

# Cours : Electronique

## Devoir : Synthèse de filtre

Formateur : Pr. Yannick Dusch

Othmane Belbchir

L'objectif de ce devoir TP est de vérifier numériquement le comportement des filtres passe-bas et passe-bande dimensionnés dans le cours et le TD, en utilisant LTspice.

### 1. Filtre passe-bas

Nous avons le cahier des charges du filtre passe-bas étudié dans le cours :

Type de filtre	Passe-bas
Fréquence de coupure	1 kHz
Début de bande d'arrêt (BA)	4 kHz
Atténuation minimale dans la BA	45 dB
Contrainte	Amplitude la plus plate possible dans la BP

Nous allons vérifier que le dimensionnement des résistances pour l'implémentation de la structure Biquad est correct. Pour cela, nous allons utiliser les fichiers LTspice MAX274.asc (1 seule cellule Biquad) et MAX274\_2.asc (2 cellules Biquad).

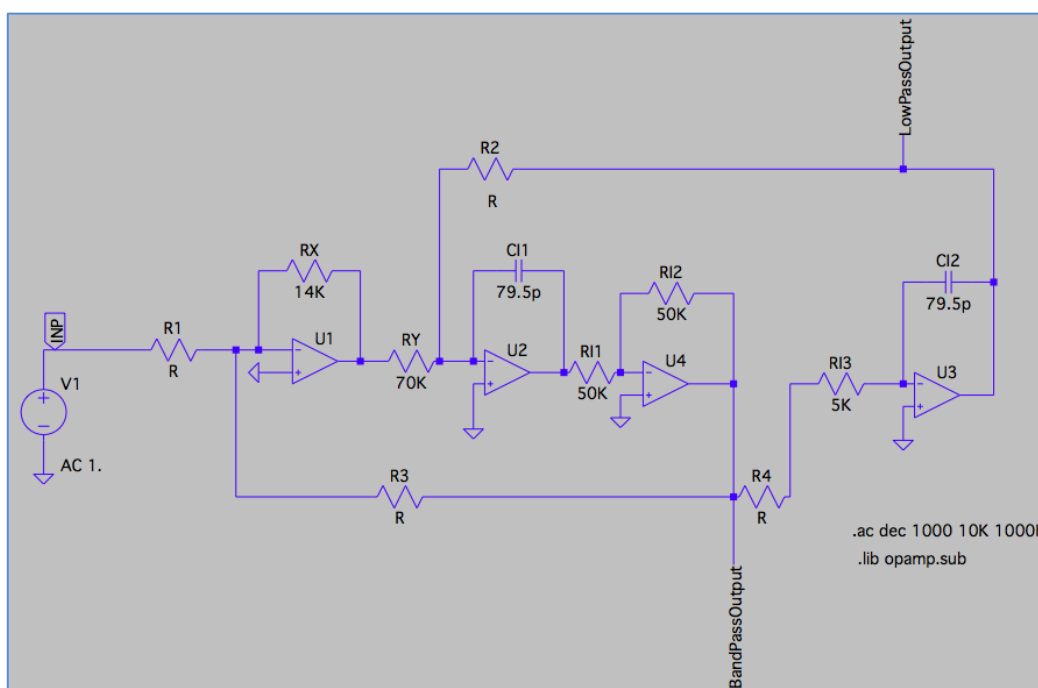


Figure 1 : Capture du montage de la structure Biquad MAX274

D'après le cours, nous avons les paramètres des 2 cellules Biquad avec FC = GND

$$R_2 = \frac{2 \times 10^9}{f_0} \approx 2 \text{ M}\Omega$$

$$R_4 = R_2 - 5 \text{ k}\Omega \approx 1.995 \text{ M}\Omega$$

**Section 1 :**

$$R_3 = Q_{LP,1} R_2 \left( \frac{R_X}{R_Y} \right) \approx 522.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_2}{H_{OLP}} \left( \frac{R_X}{R_Y} \right) \approx 400 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{2 \times 10^9}{f_0} \approx 2 \text{ M}\Omega$$

$$R_4 = R_2 - 5 \text{ k}\Omega \approx 1.995 \text{ M}\Omega$$

**Section 2 :**

$$R_3 = Q_{LP,1} R_2 \left( \frac{R_X}{R_Y} \right) \approx 216.48 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_2}{H_{OLP}} \left( \frac{R_X}{R_Y} \right) \approx 400 \text{ k}\Omega$$

