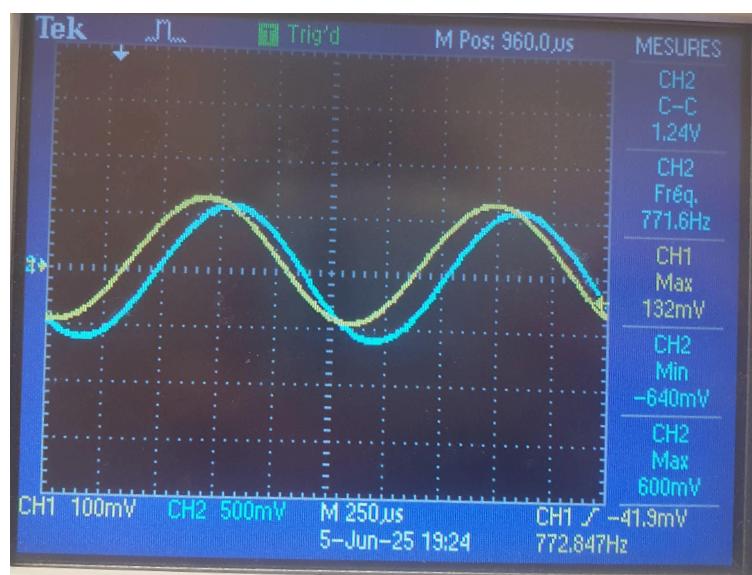
à 8 kHz:

On mesure:

$$u_e = 132 \text{ mV}$$

$$u_s = 352 \text{ mV}$$

$$\text{Donc } A_1 = 376 / 132 = 2.85$$



~ U_e

~ U_s

Abscisses = temps

Ordonnées = tension

à 770 Hz

$$u_s = u_e * 10^{13/20} = 590 \text{ mV}$$

$$\text{Donc } f_{\text{Cmes}} = 770 \text{ Hz}$$

Résultats des tests:

Pour la première partie du filtre:

Donc, on remarque qu'à 100 Hz on a bien un coefficient d'amplification à peu près égale à 10, et une erreur de :

$$\text{Erreur} = 1 - \left(A_{\text{mesurée}} / A_{\text{théorique}} \right) = (1 - (8.23 / 10)) \Rightarrow 17.7\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants et à nos mesure vu qu'on ne pouvait pas nous mettre à 10 f0.

On a bien le fonctionnement voulu.

A \sim 260 Hz, on remarque que le coefficient d'amplification est inférieur à 10 .
On obtient donc le fonctionnement souhaité.

Enfin $f_{\text{mesurée}} = 260 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - \left(f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}} \right) = 1 - (260 / 250) \Rightarrow 4\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.

On a donc le fonctionnement voulu.

Pour la deuxième partie du filtre:

Donc on remarque qu'à 8 kHz, on a bien un coefficient d'amplification à peu près égale à 3.16, le pourcentage d'erreur est de:

$$\text{Erreur} = 1 - \left(A_{\text{mesurée}} / A_{\text{théorique}} \right) = (1 - (2.85 / 3.16)) \Rightarrow 9.81\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.
On a donc bien le fonctionnement escompté.

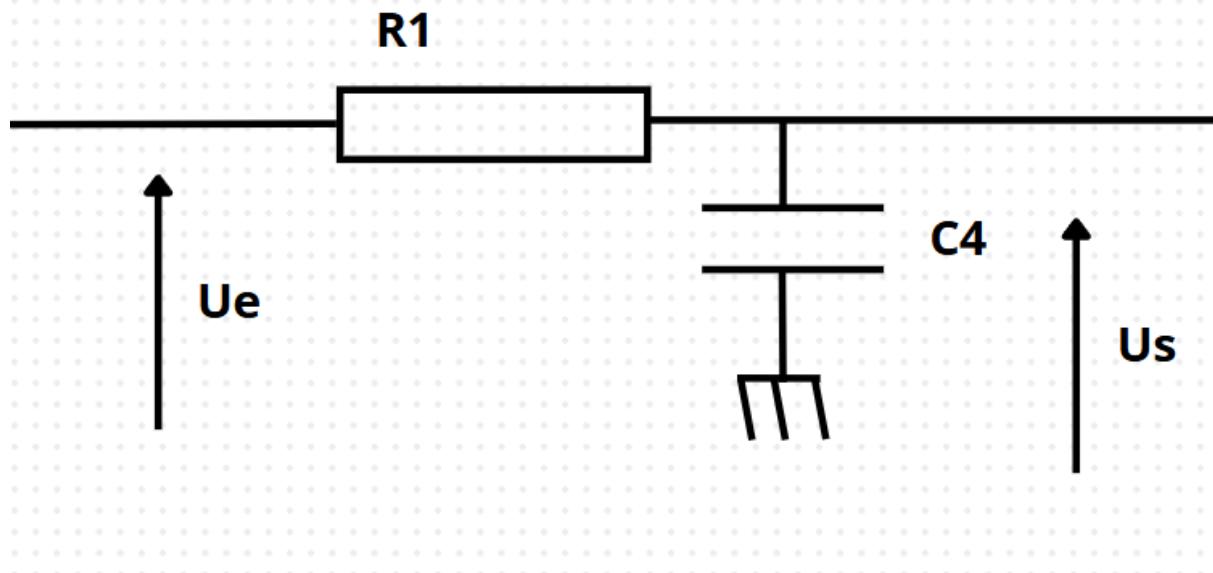
Enfin $f_{\text{mesurée}} = 770 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - \left(f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}} \right) = 1 - (770 / 800) \Rightarrow 3.75\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.
On a donc le fonctionnement voulu.

Etude complète du bloc pass bas:

Schéma:



Calculs Théoriques:

Pour réaliser ce filtre, il nous faut un filtre RC. Sa forme normalisée est là suivante :

$$T_{v3} = A_3 \cdot \left(\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_3}} \right)$$

$$A_3 = 1$$

$$U_e - U_r - U_s = 0$$

$$U_C = \frac{U_e \cdot C}{R + C}$$

$$T_{v3}(p) = \frac{\left(\frac{1}{p \cdot C} \right)}{R + \frac{1}{p \cdot C}}$$

$$= \frac{1}{\frac{p \cdot C(p \cdot C \cdot R + 1)}{P \cdot C}}$$

$$= \frac{p \cdot C}{p \cdot C(p \cdot C \cdot R + 1)}$$

$$= \frac{p \cdot C}{p^2 \cdot C^2 \cdot R + P \cdot C}$$

$$= \frac{1}{p \cdot C \cdot R + 1}$$

$$= \frac{1}{1 + p \cdot R \cdot C}$$

par identification:

$$\frac{j\omega}{\omega_3} = j \cdot \omega \cdot R \cdot C$$

$$\omega_3 = \frac{1}{R \cdot C}$$

$$f_3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Dimensionnement des composants:

On prendra $R = 3.3 \text{ k}\Omega$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot f_3}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 3300 \cdot 10000}$$

$$C = 4.7 \text{nF}$$

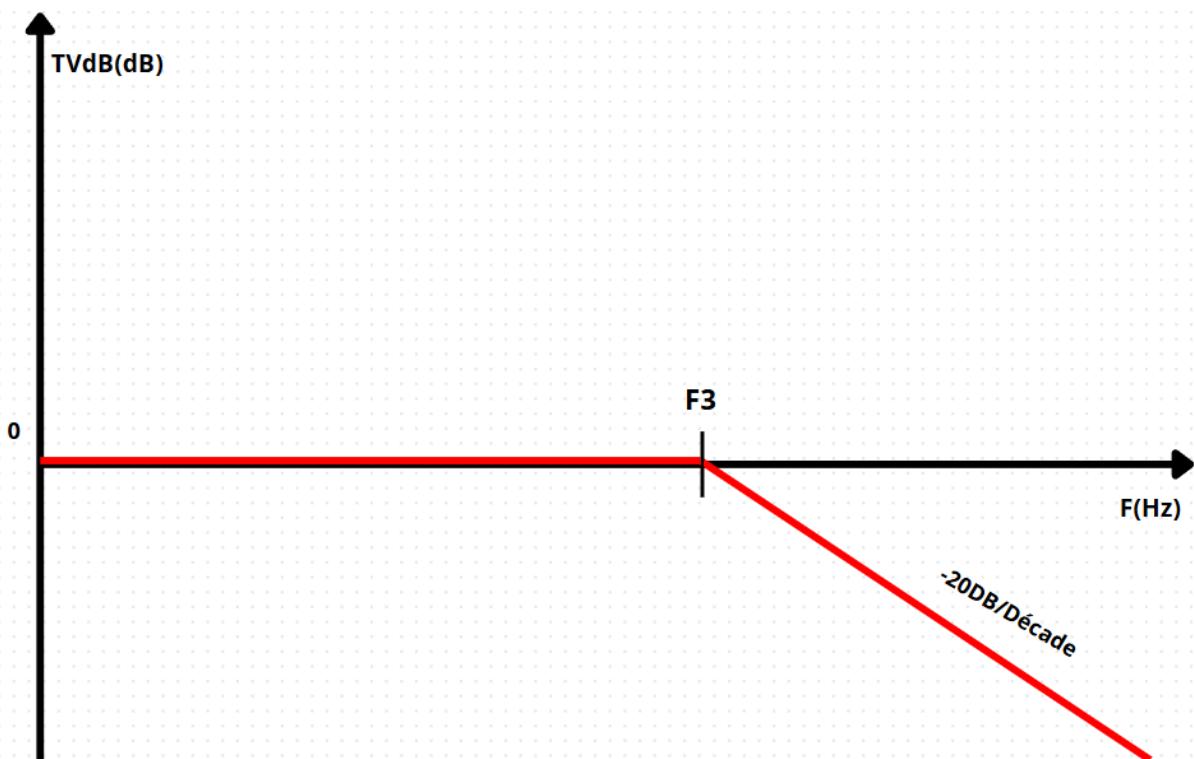
Chronogrammes:

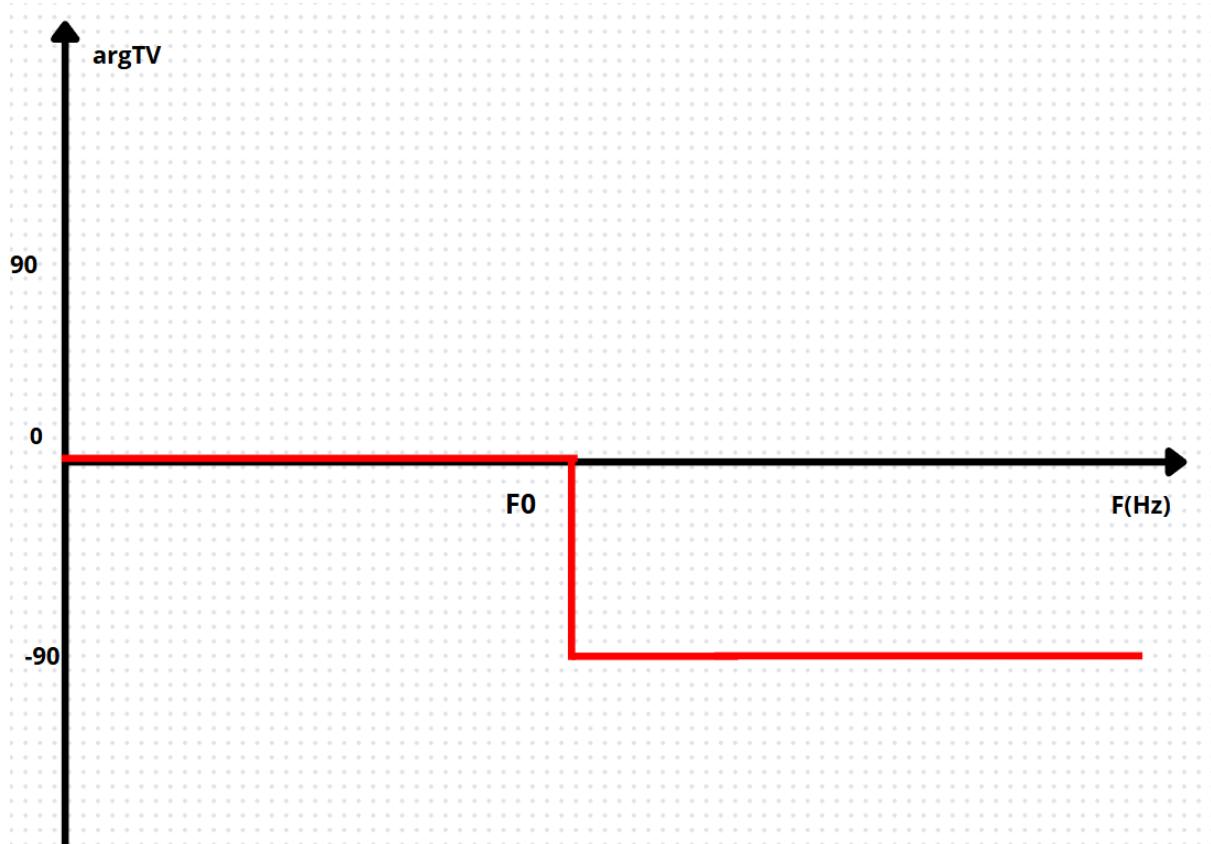
Pour faire nos test nous allons faire:

