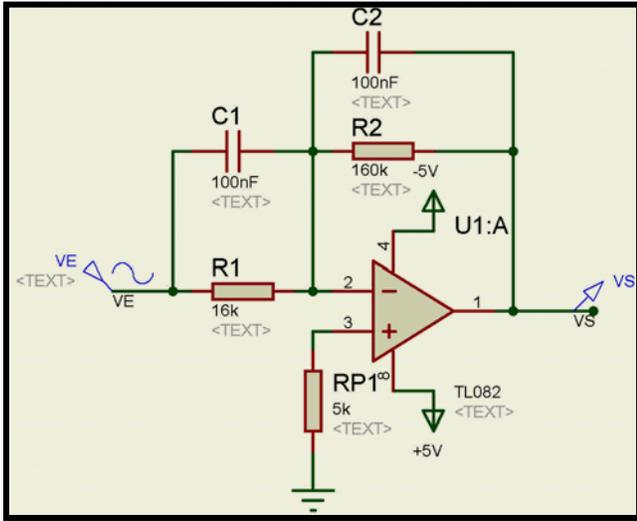


Conception du filtre pour améliorer le signal obtenu sur les haut-parleurs et compenser leurs défauts.

Conception du filtre analogique

Soit le filtre de correction suivant, qui n'est ni plus ni moins qu'un amplificateur inverseur. don chaque impédance est une cellule R/C :



Nous obtenons les équations suivantes :

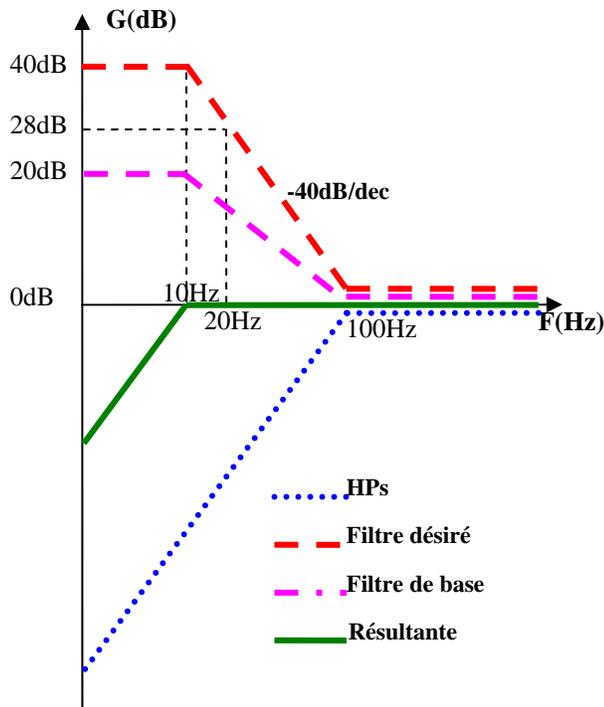
$$\underline{T}(j\omega) = -\frac{Z_{R2C2}}{Z_{R1C1}}$$

$$\underline{T}(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1} \times \frac{1 + jR_1C_1\omega}{1 + jR_2C_2\omega}$$

$$\underline{T}(j\omega) = -A_0 \times \frac{1 + j\frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$$

avec $A_0 = \frac{R_2}{R_1}$, $\omega_1 = \frac{1}{R_1C_1}$ et $\omega_2 = \frac{1}{R_2C_2}$

Prenons comme gabarit désiré le rouge, il nous faut reproduire deux fois le filtre précédent (le mauves) pour le réaliser :



Cela donne pour le mauve :

$$A_{01} = \frac{R_2}{R_1} = 10, \quad \omega_1 = 20\pi \text{ rad.s}^{-1} \quad \text{et} \quad \omega_2 = 200\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