Après paramétrage du signal d'entrée et de la simulation, nous obtenons le résultat suivant :

- Pour le premier étage

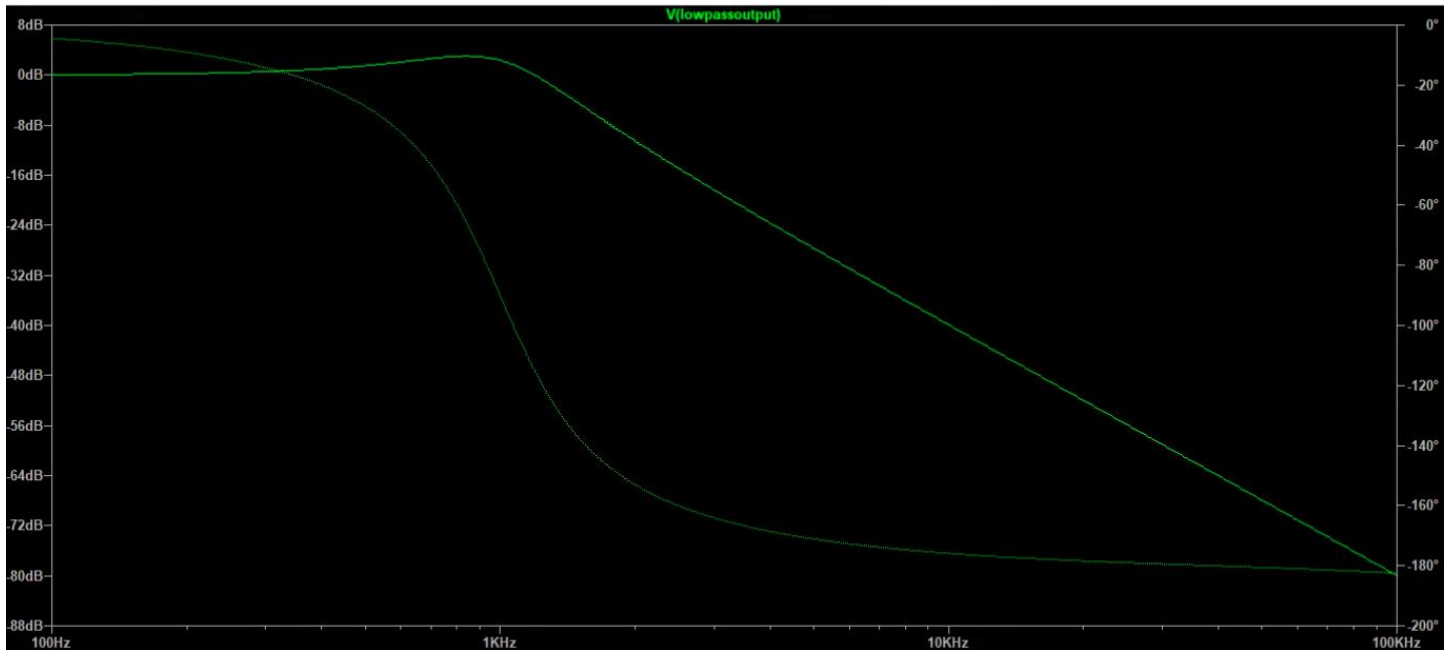


Figure 2 : Capture de la simulation (LP) du premier étage de la structure

- Pour le second étage

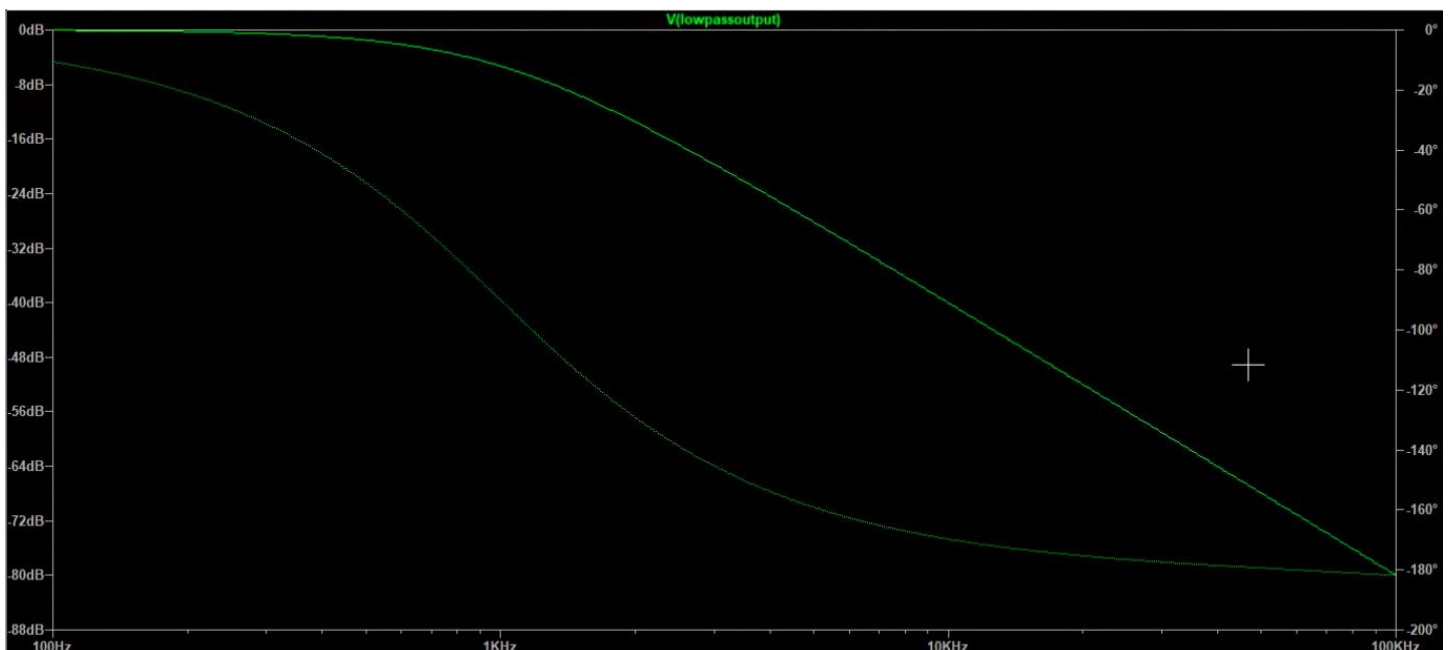


Figure 3 : Capture de la simulation (LP) du deuxième étage de la structure

- Pour les deux étages

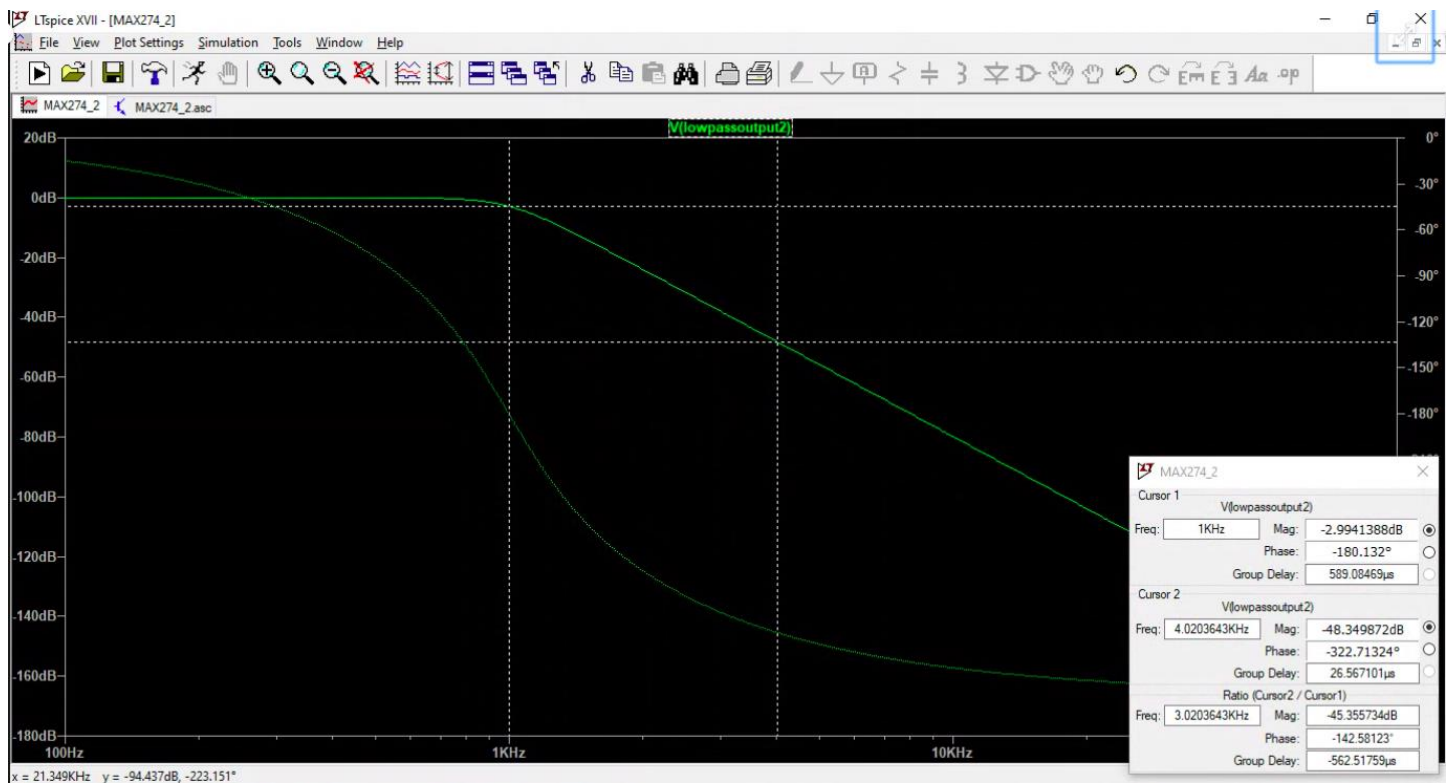


Figure 4 : Capture de la simulation (LP) des 2 étages de la structure de Biquad

- Nous avons bien une amplitude très plate dans la BP.
- Nous avons une fréquence de coupure à un 1 KHz et une atténuation minimale dans la BA respectée (à  $f = 4$  KHz, nous avons une valeur de -48 dB)

La mise en commun des deux étages répond donc bien au cahier des charges de notre filtre passe-bas souhaité.

## 2. Filtre passe-bande

Nous avons le cahier des charges du filtre passe-bande étudié dans le TD :

Type de filtre	Passe-bande
Fréquence centrale	10 kHz
Bande passante (BP)	$B = 1$ kHz
Bande d'atténuation (BA)	$B' = 3$ kHz
Atténuation minimale dans la BA	10 dB
Contrainte	Amplitude la plus plate possible dans la BP

### A. Structure Biquad

D'après le TD, nous avons les paramètres de la structure Biquad avec FC = GND

$$R_2 = \frac{1}{2\pi f_0 C} \approx 200 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = R_2 - 5 \text{ k}\Omega \approx 195 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = Q \sqrt{R_2(R_4 + 5 \text{ k}\Omega)} \frac{R_X}{R_Y} \approx 400 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_3}{K} \approx 400 \text{ k}\Omega$$

Après paramétrage du signal d'entrée et de la simulation, nous obtenons le résultat suivant :