- un signal sinusoïdale d'amplitude de 1V et de fréquence [1000;100 000] Hz

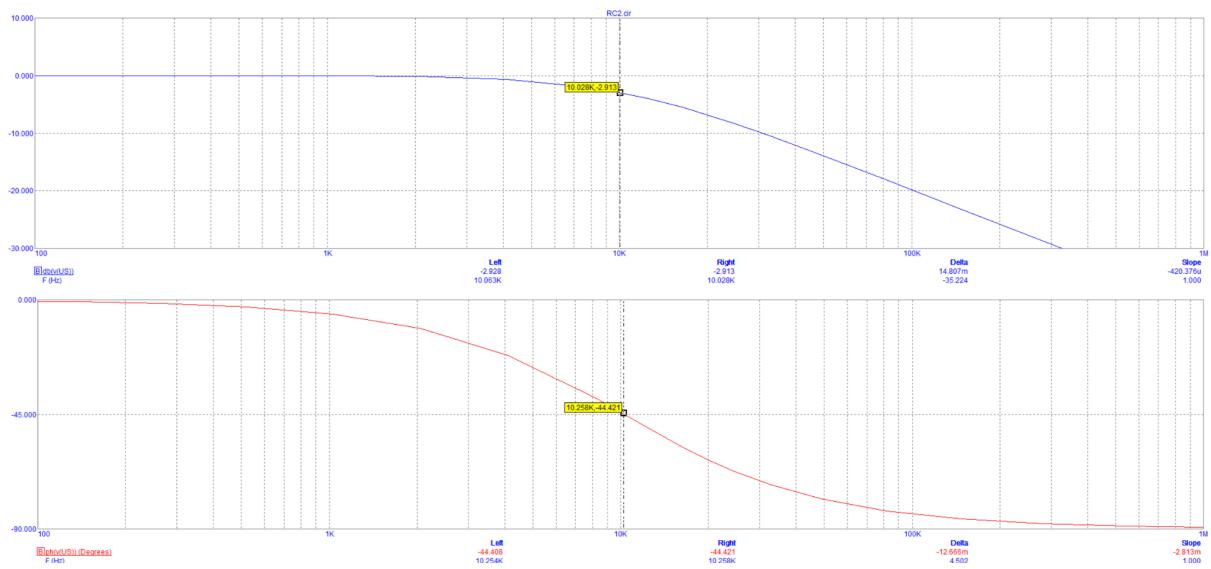


Diagrammes de Bodes :

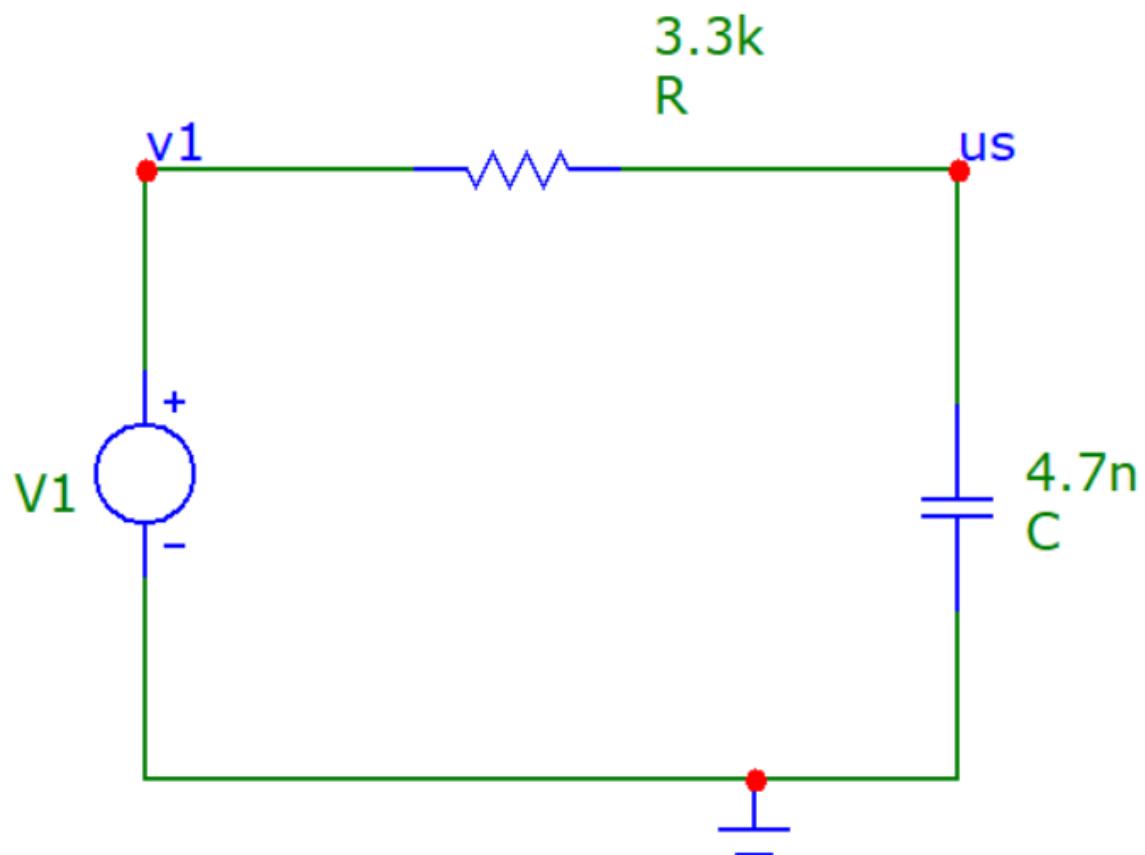




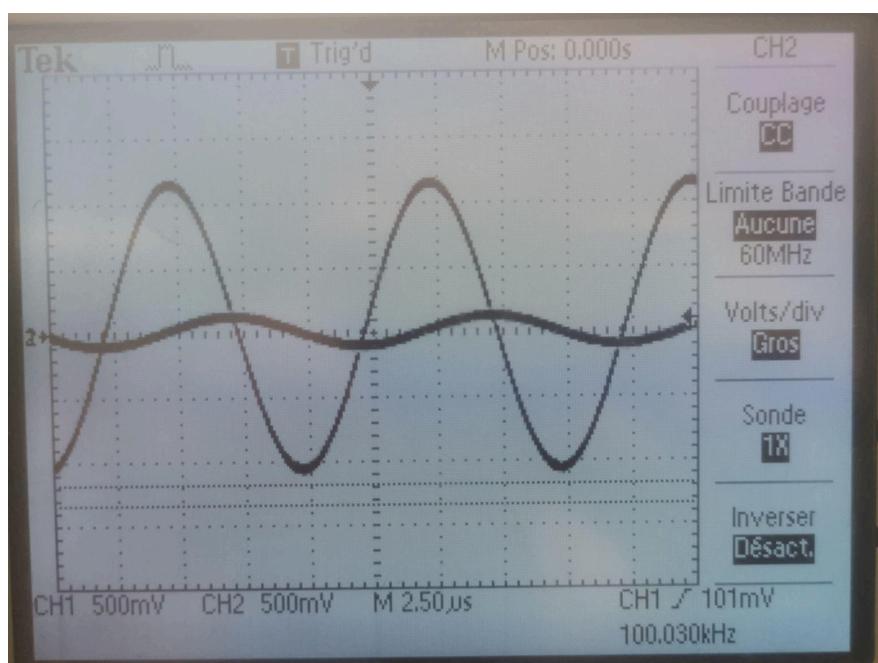
Résultats de la simulation:



Sur cette simulation on remarque que nous avons bien un déphasage de 90° , une amplification de 0 dB et une fréquence de coupure de 10 kHz.



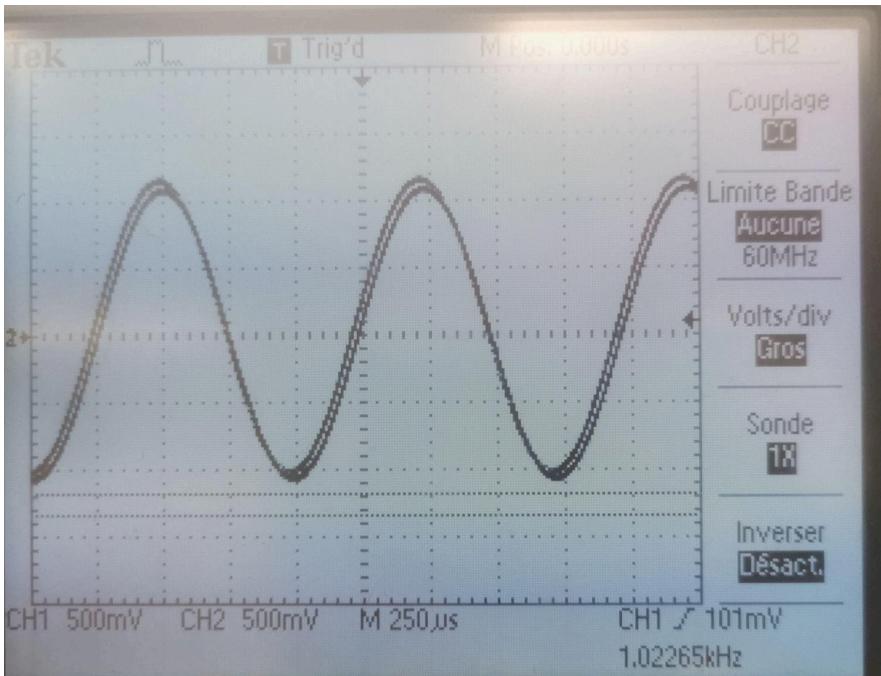
Résultats des mesures:



Mesures à 100kHz.

$$U_e = 1.1V$$

$$U_s = 0.1V$$



Mesures à 1kHz.

$$U_e = 1.1V$$

$$U_s = 1.1V$$

Mesures réalisées à $20\log(A_0) - 3db$:

$$f_{cmes} = 10150 \text{ Hz}$$

Résultats des tests:

L'effet attendu sur le signal est une atténuation pour toutes les fréquences supérieures à 10 kHz et un signal inchangé pour toutes les fréquences inférieures à 10 kHz. Or nous pouvons voir que pour une fréquence de 100 kHz le signal d'entrée de 1.1V est bien atténué en sortie d'un facteur $A_{100\text{kHz}}$.

$$\begin{aligned} A_{100\text{kHz}} &= U_s / U_e \\ &= 0.1 / 1.1 \\ &= 0.09 \end{aligned}$$

Quant à la fréquence de coupure f_c , on a mesuré $f_{cmes} = 10150 \text{ Hz}$ pour une valeur théorique de 10 kHz.

Et pour les mesures à 1 kHz, nous pouvons voir que les deux signaux sont identiques tel que souhaité.

$$\begin{aligned}A_{1\text{kHz}} &= U_s / U_e \\&= 1.1 / 1.1 \\&= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon &= (f_{cmes} - f_c) / f_{cmes} \\&= (10150 - 10000) / 10150 \\&= 1.4 \%\end{aligned}$$

Cette erreur est due aux incertitudes des composants.

Donc les résultats sont concluants.

Etude complète du bloc high boost :

Schémas:

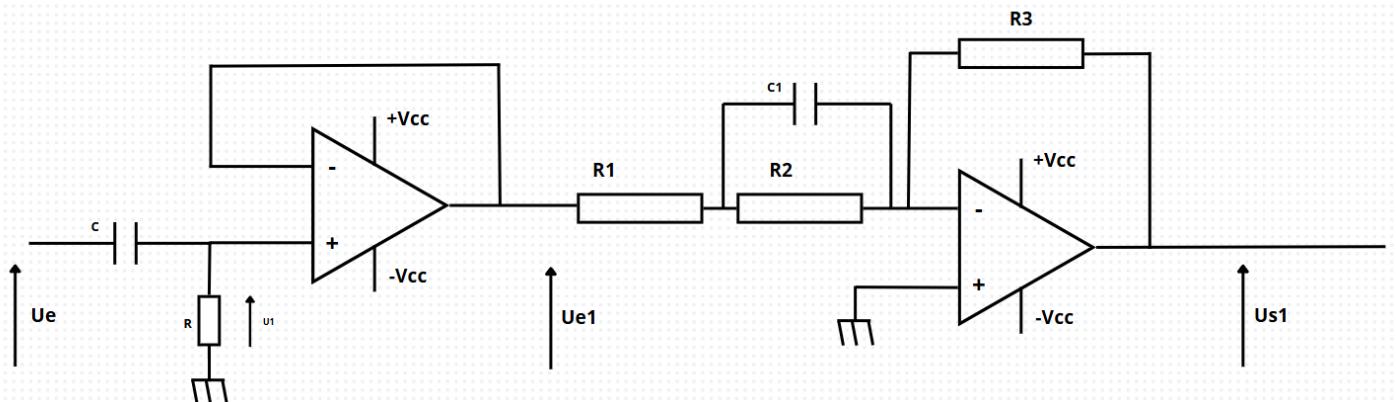
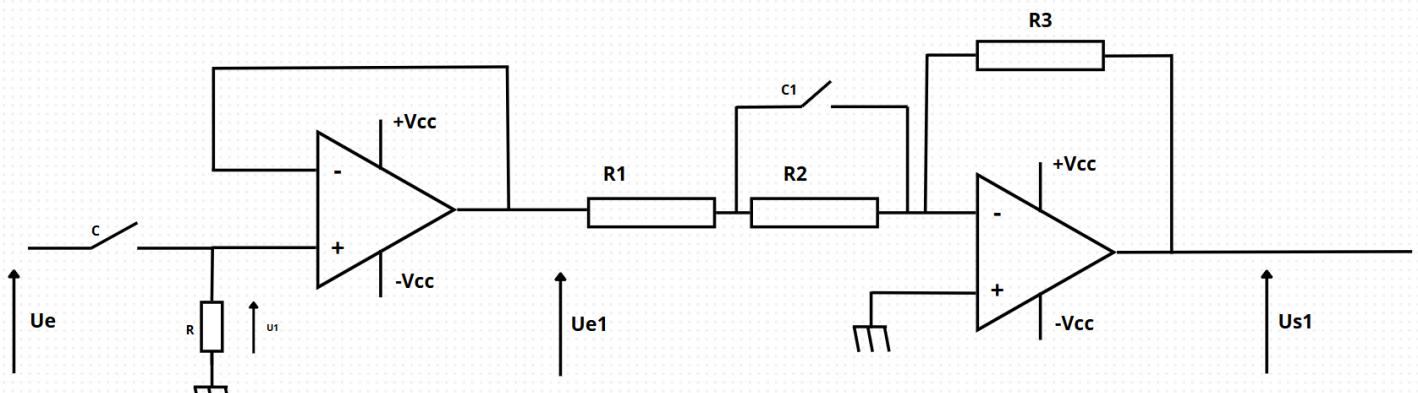


