

L3 E3A
UE 336

Travaux d'étude en électronique (TEE)

Radar de recul à ultra-sons

Réalisé par :

Lila KARIM

Encadré par :

François SAMOUTH

SOMMAIRE

1. Etude des documentations.....	3
2. Etude du transducteur d'émission.....	3
3. Etude du transducteur de réception.....	5
4. Etude du 1 ^{er} étage d'amplification.....	6
5. Etude des filtres.....	9

INTRODUCTION

Les radars sont de systèmes qui détectent les obstacles grâce aux capteurs ultrasons qu'ils possèdent, ils sont utilisés dans la plupart des véhicules.

Les capteurs ultrasons permettent de détecter la présence d'obstacles très proches et il permet de déterminer assez précisément la distance (ou encore dans certains cas la vitesse de l'obstacle). Il est composé de deux majeures parties : un émetteur qui émet les ondes et un récepteur qui reçoit les ondes réfléchies. Ils sont utilisés dans beaucoup de systèmes tels que les radars automatiques, les détecteurs de présence mais aussi très récemment dans les voitures autonomes. La principale différence entre le capteur ultrason et le radar est le type d'onde émise, en effet le premier envoie des ondes sonores tandis que le second émet des ondes électromagnétiques.

Dans ce projet, on vise à étudier le principe fonctionnement des transducteurs émetteur et récepteur et voir comment varie le signal reçu en fonction du signal émis.

OBJECTIF

L'objectif de ce projet est de comprendre le principe fonctionnement du radar de recul en se basant sur la partie émission et réception d'ondes, le but c'est de réussir à émettre une onde puissante pour pouvoir récupérer un signal détectable. Ce travail consiste à faire des simulations des schémas des circuits des transducteurs d'émission/réception sous le logiciel PSpice.

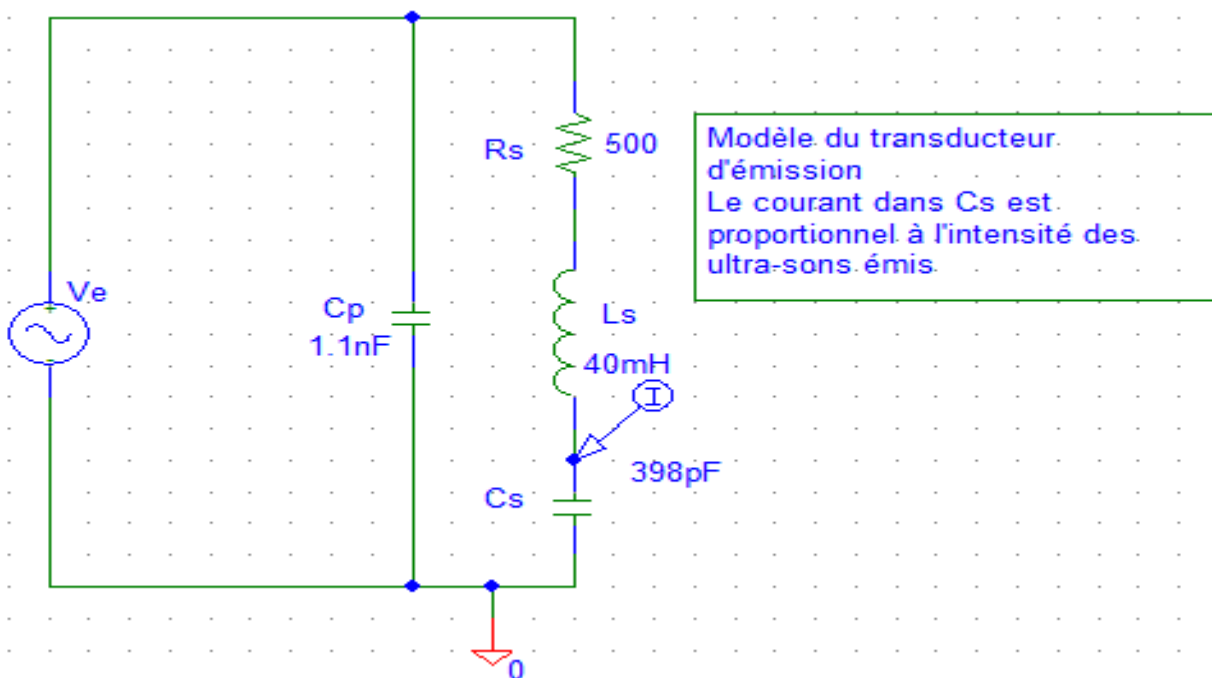
1. Etude des documentations :

Les deux documentations représentent les fiches techniques des transducteurs piézoélectriques et du circuit intégré pour l'émission et la réception d'ondes dans ces transducteurs.