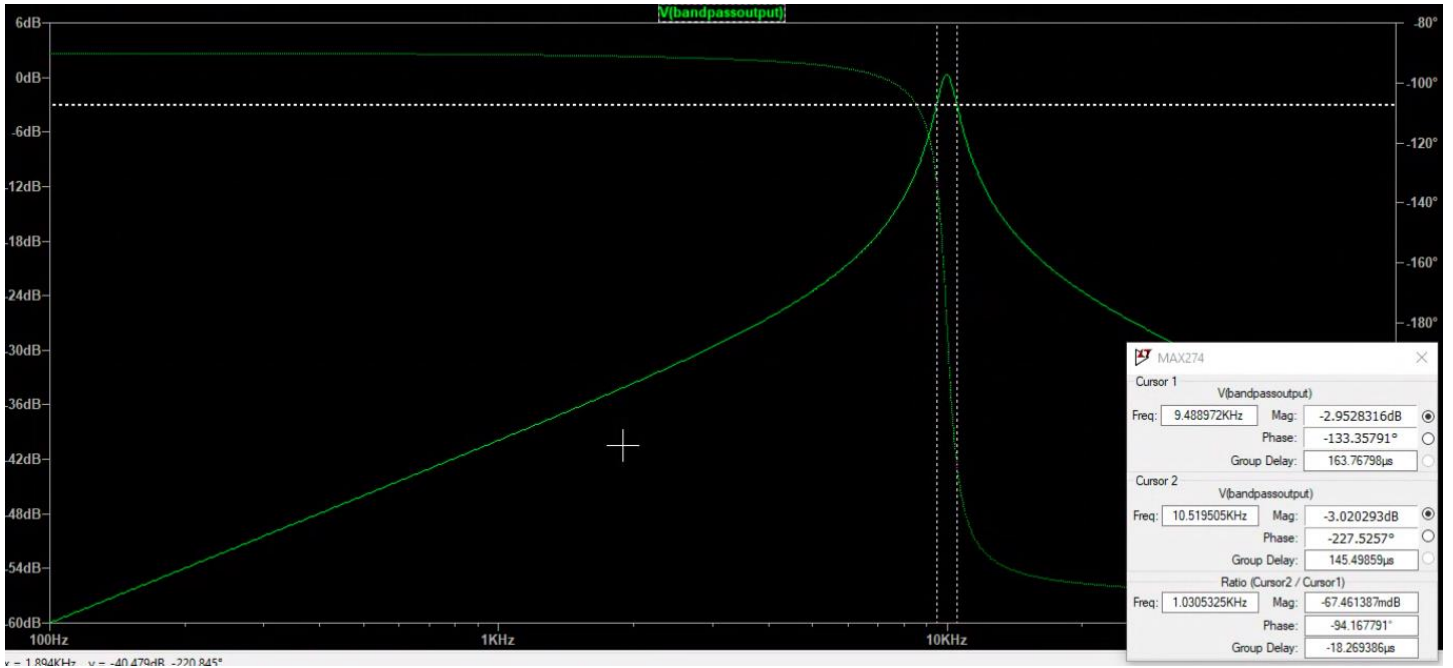


Figure 5 : Capture de la simulation (BP) de la structure de Biquad

- Nous avons à moins -3 dB deux fréquences de coupures  $f_1 \approx 9488$  Hz et  $f_2 \approx 10519$  Hz avec  $f_2 - f_1 = 1031$  Hz

Ces valeurs sont presque similaires aux valeurs trouvées dans le TD.