Schéma à basses fréquences :



vu qu'il y a un rebouclage sur le - , alors e- et e+ sont égaux .

$$e^- = \frac{((R1 + R2) \cdot Us1 + R3 \cdot Ue1)}{R1 + R2 + R3} \quad \text{et } e^+ = 0 \text{ V}$$

donc $e^- = e^+$

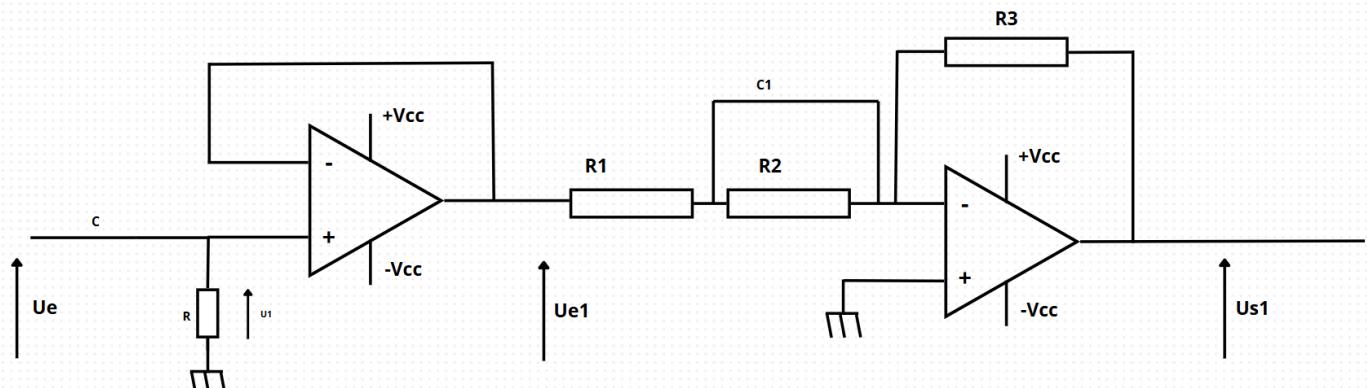
$$\Leftrightarrow \frac{((R1 + R2) \cdot Us1 + R3 \cdot Ue1)}{R1 + R2 + R3} = 0$$

$$\Leftrightarrow ((R1 + R2) \cdot Us1 + R3 \cdot Ue1) = 0$$

$$\Leftrightarrow R3 \cdot Ue1 = -Us1(R1 + R2)$$

$$\Leftrightarrow A_{2BF} = -\frac{R3}{R1 + R2} = -\frac{22\ 000}{1\ 000 + 10\ 000} = -2$$

Schéma à hautes fréquences :



vu qu'il y a un rebouclage sur le - , alors e- et e+ sont égaux .

$$\Rightarrow \frac{(Us1 \cdot R1 + Ue1 \cdot R3)}{R1 + R3} = 0$$

$$\Rightarrow Us1 \cdot R1 + Ue1 \cdot R3 = 0$$

$$\Rightarrow Ue1 \cdot R3 = -Us1 \cdot R1$$

$$\Rightarrow A2HF = -\frac{R3}{R1} = -\frac{22\ 000}{1\ 000} = -22$$

Avec:

$$R1 = 1\ k\Omega$$

$$R2 = 10\ k\Omega$$

$$R3 = 22\ k\Omega$$

$$C1 = 330\ nF$$

Calculs Théorique:

Partie montage RC:

d'après la partie RC au dessus on sait que:

$$T_v = \frac{JwRC}{1 + JwRC}$$

$$\frac{Jw}{wI} = JRC_w$$

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi R C} = 10 \text{ Hz}$$

Partie montage High Boost:

Il y a un rebouclage sur e^- , donc ce montage est un amplificateur, ici inverseur. Alors e^+ et e^- sont égaux.

$$\frac{\left(U_{sl} \cdot \left(R_1 + \frac{R_2}{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1} \right) + U_{el} \cdot R_3 \right)}{R_1 + \frac{R_2}{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1} + R_3} = 0$$

$$\left(U_{sl} \cdot \left(R_1 + \frac{R_2}{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1} \right) + U_{el} \cdot R_3 \right) = 0$$

$$U_{sl} \cdot \left(R_1 + \frac{R_2}{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1} \right) = - U_{el} \cdot R_3$$

$$-\frac{R_3}{R_1 + \frac{R_2}{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1}} = \frac{U_{sl}}{U_{el}}$$

$$-\frac{R_3(R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega + 1)}{(R_1 + R_2) \left(\frac{R_2 j \cdot C_1 \cdot \omega}{R_1 + R_2} + 1 \right)} = \frac{U_{sl}}{U_{el}}$$

$$TV = A_0 \cdot \left(\frac{j \cdot \omega}{\omega_0} + 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{\frac{j \cdot \omega}{\omega_1} + 1} \right)$$

par identification:

$$A_0 = -\frac{R_3}{(R_1 + R_2)} = \frac{22\,000}{1\,000 + 10\,000} = -2$$

$$j \cdot \frac{\omega}{\omega_0} = R_2 \cdot C_1 \cdot j \cdot \omega$$

$$\Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10\,000 \cdot 330 \cdot 10^{-9}} = 48 \text{ Hz}$$

$$j \cdot \frac{\omega}{\omega_1} = \frac{(R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot j \cdot \omega)}{(R_1 + R_2)}$$

$$\frac{1}{\omega_1} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot C_1}{(R_1 + R_2)}$$

$$f_1 = \frac{(R_1 + R_2)}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot C_1} = \frac{(1\,000 + 10\,000)}{2 \cdot \pi \cdot 1\,000 \cdot 10\,000 \cdot 330 \cdot 10^{-9}} = 530 \text{ Hz}$$

Dimensionnement des composants:

dimensionnement RC:

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = 10 \text{ Hz}$$

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R} = 10 \cdot C$$

$$\frac{1}{20 \cdot \pi \cdot R} = C$$

on choisit $R = 100\,000 \text{ ohm}$

$$\frac{1}{20 \cdot \pi \cdot 100\,000} = 159 \cdot 10^{-9}$$

Donc on choisit de prendre deux condensateurs qui seront branchés en parallèle afin d'obtenir une valeur équivalente la plus proche du résultat obtenu.

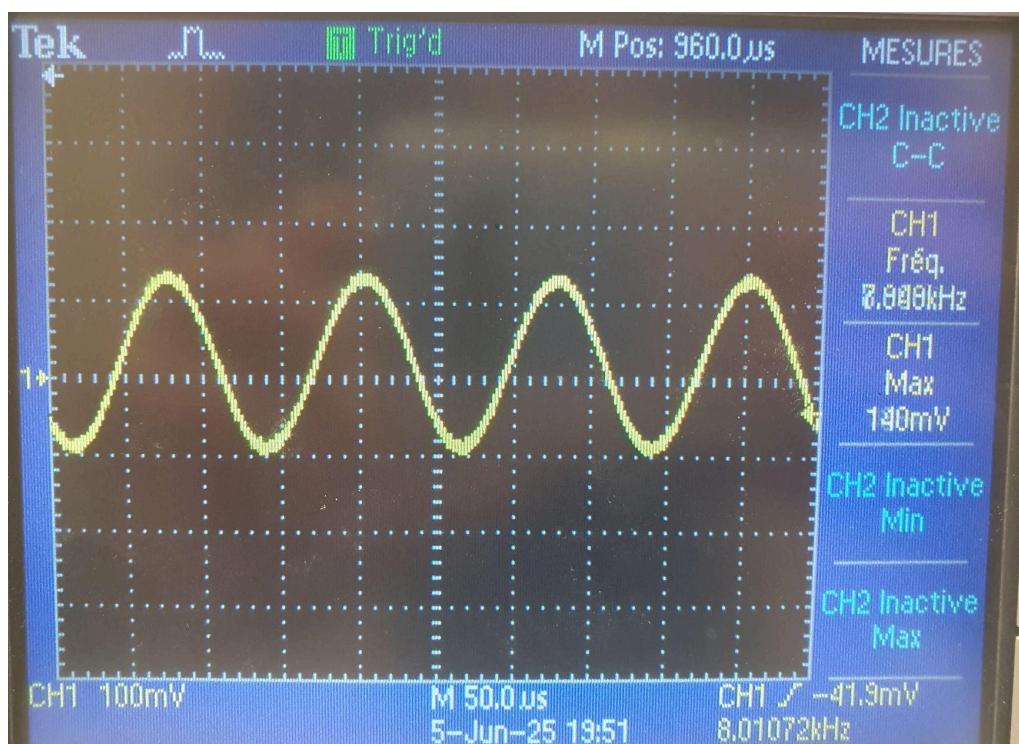
Soit $C_1 = 100 \text{ nF}$ et $C_2 = 47 \text{ nF}$

On considérera par la suite que $f_1 = f_{RC}$

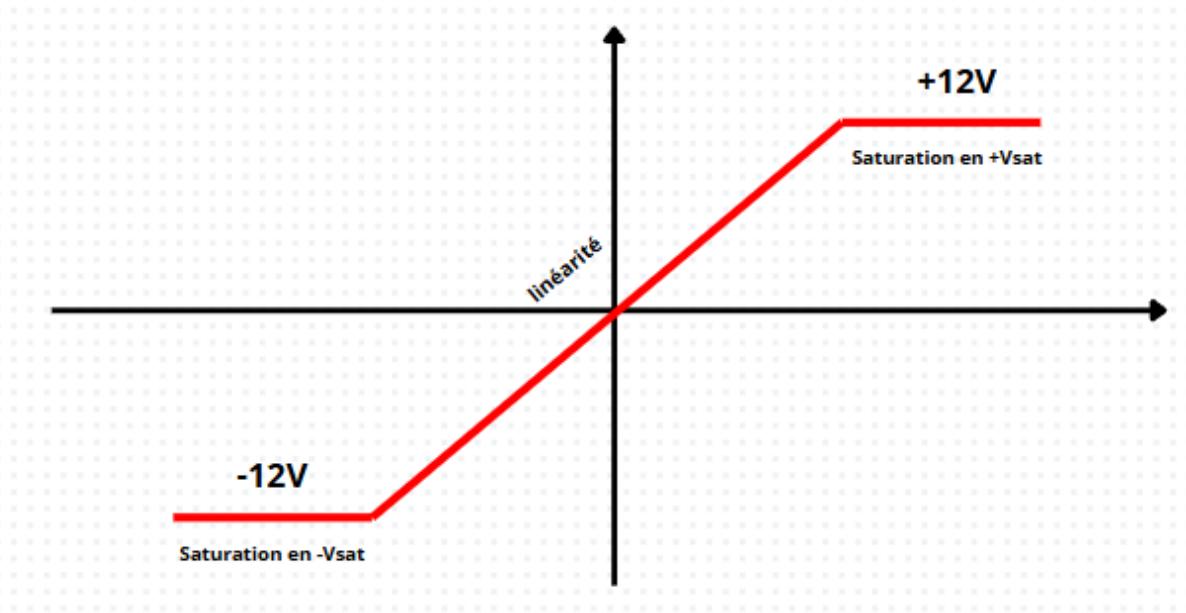
Chronogrammes:

Pour faire nos tests nous allons faire:

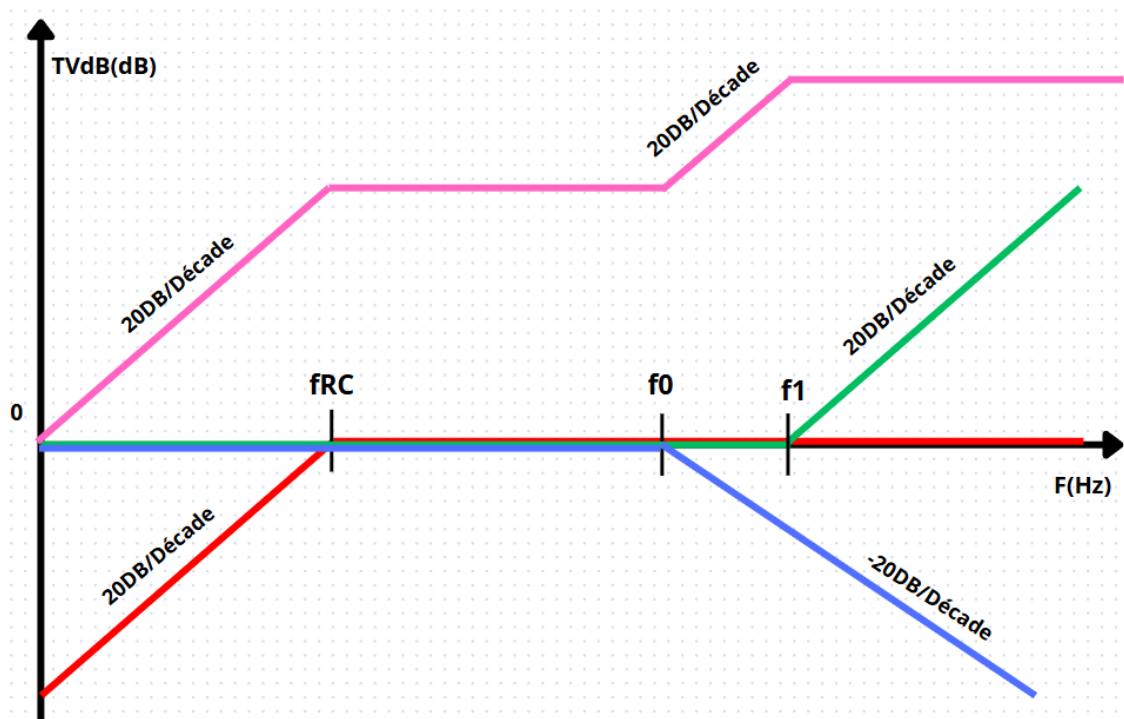
- un signal sinusoïdale d'amplitude de 140 mV et de fréquence [10;8 000] Hz



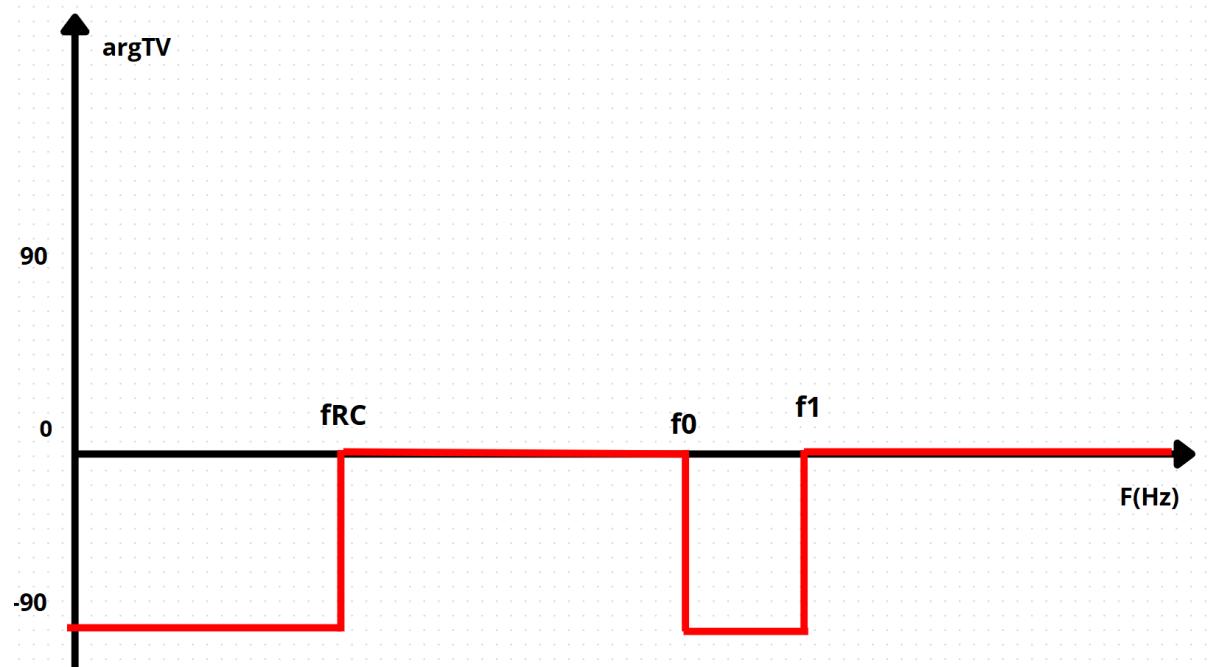
Caractéristique de transfert:



Diagrammes de Bode :

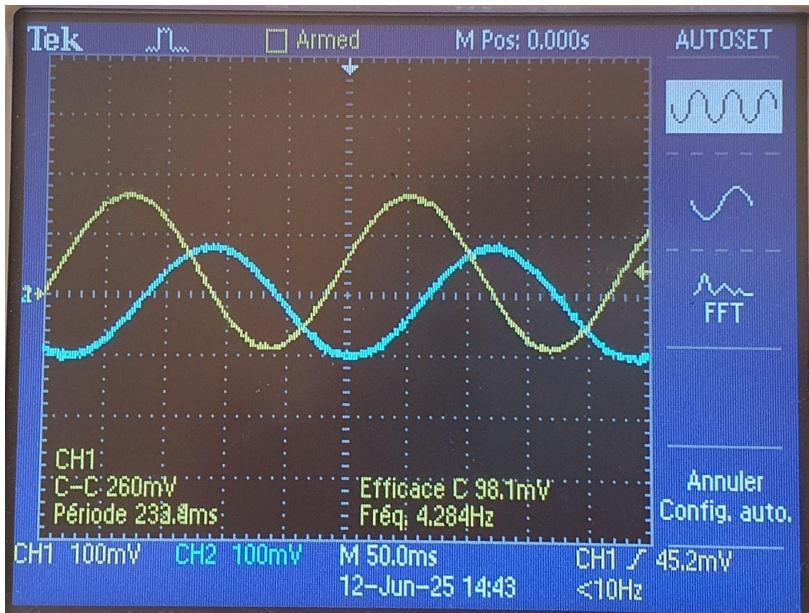


- Tv_{31}
- Tv_{32}
- Tv_{33}
- $Tv_3 (T v_{32} + T v_{33} + T v_{31}) * A_0$



Résultats des mesures:

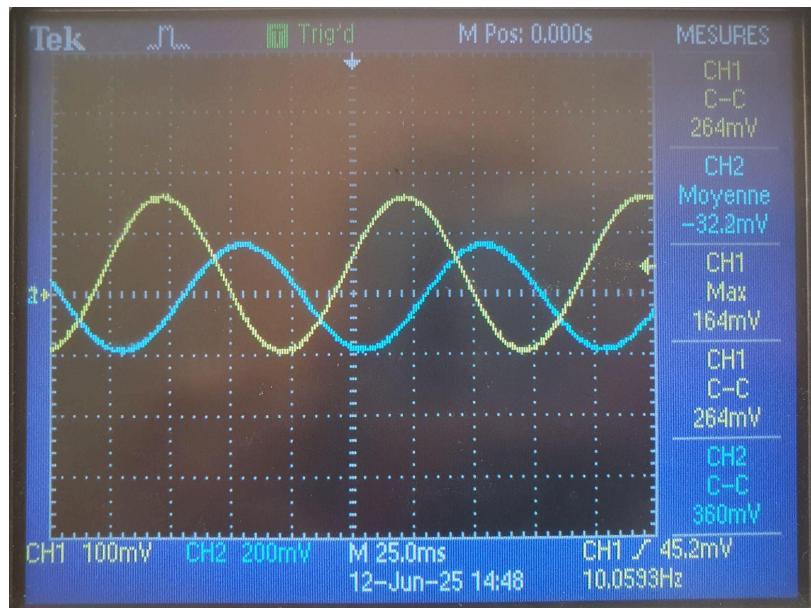
Partie RC:



$\sim U_e$
 $\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

On remarque bien que en dessous de 10 Hz le filtre atténue



$\sim U_e$
 $\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

$$f_{\text{mesurée}} = 10 \text{ Hz}$$

$$\text{On mesure } V_{\text{entrée}} = 264 \text{ mV}$$

$$V_{\text{sortie}} = 360 \text{ mV}$$

$$A_{10\text{Hz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 264/360 = 0,7$$

Quand on a A0-3Db => 0.70

$$\text{On obtient } f_{\text{mesurée}} = 10 \text{ Hz}$$

Partie 1 high boost:



$\sim U_e$

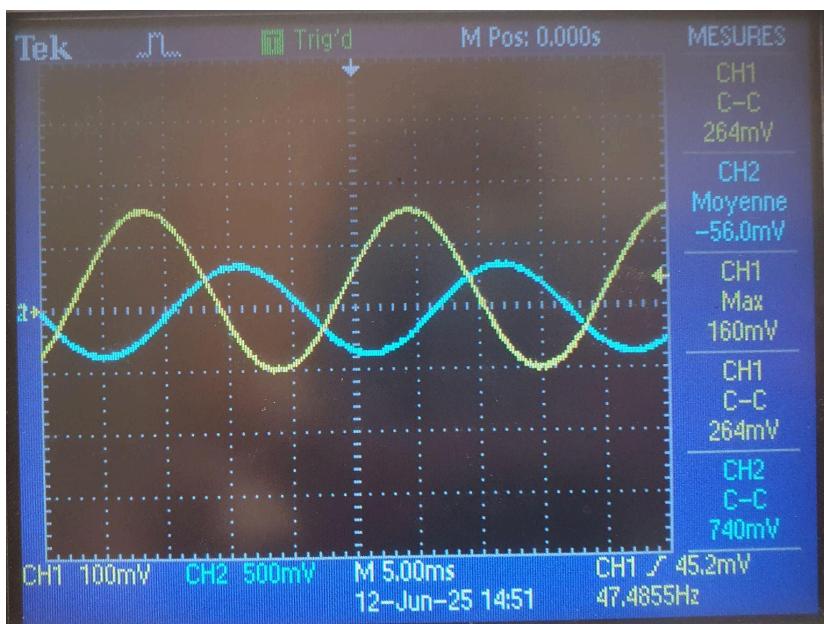
$\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

$$\text{On mesure } V_{\text{entrée}} = 260 \text{ mV}$$

$$V_{\text{sortie}} = 2840 \text{ mV}$$

$$A_{300\text{Hz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 2840 / 260 = 10.9$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

$$\text{On mesure } V_{\text{entrée}} = 264 \text{ mV}$$

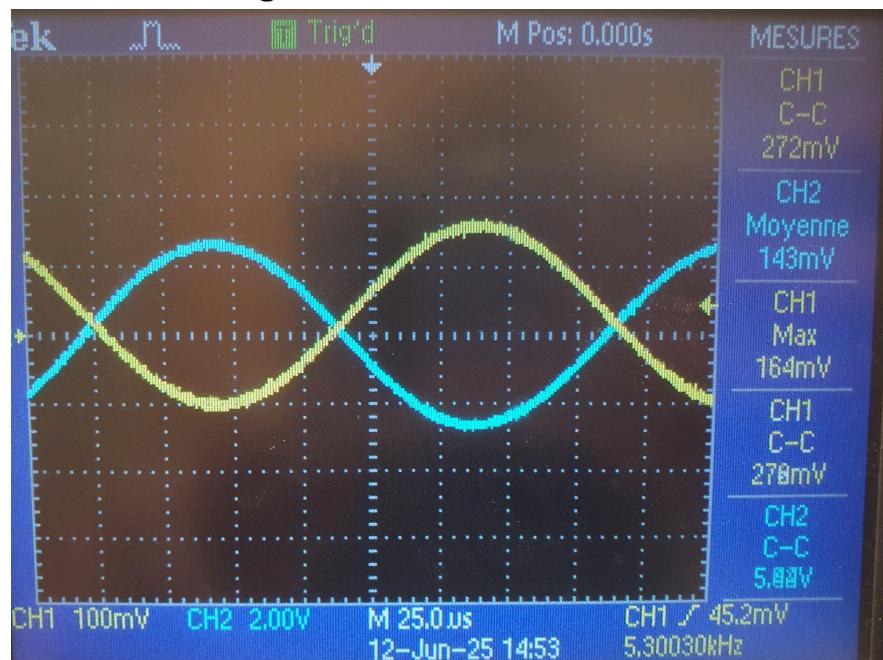
$$V_{\text{sortie}} = 740 \text{ mV}$$

$$A_{47.485\text{Hz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 740 / 264 = 2.8$$

Quand on a $A_1 + 3\text{Db} \Rightarrow 2.81$

On obtient $f_{\text{cmesurée}} = 47.48 \text{ Hz}$

Partie 2 high boost:



$\sim U_e$

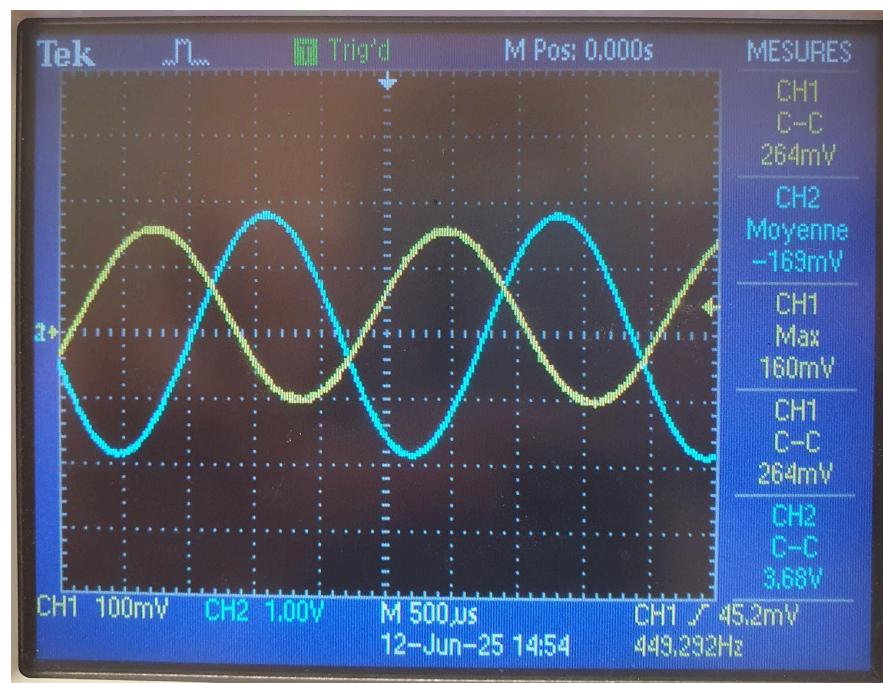
$\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

On mesure $V_{\text{entrée}} = 270 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 5440 \text{ mV}$

$$A_{5\text{KHz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 5440 / 270 = 20.15$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

On mesure $V_{\text{entrée}} = 264 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 3680 \text{ mV}$

$$A_{449\text{Hz}} = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 3680 / 264 = 13.93$$

Quand on a A1-3dB => -17.21

On obtient $f_{\text{cmesurée}} = 450 \text{ Hz}$

Résultats des tests:

Pour le filtre RC:

Donc on remarque que en dessous de 10 Hz il atténue bien le signal

Enfin $f_{\text{mesurée}} = 10 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - (f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}}) = 1 - (10.05 / 10) \Rightarrow 0.5\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.

On a donc le fonctionnement voulu.

Pour la première partie du filtre:

Donc on remarque qu'à 300 Hz, on ne peut pas mesurer correctement le coefficient d'amplification car nous ne sommes pas à $10 f_0$ mais nous pouvons remarquer qu'il amplifie bien le signal. On obtient donc le fonctionnement souhaité.

A ≈ 260 Hz on remarque que le coefficient d'amplification est inférieur à 10 Hz on obtient donc le fonctionnement voulu.

Enfin $f_{\text{mesurée}} = 47.48 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - (f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}}) = 1 - (47.48 / 48) \Rightarrow 3.1\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.

On a donc le fonctionnement voulu.

Pour la deuxième partie du filtre:

Donc on remarque qu'à 3 kHz, on a bien un coefficient d'amplification à peu près égale à 20.15, le pourcentage d'erreur est de:

$$\text{Erreur} = 1 - (A_{\text{mesurée}} / A_{\text{théorique}}) = (1 - (20.15 / 22)) \Rightarrow 9.4\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.

On obtient bien le fonctionnement escompté.

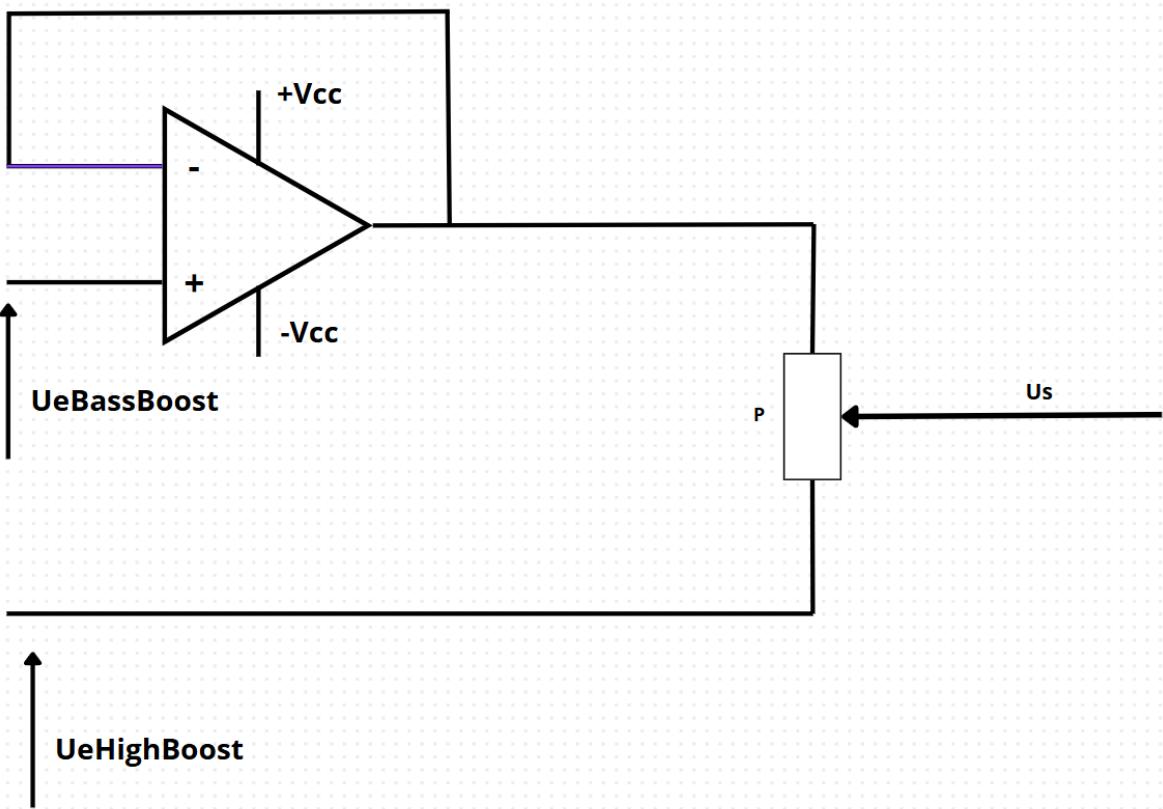
Enfin $f_{\text{mesurée}} = 450 \text{ Hz}$

$$\text{Erreur} = 1 - (f_{\text{mesurée}} / f_{\text{théorique}}) = 1 - (450 / 530) \Rightarrow 16.1\% \text{ d'erreur}$$

Cette erreur est due à l'incertitude des composants.
On a donc le fonctionnement voulu.

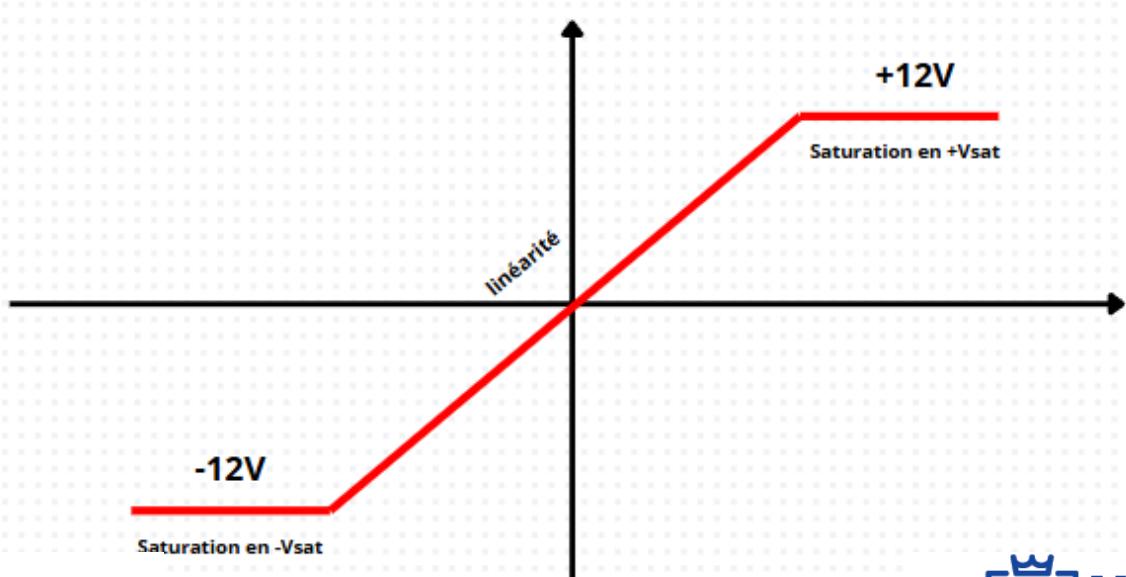
Etude complète du bloc choix:

Schéma:

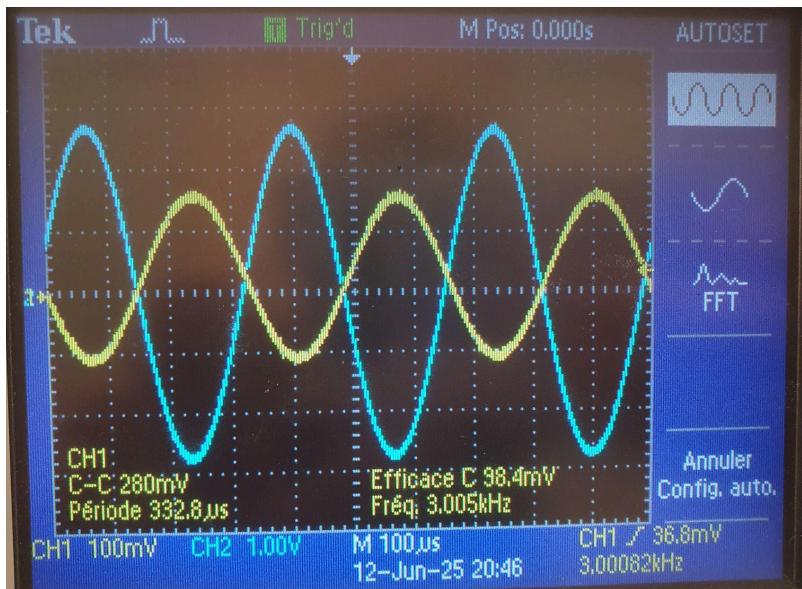


Pour le dimensionnement du potentiomètre p , nous avons choisi de prendre
 $p = 10 \text{ k}\Omega$

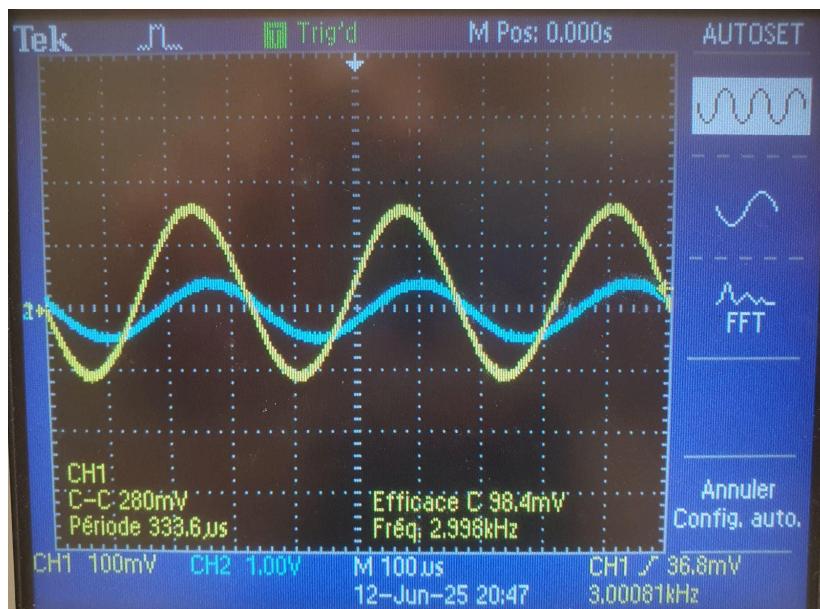
Caractéristique de transfert:



Résultats des mesures:



High-boost

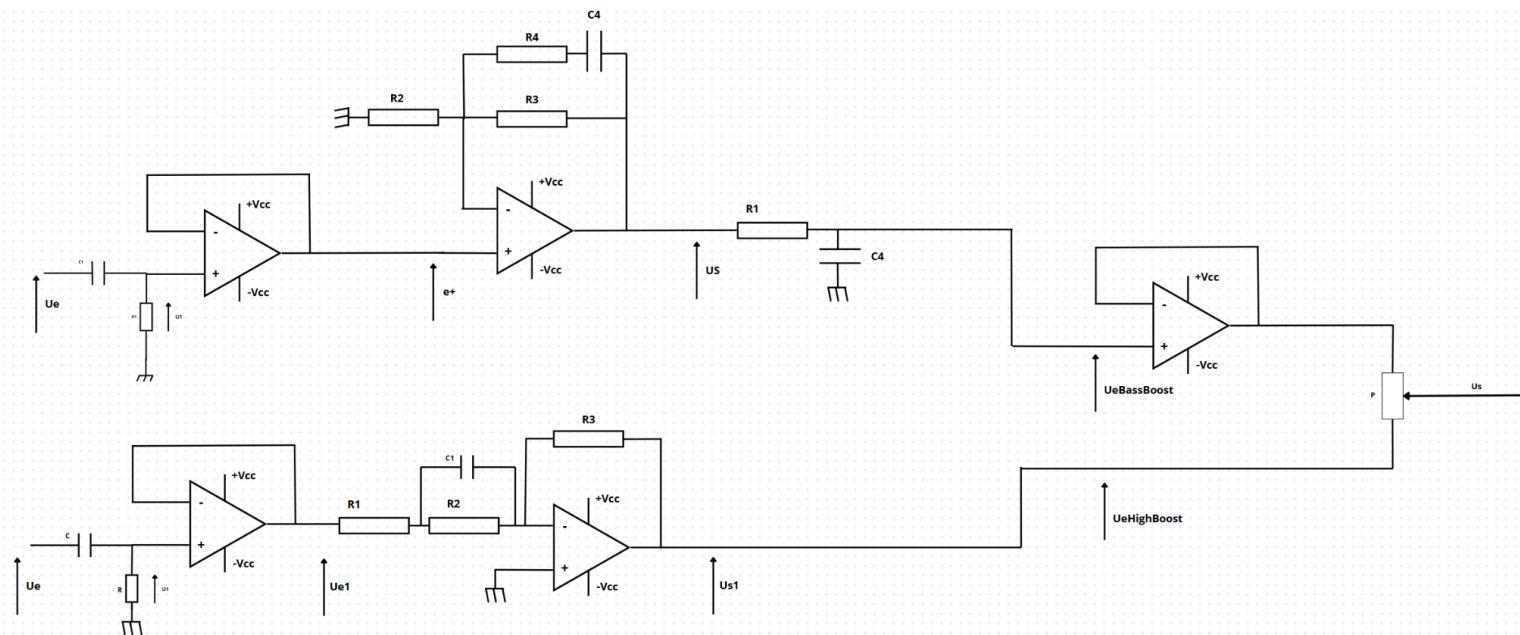


Bass-boost

Résultats des tests:

On peut remarquer qu'à hautes fréquences lorsque l'on passe sur le bass boost, le signal est atténué et lorsque l'on passe sur le High boost le signal est amplifié.

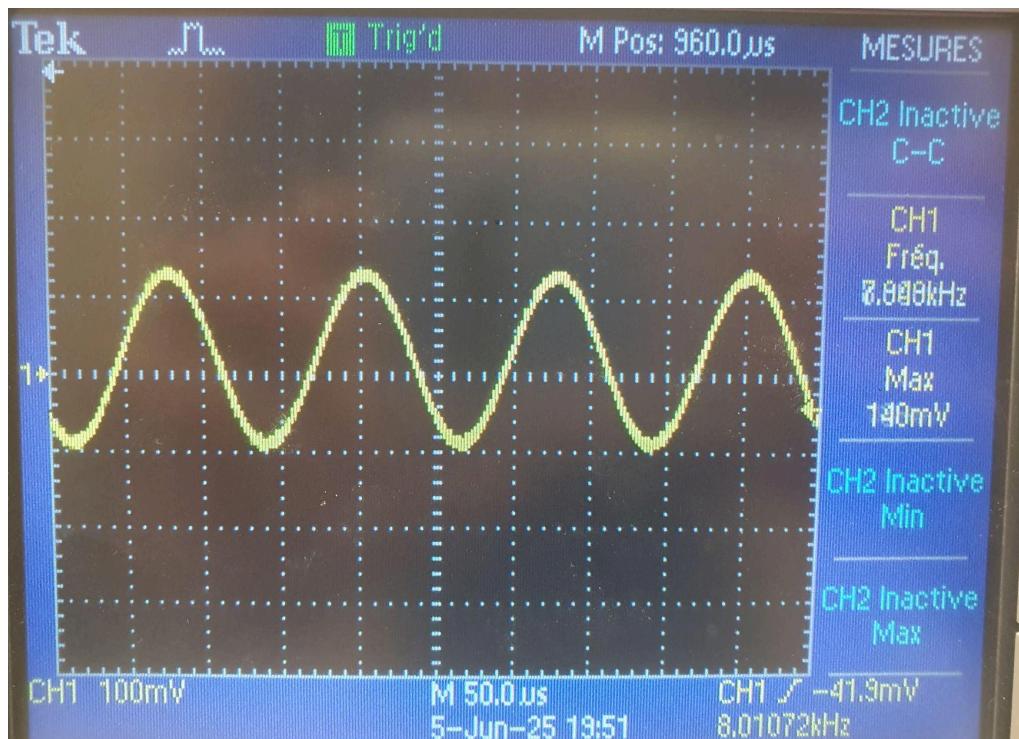
Résultats des simulations des mesures et des tests complets: Schéma:



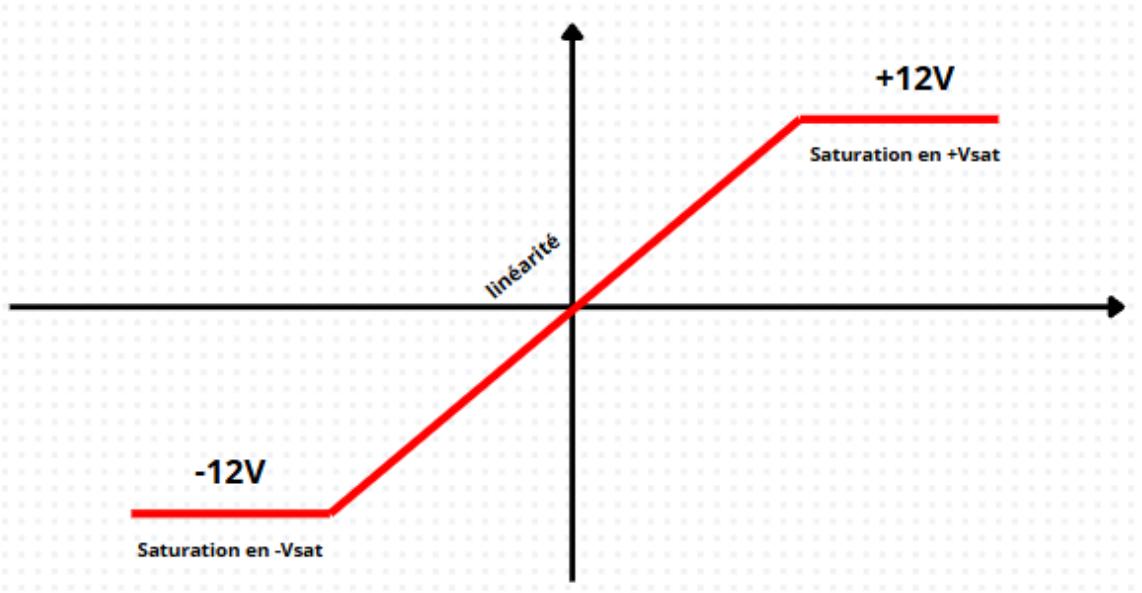
Chronogrammes:

Pour faire nos test nous allons faire:

- un signal sinusoïdale d'amplitude de 140 mV et de fréquence [10;8 000] Hz

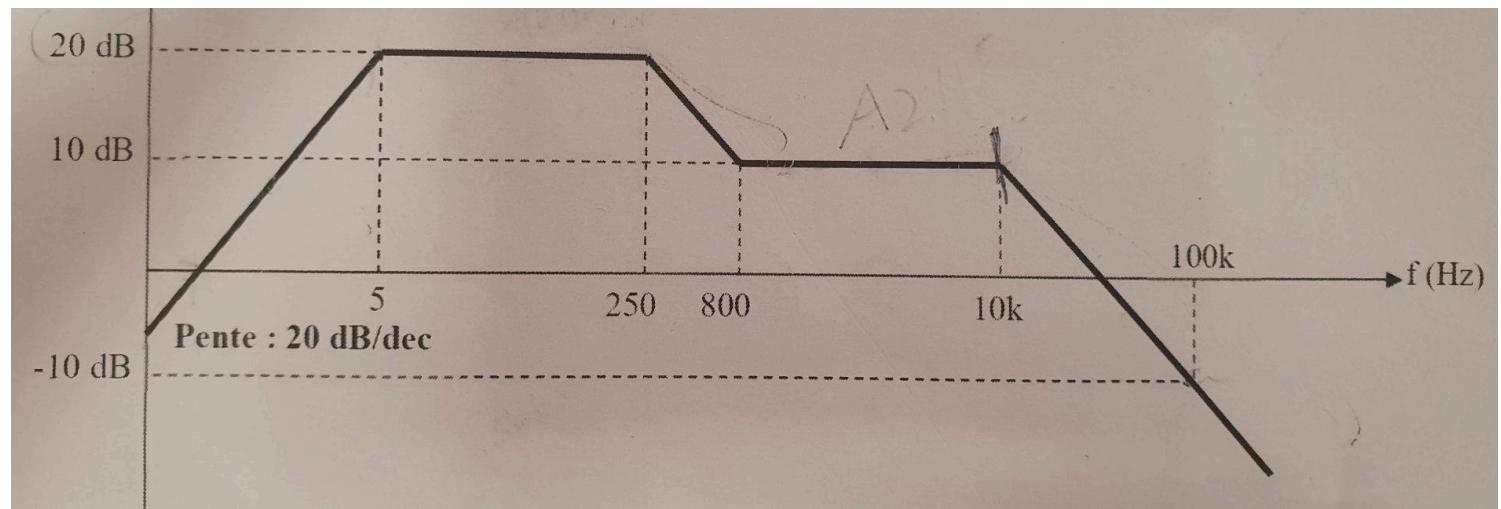


Caractéristiques de transfert:

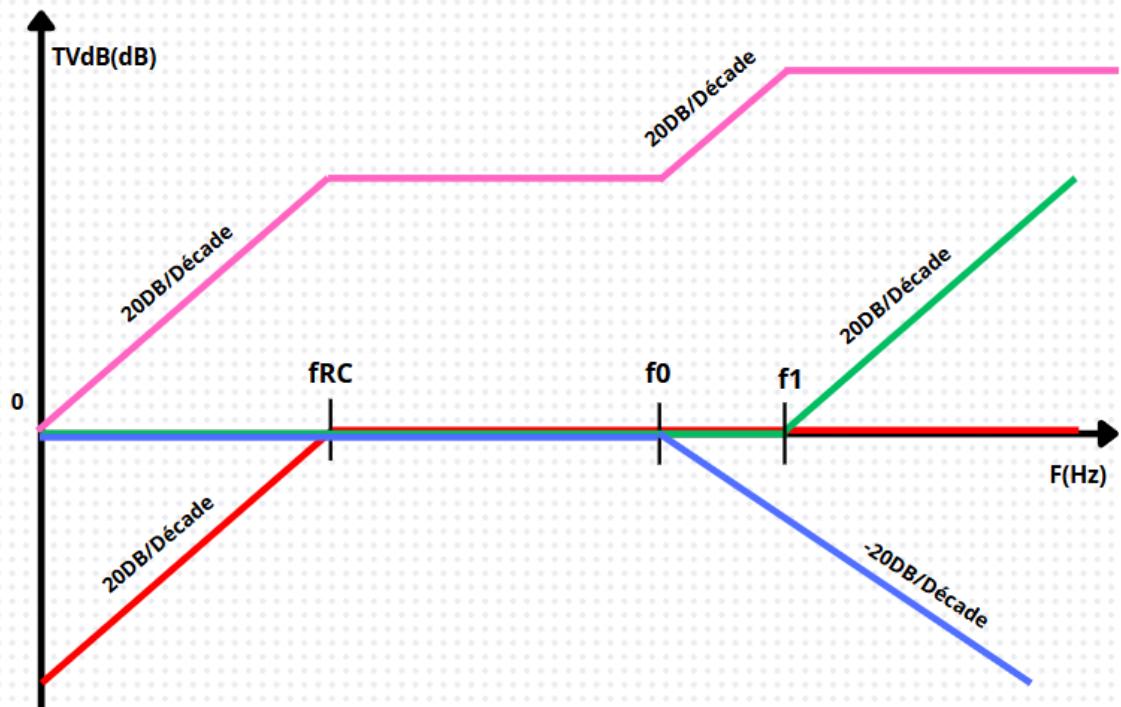


Diagrammes de bode:

filtre bass boost:

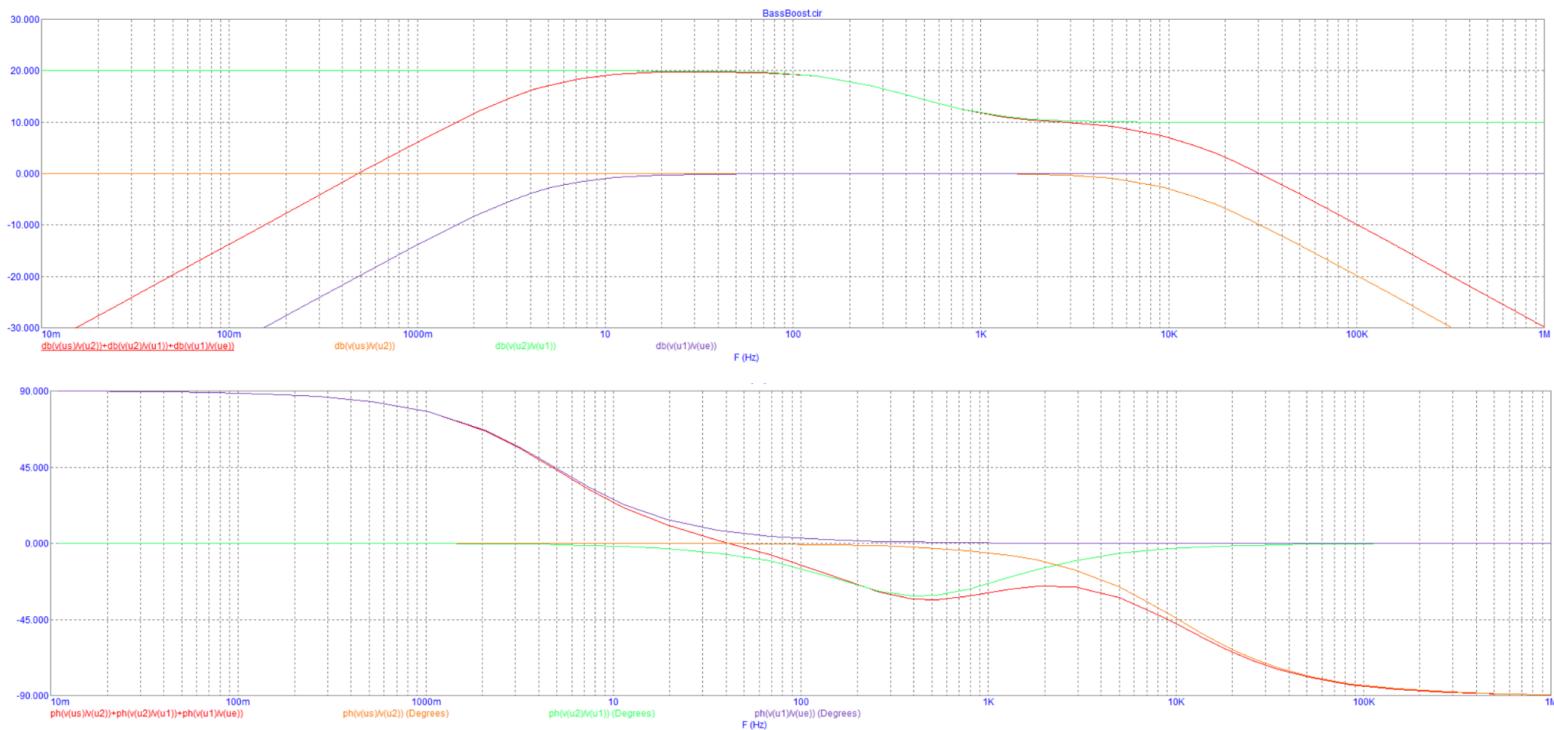
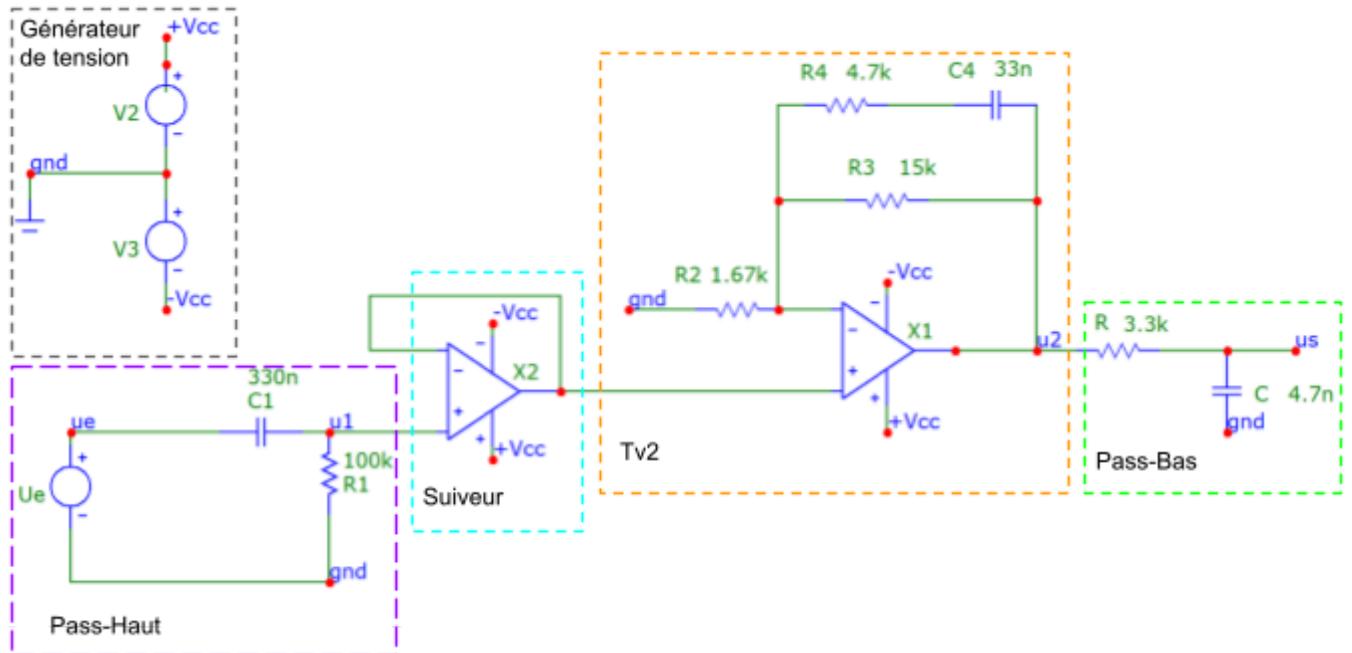


filtre high boost:



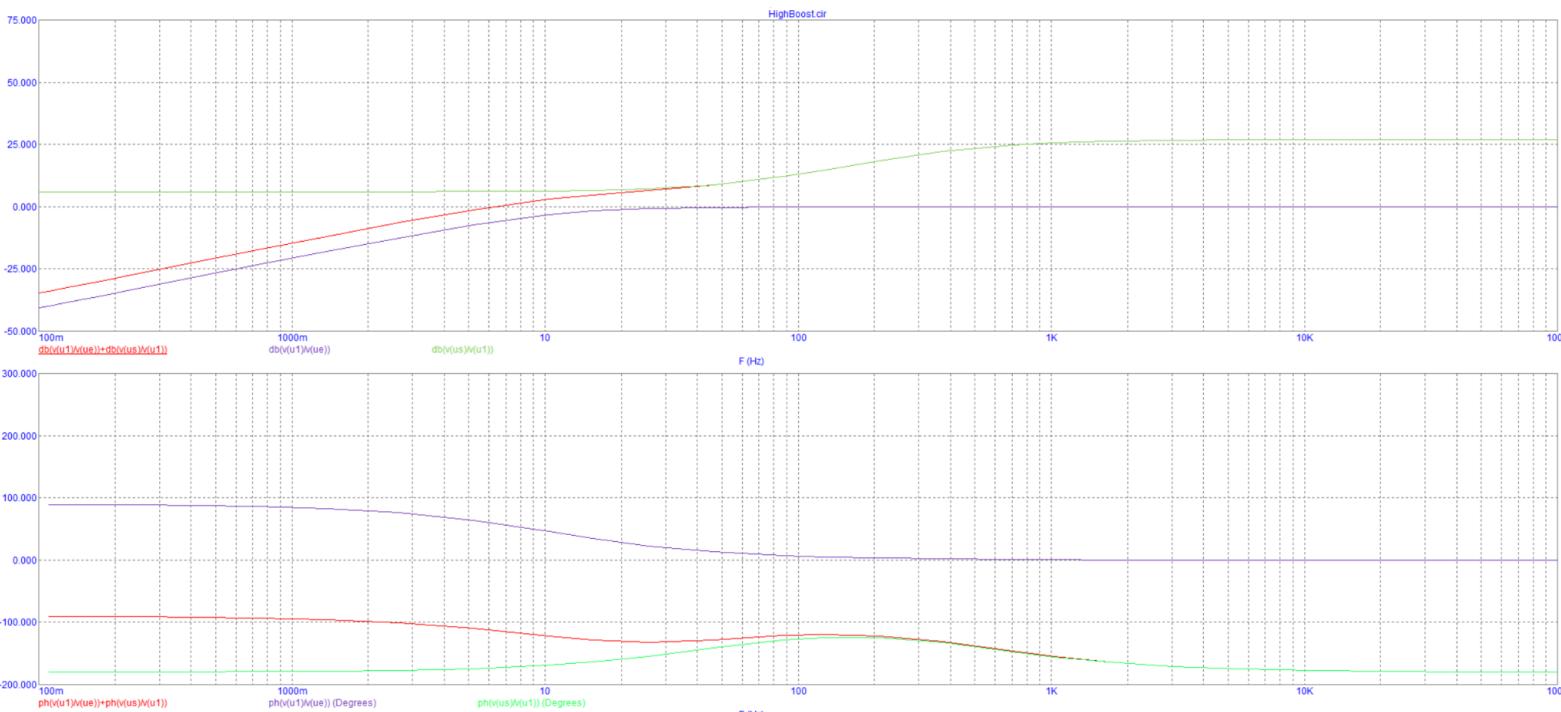
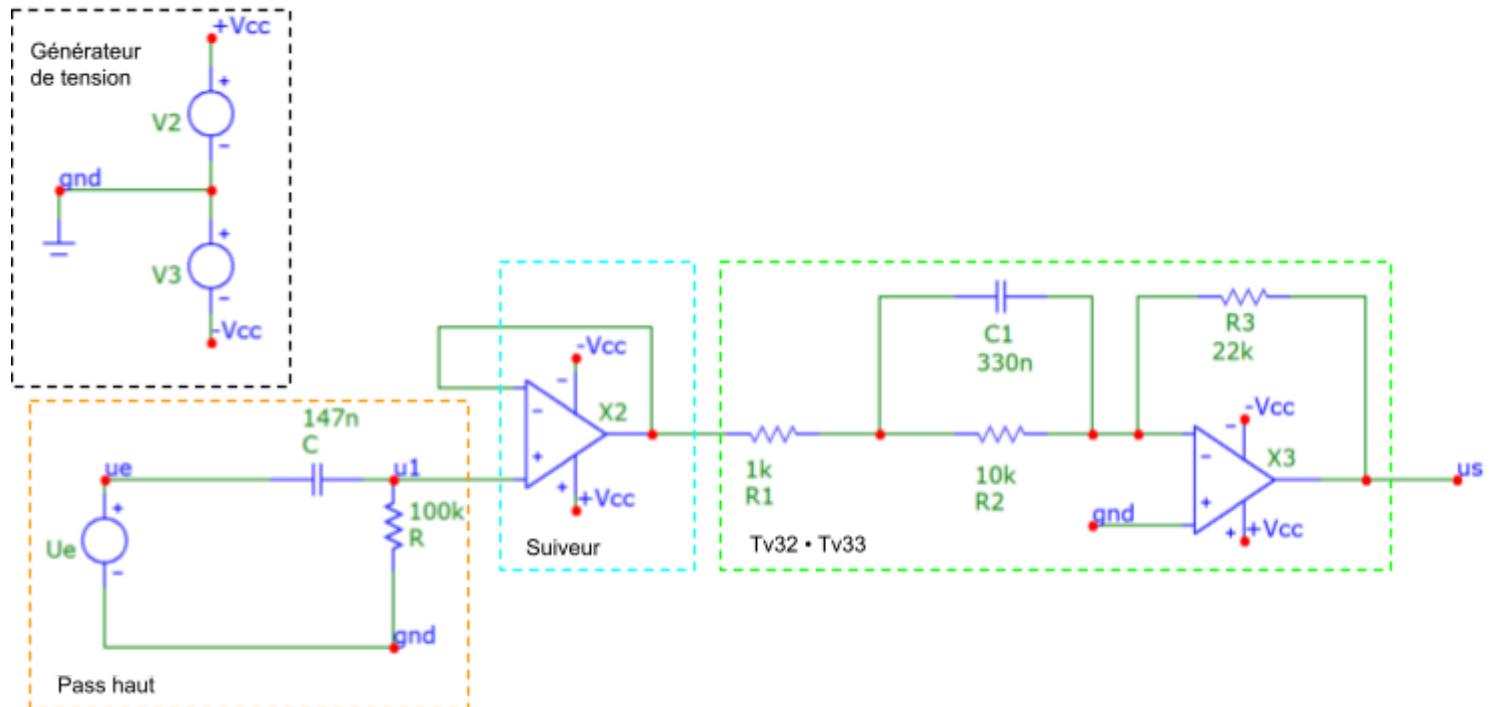
Résultats de la simulation:

filtre Bass-Boost:



Sur ces courbes nous remarquons que nous avons bien une première amplification de 20db suivie d'une deuxième de 10 dB.
 Sur le déphasage nous remarquons un premier déphasage de 90 ° suivie d'un second de -90°.