- La documentation « Transducteurs ER » : Les émetteurs et récepteurs ultrasoniques haute sensibilité de type SCM401R et SCS401T sont conçus pour envoyer et recevoir des sons ultrasoniques dans l'air sous forme d'ondes ou d'impulsions continues. Les applications typiques sont : les systèmes d'alarme antivol, les détecteurs de proximité, les indicateurs de niveau de liquide, les dispositifs anticollisions et les compteurs pour les objets en mouvement.
Il est inclus aussi pour chaque transducteur leurs dimensions en mm ; les caractéristiques en termes de bande passante ; les courbes représentant les réponses en fréquence et impulsionnelles ; les fréquences de résonances et aussi leurs applications dans les télécommandes et les différentes technologies utilisées pour leurs fabrications.
- La documentation « PW0268 » est un circuit spécialisé intégré qui est utilisé pour le fonctionnement du circuit émission/réception, il est idéal pour les systèmes de télémétrie par écho. Cette puce a de nombreuses fonctionnalités pour améliorer ses performances et sa facilité d'utilisation dans cette application.
Il est inclus dans sa documentation le schéma bloc de toutes les fonctionnalités qu'elle possède ainsi que les explications de chaque broche ou pin de son principe rôle pour la fonction du transducteur.

2. Etude du transducteur d'émission

Le schéma ci-dessous représente un circuit d'un transducteur piézoélectrique de type émission.



- On calcul l'impédance Z_{AB} (qui est l'impédance équivalente):

On a $Z_{Rs} = R_s$, $Z_{Ls} = L_{sw}$ et $Z_{Cs} = \frac{1}{C_{sw}}$

On fait la somme des trois et on aura :

$$Z_s = Z_{Rs} + Z_{Ls} + Z_{Cs}$$

$$Z_s = R_s + j\left(L_{sw} - \frac{1}{C_{sw}}\right)$$

$$Z_s = \sqrt{R_s^2 + \left(L_{sw} - \frac{1}{C_{sw}}\right)^2}$$

$$Z_s = 503 \Omega$$

On a aussi :