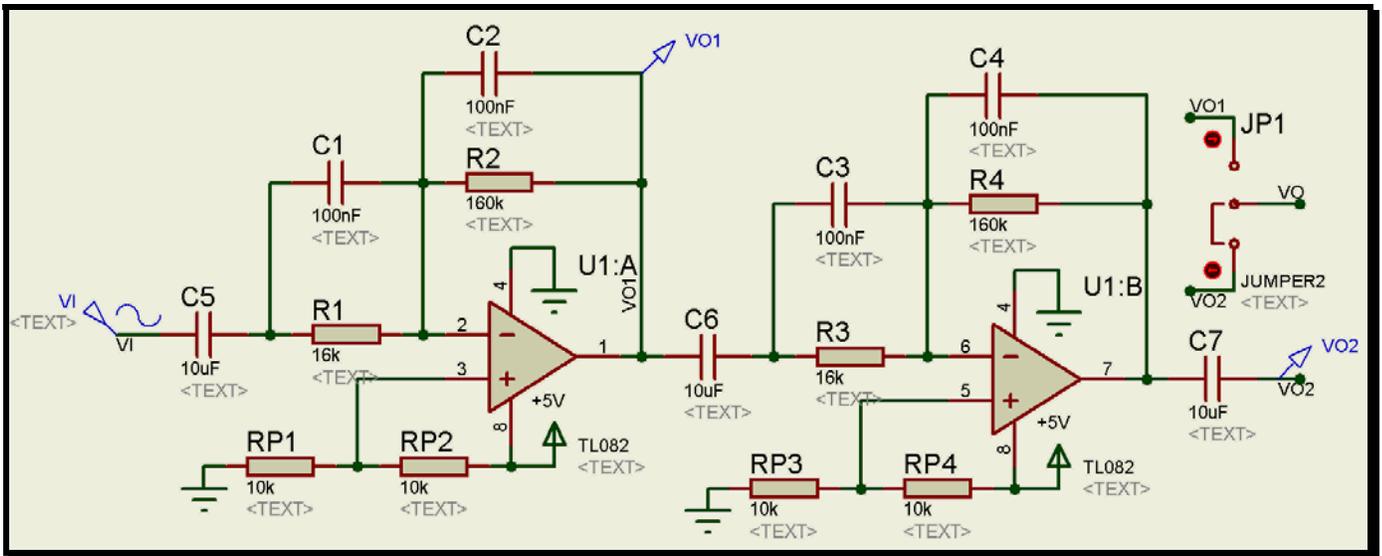
Prenons :

$$C_1 = C_2 = 100\text{nF}, \quad \text{donc} \quad R_1 = 16\text{k}\Omega \quad \text{et} \quad R_2 = 160\text{k}\Omega$$

Donc le filtre global désiré donne :

$$A_{02} = \frac{R_2}{R_1} = 100, \quad \omega_1 = 20\pi \text{ rad.s}^{-1} \quad \text{et} \quad \omega_2 = 200\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

Comme l'alimentation est de 0/5V, il faut décaler le signal (biased-filter). Cela donne :



Il est probable que l'amplification soit trop importante lorsque l'on s'approche des 20Hz par fréquences descendantes. Cela risque de saturer l'amplificateur en sortie ! En effet, un signal de +/- 100mV à 200mV (sortie max ligne standard) donnera après amplification par 100 : +/- 10V à 20V, or nous sommes alimentés en 0/5V !!! De plus, quand bien même cela ne poserait pas de problème à ce stade, le tpa2008d2 risque de bien trop saturer !

De toute manière, avec cette correction, il ne faudra pas mettre le volume du tpa2008d2 au maximum, au risque sinon de saturer excessivement sur les basses fréquences !

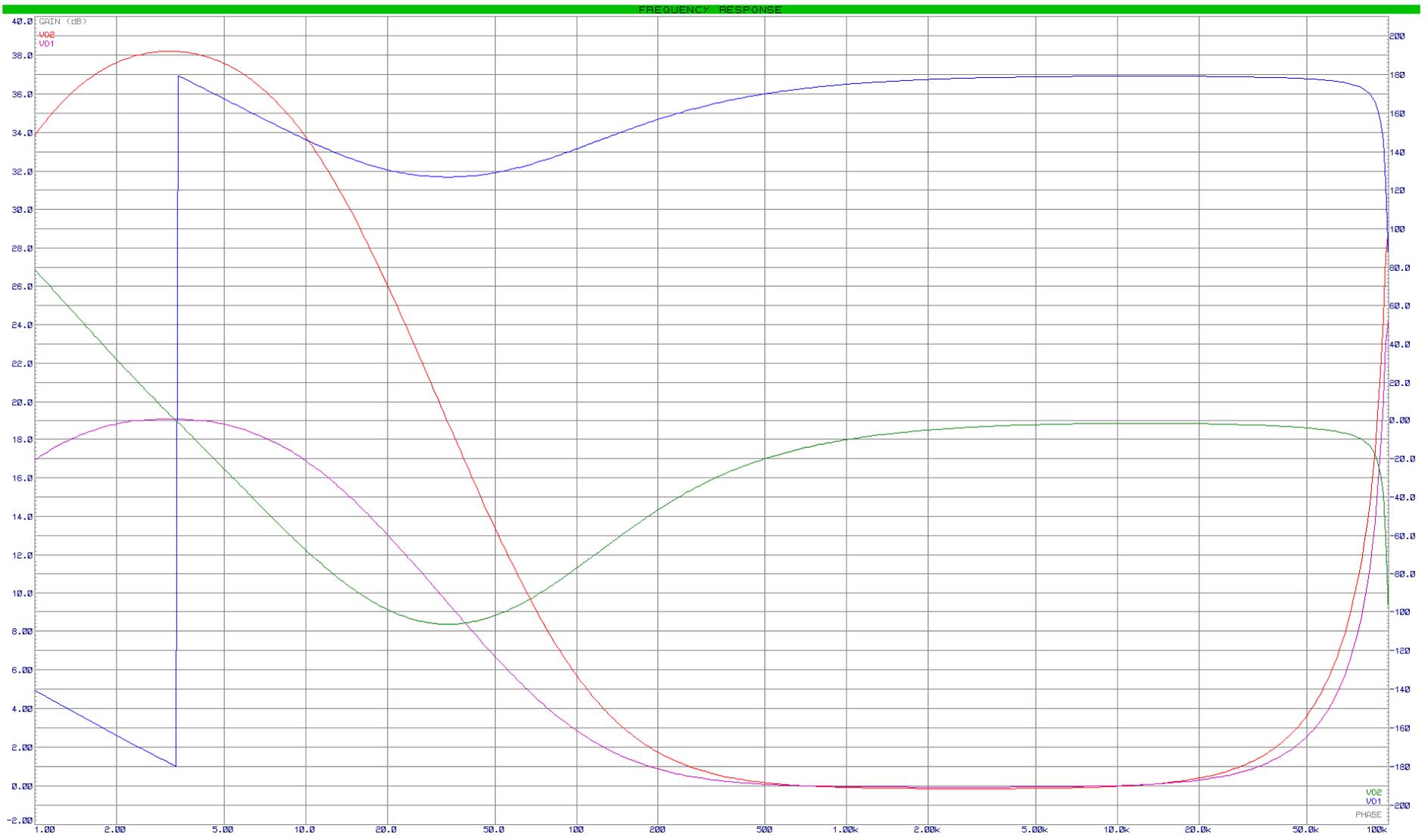
Donc il vaut mieux prévoir de pouvoir n'utiliser qu'un exemplaire du filtre