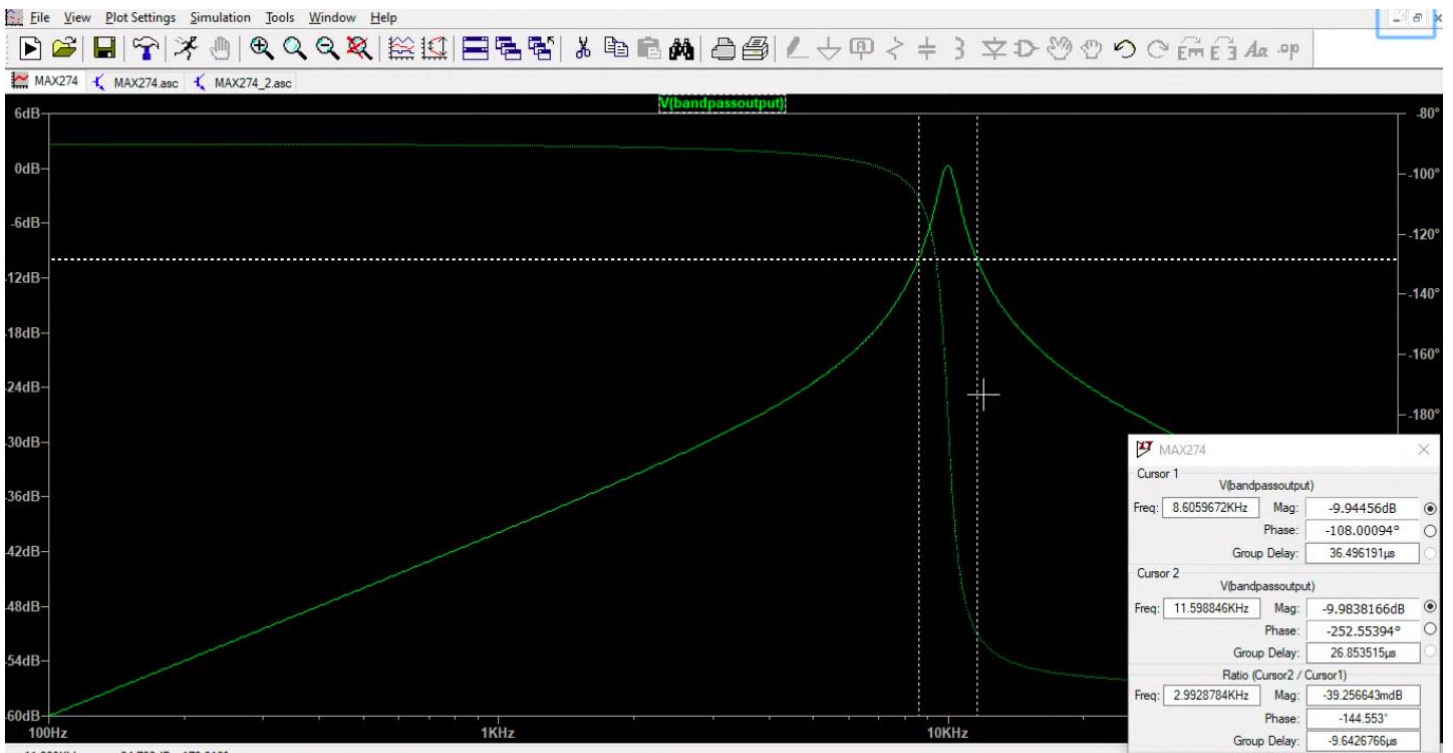


Figure 6 : 2<sup>ème</sup> capture de la simulation (BP) de la structure de Biquad

- Nous avons à moins -10 dB deux fréquences de coupures  $f''_1 \approx 8605$  Hz  $< f'_1$  et  $f''_2 \approx 11598$  Hz  $> f'_2$

Ainsi, la bande d'atténuation à -10 dB est bien respectée.

Notre courbe rentre bien dans le Gabarit du filtre passe-bande souhaité et donc notre structure Biquad est bien dimensionnée.