$$Z_p = \frac{1}{jC_{pw}}$$

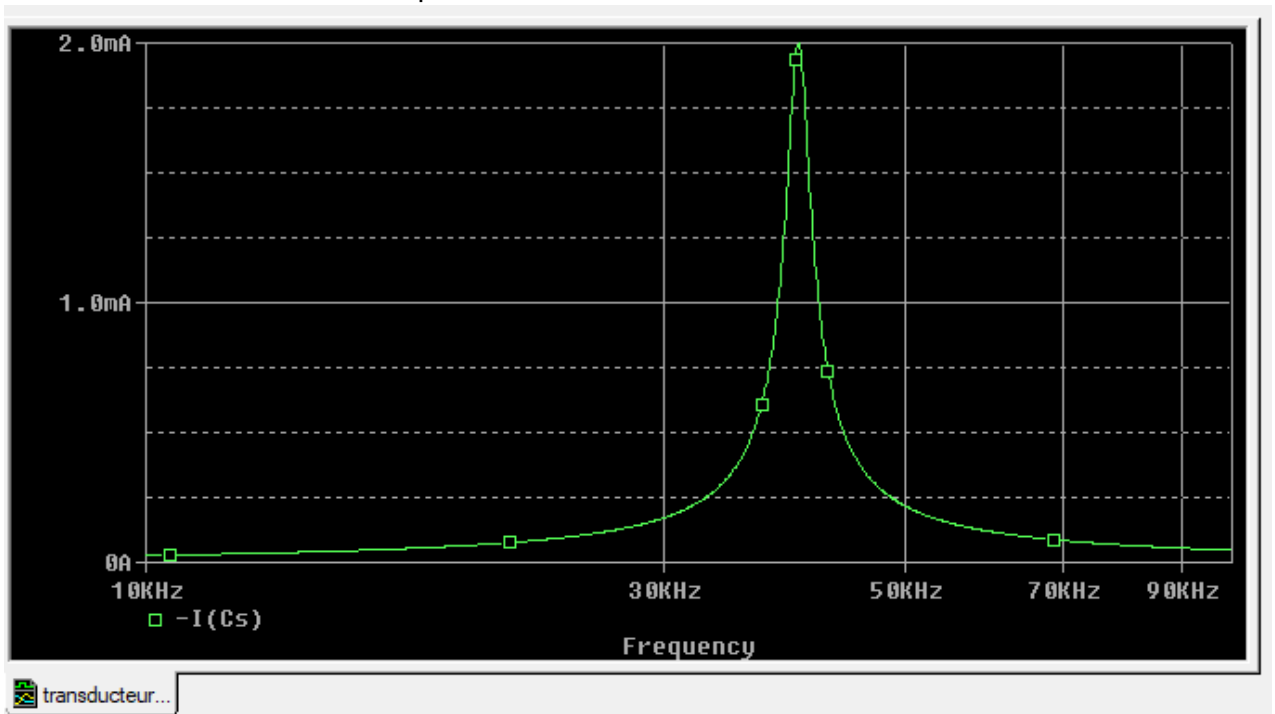
$$Z_p = \frac{1}{C_{pw}}$$

$$Z_p = 3610 F$$

Alors $Z_{AB} = \frac{Z_s \cdot Z_p}{Z_s + Z_p} = \frac{\sqrt{R_s^2 + \left(L_{sw} - \frac{1}{C_{sw}}\right)^2} \cdot \frac{1}{C_{pw}}}{\sqrt{R_s^2 + \left(L_{sw} - \frac{1}{C_{sw}}\right)^2} + \frac{1}{C_{pw}}}$

$$Z_{AB} = 441,5 \Omega$$

- On lance la simulation du transducteur émetteur, et on observe la courbe de variation du courant I_{Cs} en fonction de la fréquence :



- ⇒ On peut relever depuis le graphe la bande passante qui correspond à 2KHz car à I_{max} on relève une valeur max de fréquence max qui correspond à 41 KHz et à I_{min} on relève une valeur de fréquence min qui correspond à 39 KHz, donc la bande passante correspond à la largeur de la courbe (41-39= 2KHz), en comparant cette courbe à celle donnée par le fabricant on constate qu'elles ne sont pas identiques,