- Cela peut se faire à l'aide d'un cavalier deux positions (on pourrait ensuite permettre cela à l'aide d'un multiplexeur analogique deux vers un, pour pouvoir choisir avec un des boutons poussoirs, avec la HiFi box fermée).
- Ou bien, on n'utilise définitivement qu'un filtre !

Réponse du filtre

En violet et bleu, le gain et la phase du filtre de base.

En rouge et vert, le gain et la phase (avec petit saut de 2π radians) du filtre désiré.



Simulation du filtre analogique avec un DSP

Il faut procéder à la transformée en Z du filtre, sous forme standard (polynomiale), et ainsi en extraire les paramètres pour une représentation *biquad*.

Attention, il faut inverser les rangs, car pour un biquad, les rangs correspondent aux puissances de Z inversé : Z⁰, Z¹, Z², etc...

Filtre de base

Équation du filtre de base : $T(j\omega) = -10 \times \frac{1 + 0.0016j\omega}{1 + 0.016j\omega}$

Forme polynomiale :

Numérateur :
-0.016
-10
Dénominateur :
0.016
1

Transformée en Z, forme standard, échantillonnage à 48kHz :

$$\frac{-1.005855562784857 * Z + .9928432010407303}{Z - .9986987638255873}$$

Vecteurs, forme standard, pour *biquad* (rang, numérateur (b), dénominateur (a)) :

1	b0=-1.005855562784857	1
0	b1=.9928432010407303	-a1=-.9986987638255873

Transformée en Z, forme cascadée, échantillonnage à 48kHz :

$$\frac{-1.005855562784857 (Z - .9870633893915144)}{Z - .9986987638255873}$$

Vecteurs, forme cascadée :

K = -1.005855562784857
Term 1:
1, -.9870633893915144
1, -.99869876382558731, -.9987