## B. Structure à un amplificateur opérationnel

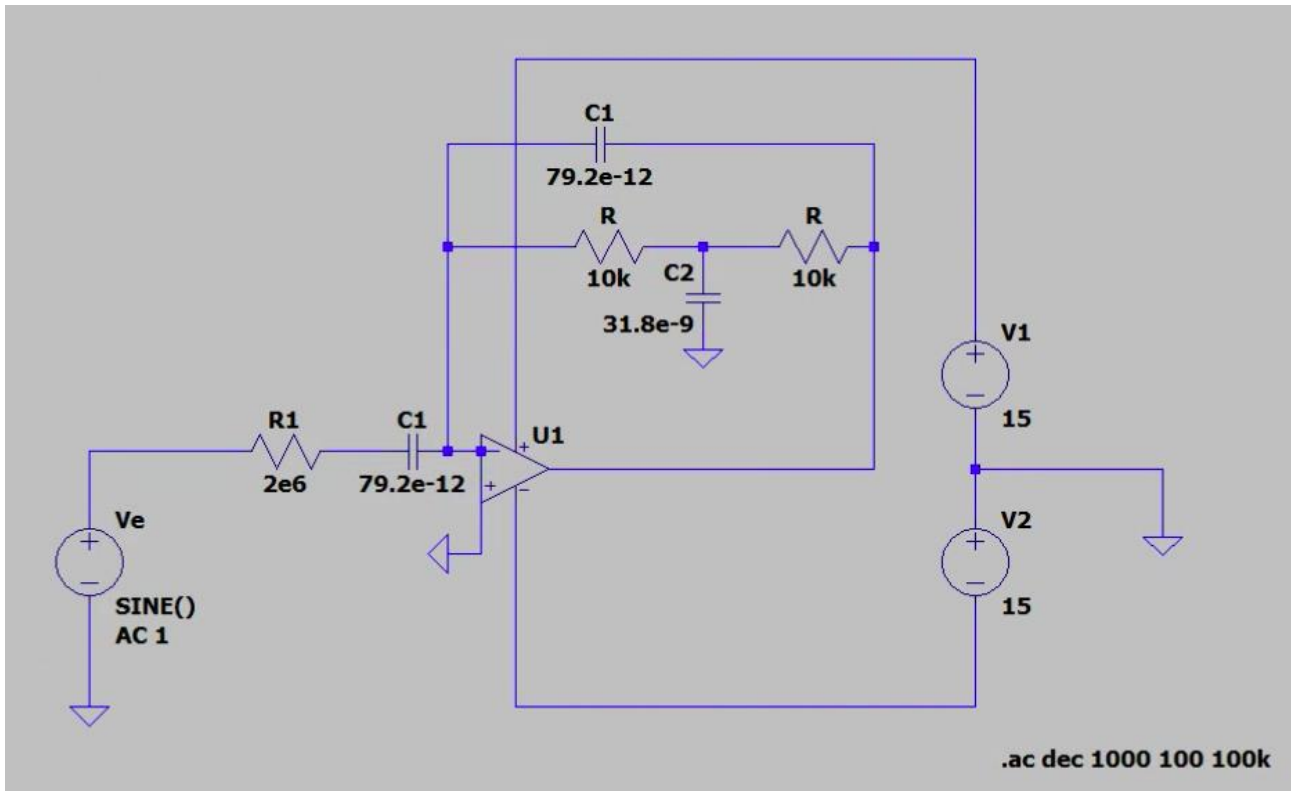


Figure 7 : Capture du montage de la structure à un amplificateur opérationnel "UniversalOpamp2"

Nous avons d'après le TD, par identification, les paramètres de la structure. Avec  $R_1 = (RC_2)/(2C_1)$  et  $R = 10 \text{ K}\Omega$

$$C_2 = \frac{1}{\pi B R}$$

$$C_1 = \frac{1}{R^2 \omega_0^2 C_2} = \frac{\pi B}{R \omega_0^2}$$

L'application numérique donne :