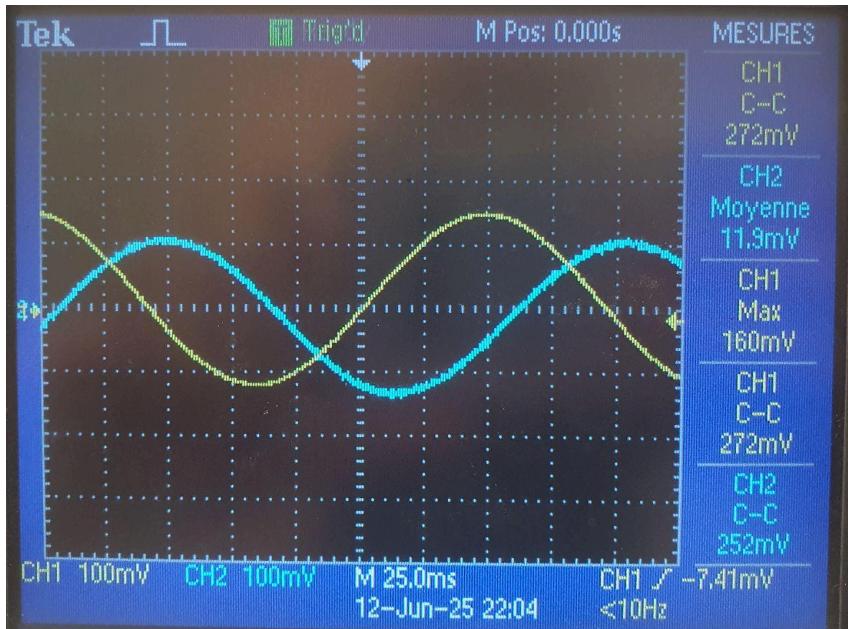
filtre High-boost



Sur ces courbes nous remarquons que nous avons une première amplification de 2 suivis d'une autre de 25.
Le déphasage obtenu est de 90°.

Résultats des mesures:

filtre high boost:



~ U_e

~ U_s

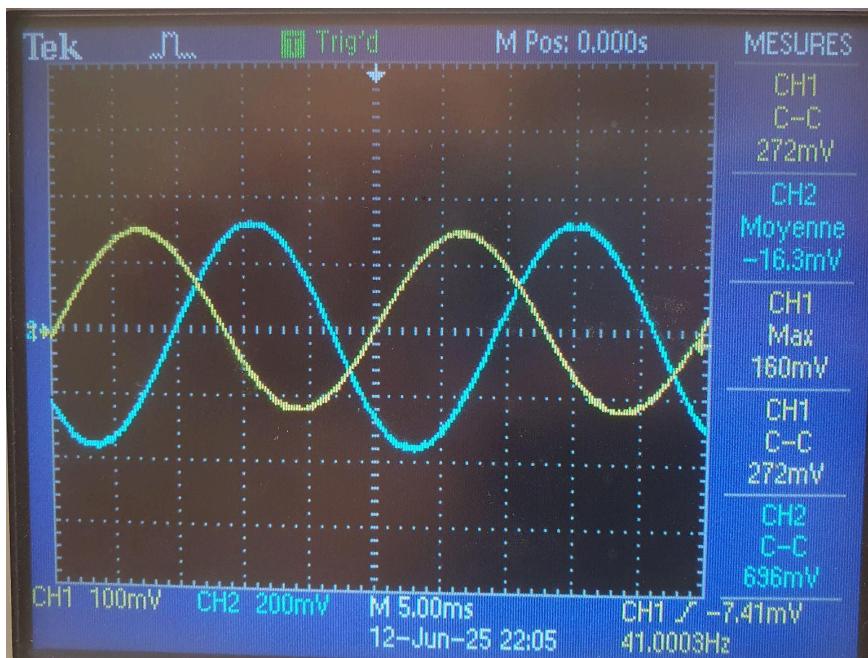
Abscisses = temps
Ordonnées = tension

A une fréquence de moins de 10 Hz:

$$\text{On mesure } V_{\text{entrée}} = 272 \text{ mV}$$

$$V_{\text{sortie}} = 252 \text{ mV}$$

$$A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 252 / 272 = 0.9$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps

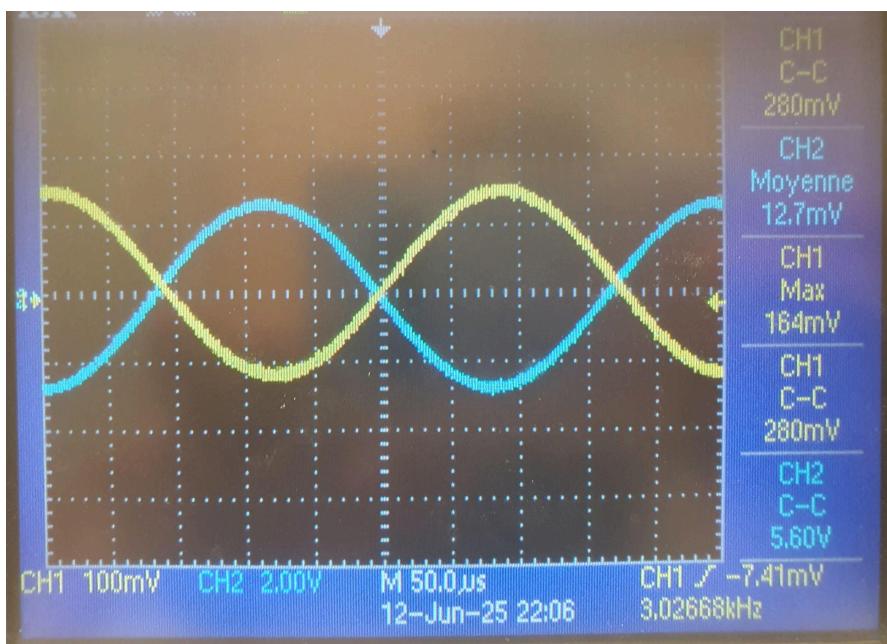
Ordonnées = tension

A une fréquence de 40 Hz:

On mesure $V_{\text{entrée}} = 272 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 692 \text{ mV}$

$$A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 692 / 272 = 2.5$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps

Ordonnées = tension

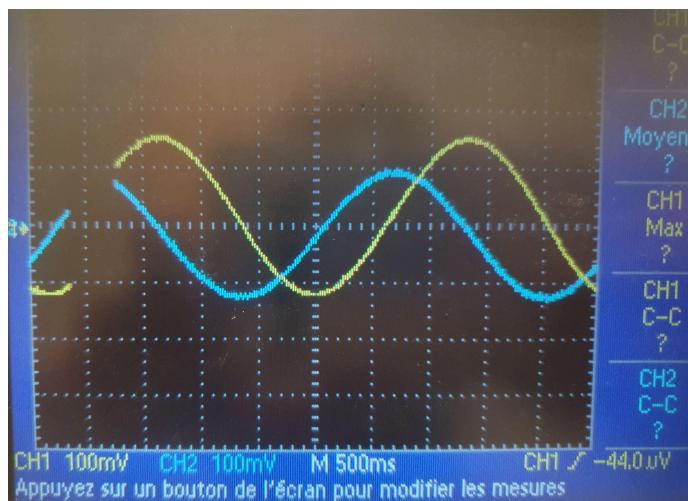
A une fréquence de moins de 3 kHz:

On mesure $V_{\text{entrée}} = 280 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 5600 \text{ mV}$

$$A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 5600 / 280 = 20$$

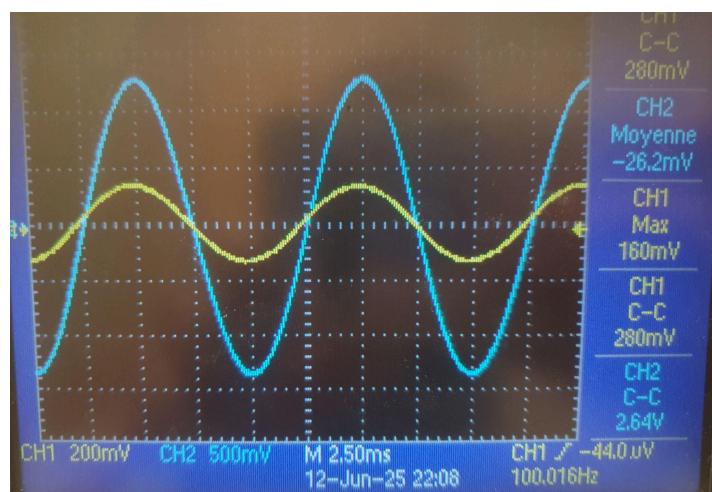
filtre bass boost:



~ Ue
~ Us

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

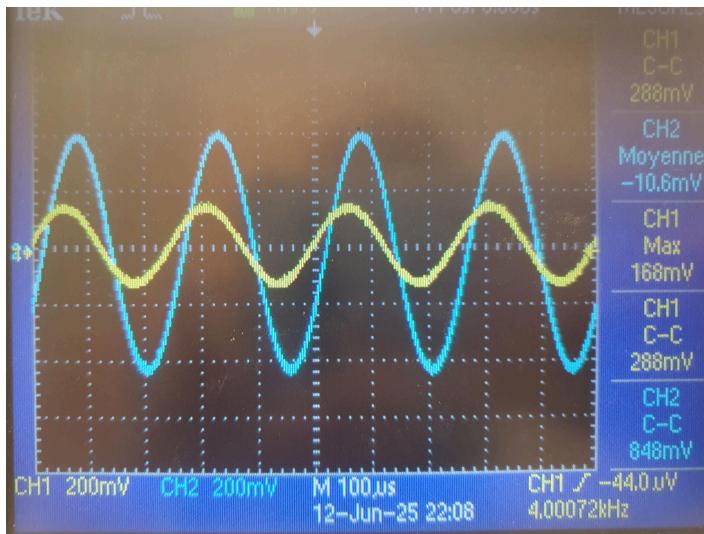
A une fréquence de moins de 10 Hz:
On voit que le signal de sortie est atténué



~ Ue
~ Us

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

A une fréquence de 100 Hz:
On mesure $V_{\text{entrée}} = 280 \text{ mV}$
 $V_{\text{sortie}} = 2640 \text{ mV}$
 $A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 2640 / 280 = 9.4$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

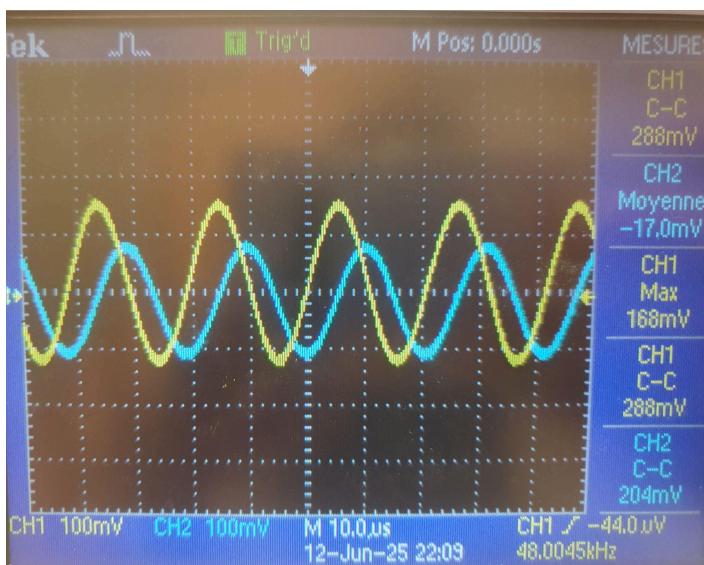
Abscisses = temps
Ordonnées = tension

A une fréquence de 4 kHz:

On mesure $V_{\text{entrée}} = 288 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 848 \text{ mV}$

$$A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 848 / 288 = 2.94$$



$\sim U_e$

$\sim U_s$

Abscisses = temps
Ordonnées = tension

A une fréquence de 48 000 Hz:

On mesure $V_{\text{entrée}} = 288 \text{ mV}$

$V_{\text{sortie}} = 204 \text{ mV}$

$$A = V_{\text{sortie}} / V_{\text{entrée}} = 204 / 288 = 0.7$$

Résultats des tests :

Les mesures précédentes nous permettent d'affirmer que les filtres fonctionnent correctement en cascade, nous avons bien les atténuations et les amplifications là où il faut. Et le changement d'entrée fonctionne également.

Pour plus de précisions, regarder les résultats des tests précédents.

Conclusion :

Pour conclure, nous avons trouvé ce projet très intéressant. Cela nous a permis de mettre une application réelle sur nos cours d'électronique. Tout en ajoutant une touche de plaisir d'apprendre comment créer un filtre basses boost. La principale difficulté que nous avons rencontrée, est lors du dimensionnement de la première étape, où on a bloqué pendant deux semaines (car notre professeur attitré était indisponible et les autres professeurs n'ont su nous débloquer). C'est pour cela que nous n'avons pas pu faire l'étape 5 mais nous sommes contents de nous vu la difficulté du projet.