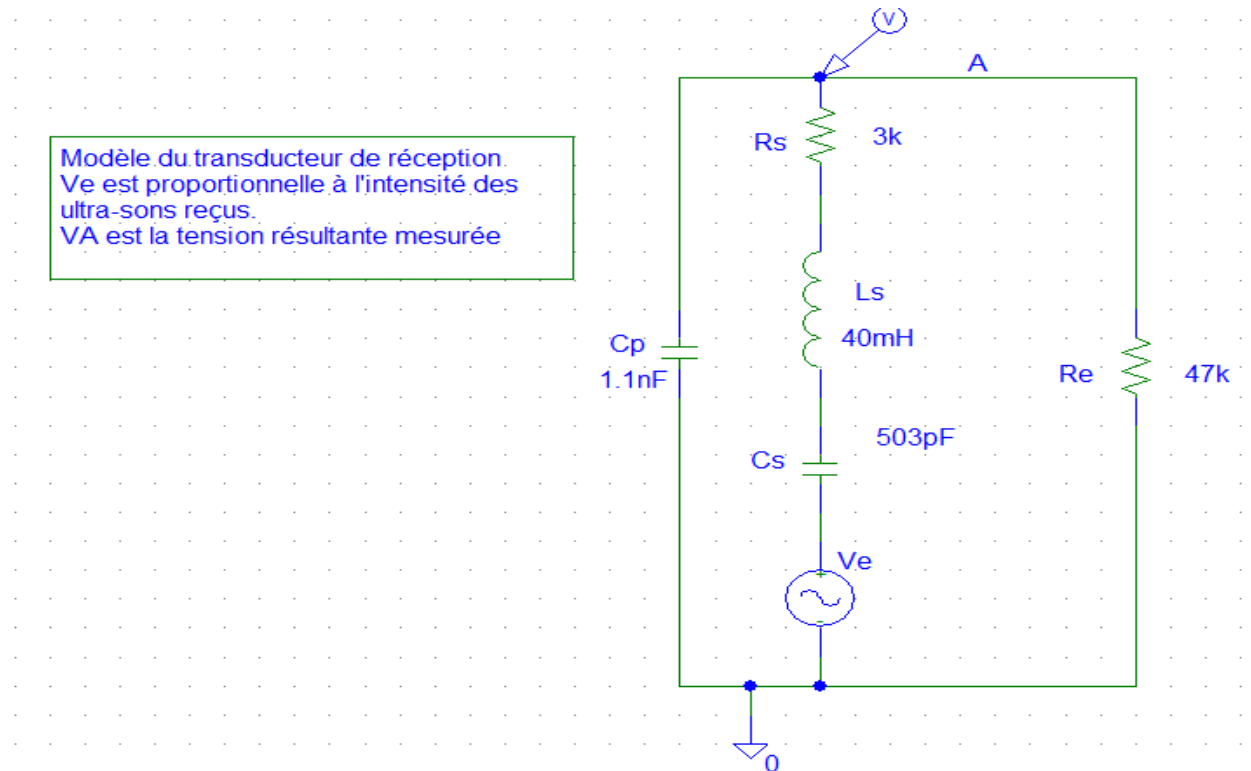
donc les valeurs choisies des composants ne correspondent pas à ce qui est donné par le fabricant, pour cela on suggère d'ajuster la valeur de l'élasticité de la membrane (C_s).

⇒ On relève $I_{min}=51.10^{-6}A$ et $I_{max}=2.03.10^{-3}A$

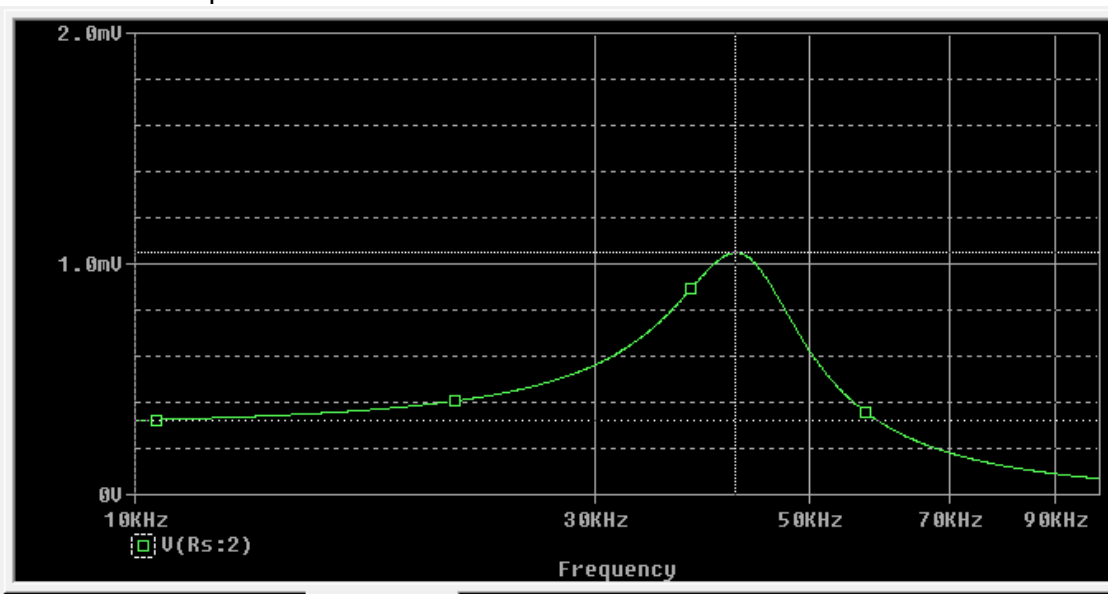
A partir de ces valeurs on peut relever des valeurs d'impédances qui sont $Z_{min}=20000\Omega$ et $Z_{max}=492\Omega$ et donc on suggère de prendre une valeur min d'impédance pour avoir une fréquence d'émission.