$$C_2 \approx 31,8 \text{ nF} \text{ et } C_1 \approx 79,2 \text{ pF}$$

Ainsi

$$R_1 \approx 2,0 \text{ M}\Omega$$

Après paramétrage du signal d'entrée et de la simulation, nous obtenons le résultat suivant :

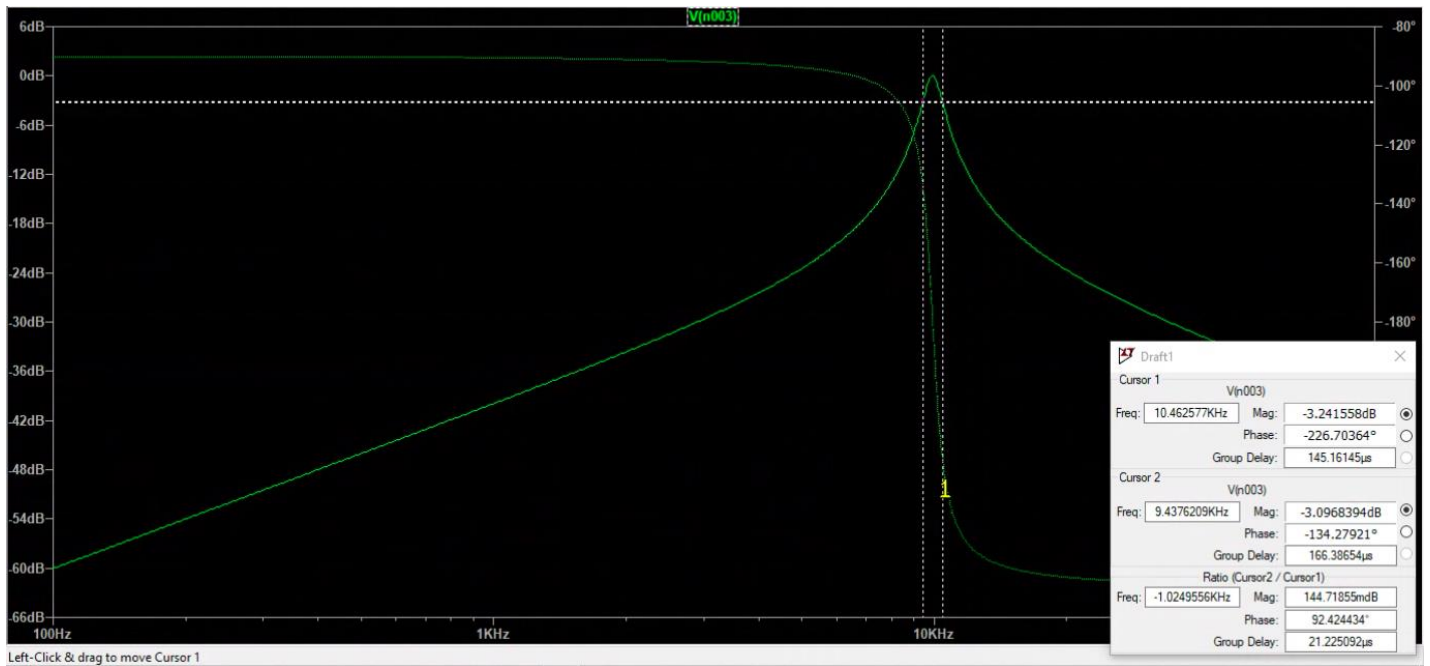


Figure 8 : Capture de la simulation de la structure à un Ampli. Op

- Nous avons à moins -3 dB deux fréquences de coupures  $f_1 \approx 9437$  Hz et  $f_2 \approx 10462$  Hz, avec  $f_2 - f_1 = 1025$  Hz