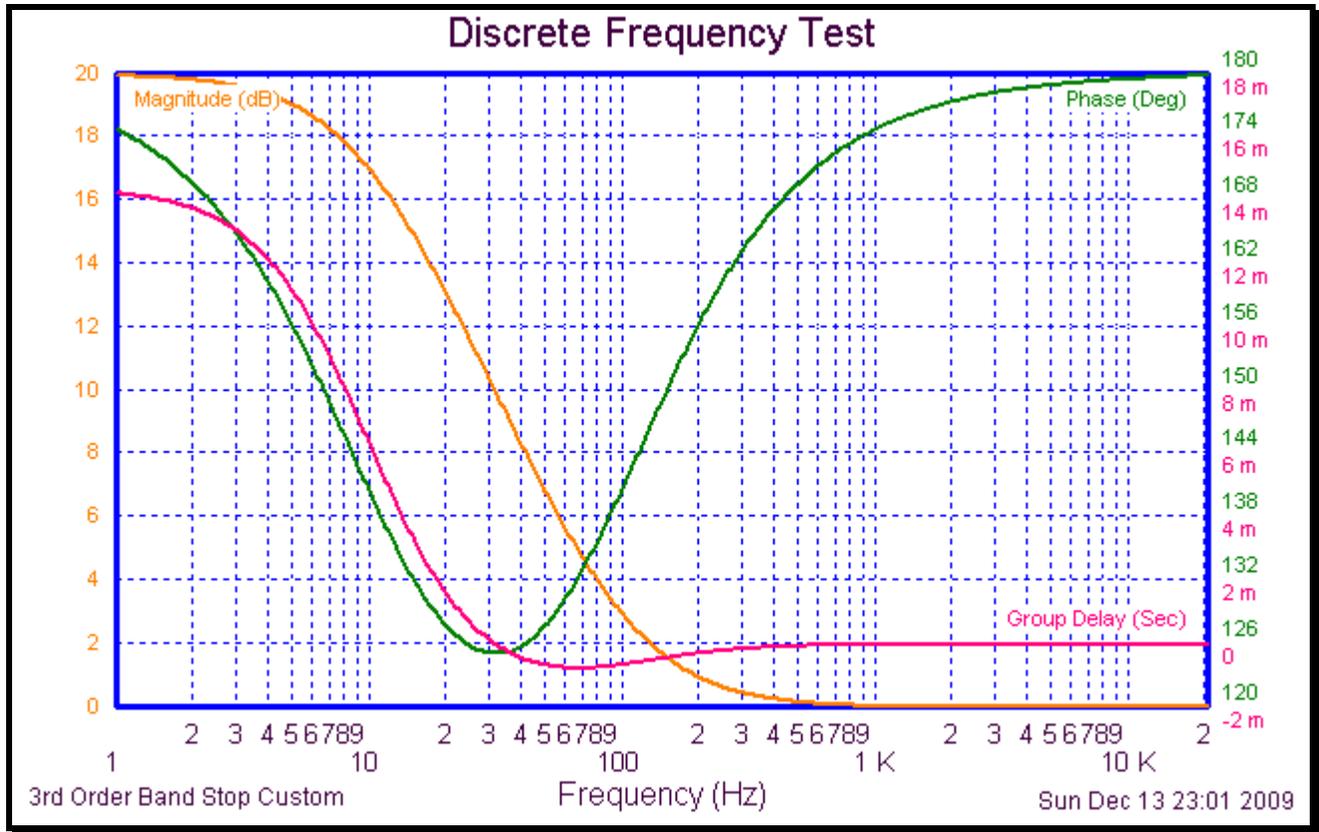
Transformée en Z, forme paramétrique, échantillonnage à 48kHz :

$$-1.005855562784857 + \frac{-1.170350609959693e-02}{Z - .9986987638255873}$$

Vecteurs, forme paramétrique :

K = -1.005855562784857
Term 1:
-1.170350609959693e-02
1, -.9986987638255873

Diagramme de Bode de gain et phase obtenu :



Filtre désiré

Équation du filtre de base : $T(j\omega) = 100 \times \frac{1 + 0.0032j\omega + 0.00000256(j\omega)^2}{1 + 0.032j\omega + 0.000256(j\omega)^2}$

Forme polynomiale :

Numérateur :
 0.000256
 0.32
 100
 Dénominateur :
 0.000256
 0.032
 1

Transformée en Z, forme standard, échantillonnage à 48kHz :

$$\frac{1.011745413185242 \cdot Z^2 - 1.997313713479885 \cdot Z + .9857376218528039}{Z^2 - 1.997397527651175 \cdot Z + .9973992208667562}$$

Vecteurs, forme standard, pour *biquad* (rang, numérateur (b), dénominateur (a)) :

2	b0=1.011745413185242	1
1	b1=-1.997313713479885	-a1=-1.997397527651175
0	b2=.9857376218528039	-a2=.9973992208667562

Transformée en Z, forme cascadée, échantillonnage à 48kHz :

$$1.011745413185242 (Z - .9870633893915144) (Z - .9870633893915144)$$

$$(Z - .9986987638255873) (Z - .9986987638255873)$$

Vecteurs, forme cascadée :

$$K = 1.011745413185242$$

Term 1:

$$1, -.9870633893915144$$

$$1, -.9986987638255873$$

Term 2:

$$1, -.9870633893915144$$

$$1, -.9986987638255873$$

Transformée en Z, forme paramétrique, échantillonnage à 48kHz :

$$-1.005855562784857 + \frac{-1.170350609959693e-02}{Z - .9986987638255873}$$

Vecteurs, forme paramétrique :

$$K = -1.005855562784857$$

Term 1:

$$-1.170350609959693e-02$$

$$1, -.9986987638255873$$

Diagramme de Bode de gain et phase obtenu :