3. Etude du transducteur récepteur :

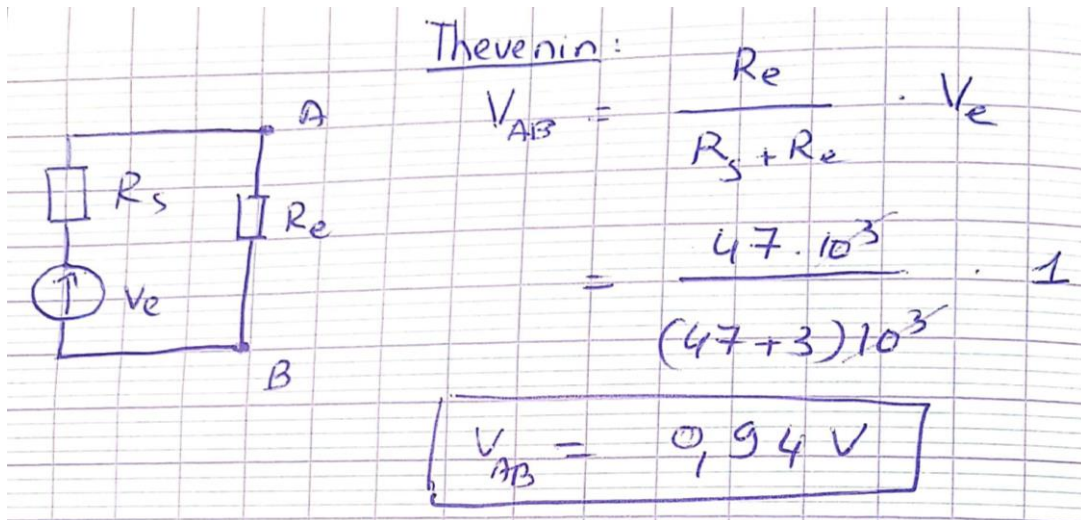
On réalise la simulation du schéma ci-dessous :



Dans cette partie Le signal reçu est amplifié en 3 étapes. R_e représente l'impédance d'entrée de l'amplificateur.