Ces valeurs sont presque similaires aux valeurs trouvées dans le TD.

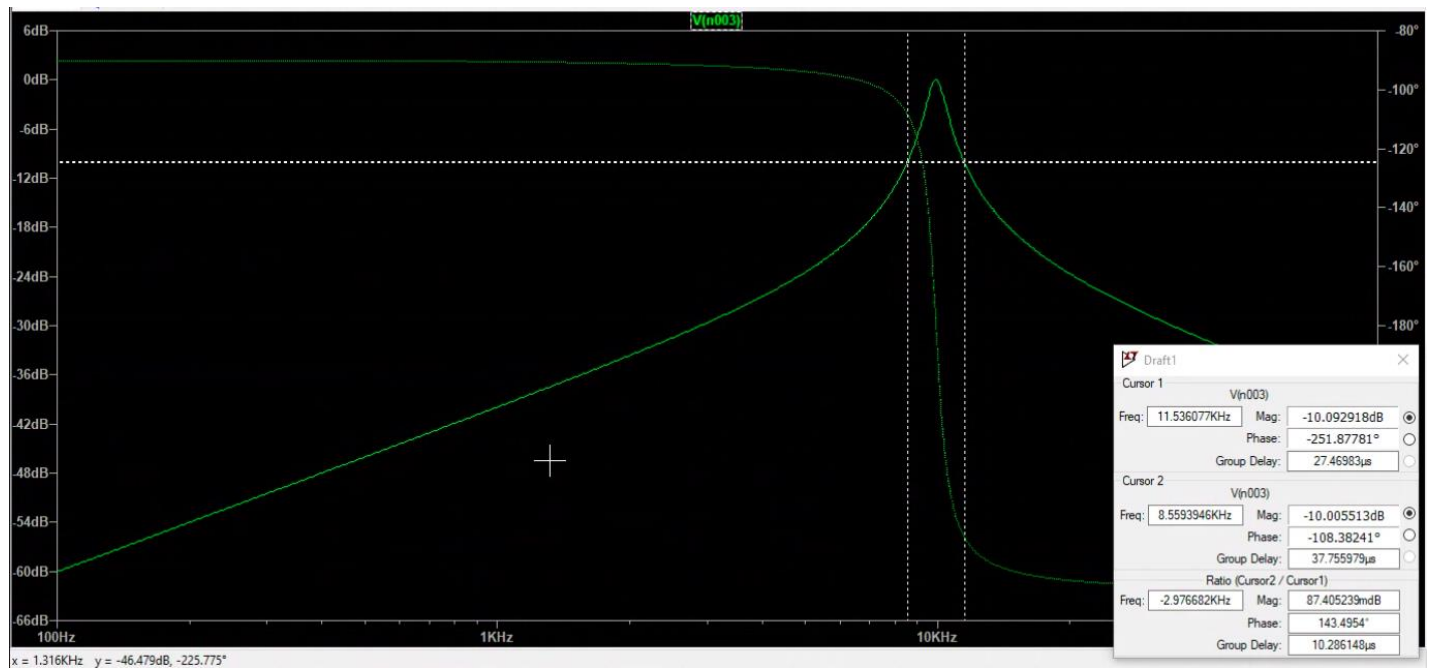


Figure 9 : 2<sup>ème</sup> capture de la simulation de la structure à un Ampli. Op

- Nous avons à moins -10 dB deux fréquences de coupures  $f''_1 \approx 8559$  Hz <  $f'_1$  et  $f''_2 \approx 11536$  Hz >  $f'_2$

Ainsi, la bande d'atténuation à -10 dB est bien respectée.

Notre courbe rentre bien dans le Gabarit du filtre passe-bande souhaité et donc notre structure à un seul amplificateur opérationnel est bien dimensionnée.