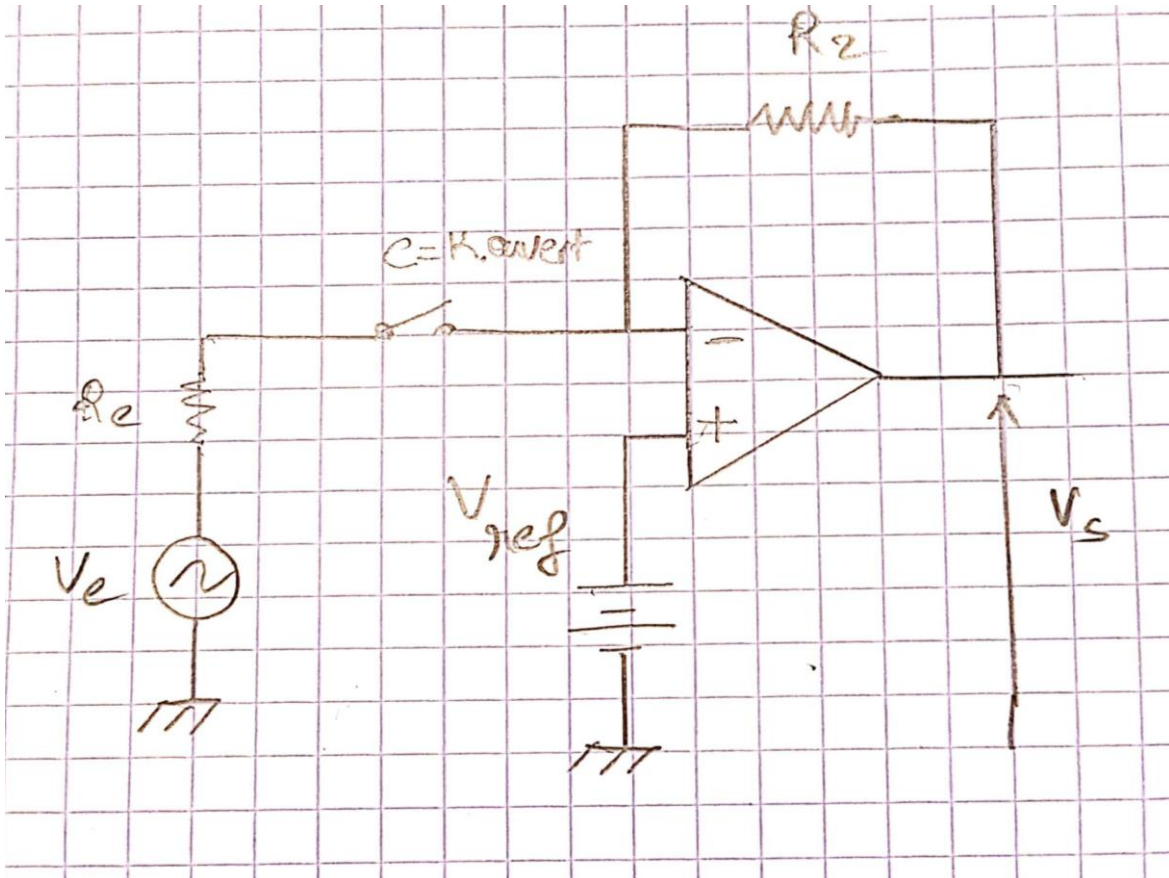
- A la fréquence de résonance le modèle de Thévenin équivalent au transducteur est une source de tension $\approx V_e$ et une résistance $\approx R_s$.



⇒ On constate que la valeur de tension de charge trouvé en simulation correspondant à a valeur de tension max à la fréquence de résonance est de 0,95 mV qui est proche de la valeur réelle (correspondant à ce qu'on a trouvé en théorie).

4. Étude du 1^{er} étage d'amplification :

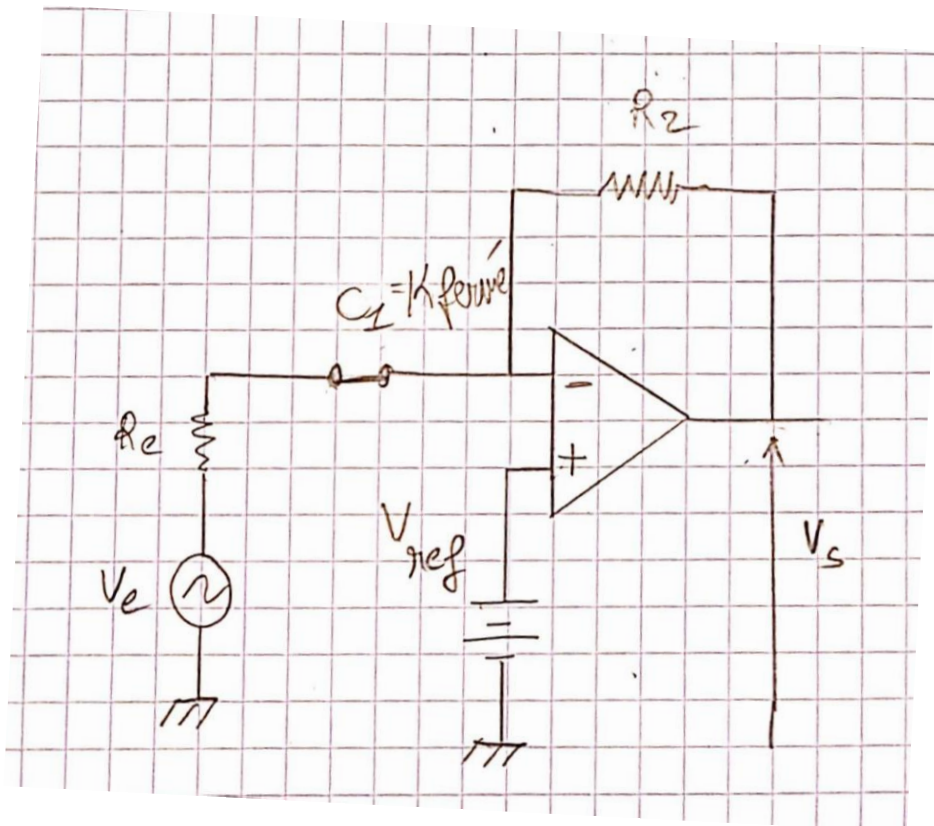
- Polarisation :
 - Donner le schéma en continu :



- La valeur de la tension de la broche 9 en continu est :
On a : $V_+ - V_- = 0$ alors que $V_- = 0V$ donc on aura : $V_+ = V_{ref} = V_s$ (en broche 9)
cette valeur n'est pas acceptable car l'amplificateur ne fait pas l'amplification des tensions négatives ou des tension à $-4,4V$.
- Le rôle de la tension V_{ref} est de laisser amplifier les valeurs des tensions en mode continu.
- Le rôle du condensateur C_1 dans ce cas est un interrupteur ouvert.

- Etude dynamique :

- Donner le schéma en régime sinusoïdal :



- Calcul du gain en tension :

On a :

$$\frac{V_e}{R_e + Z_c} = \frac{V_s}{R_2}$$

$$\Rightarrow V_e \cdot R_2 = -V_s(R_e + Z_c)$$

$$\Rightarrow -\frac{R_2}{R_e + Z_c} = \frac{V_s}{V_e}$$

$$\Rightarrow -\frac{R_2}{R_e + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{V_s}{V_e}$$

$$\Rightarrow -\frac{R_2}{1 + \frac{R_e j\omega C}{j\omega C}} = \frac{-R_e j\omega C}{1 + R_e j\omega C}$$

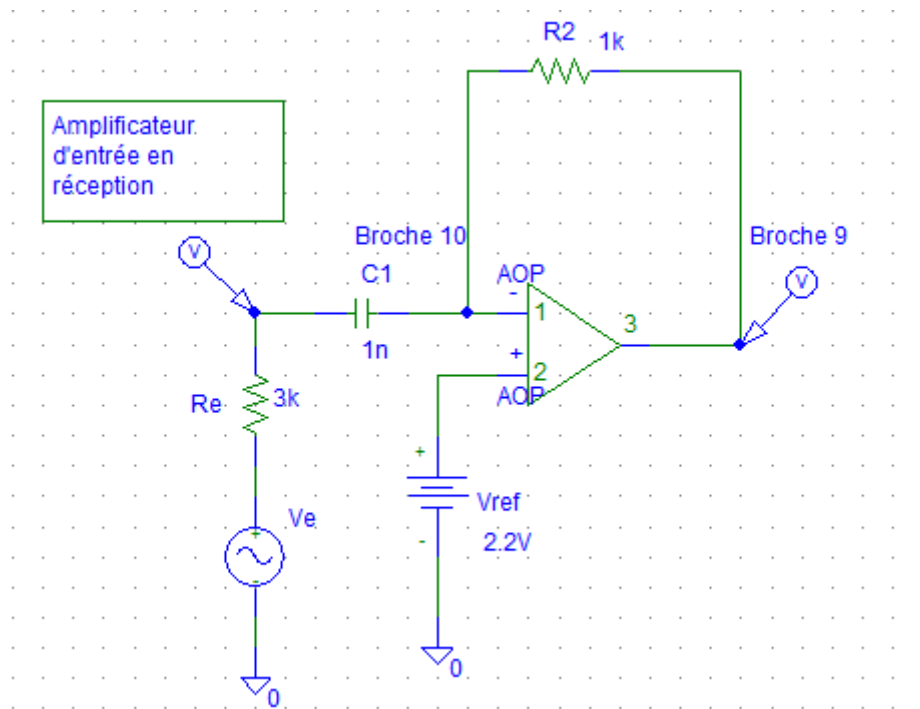
$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{-R2j\omega - R2Rc\omega^2}{1 + (Rc\omega)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R2\omega}{1 + (Rc\omega)^2}j - \frac{R2Rc\omega^2}{1 + (Rc\omega)^2}$$

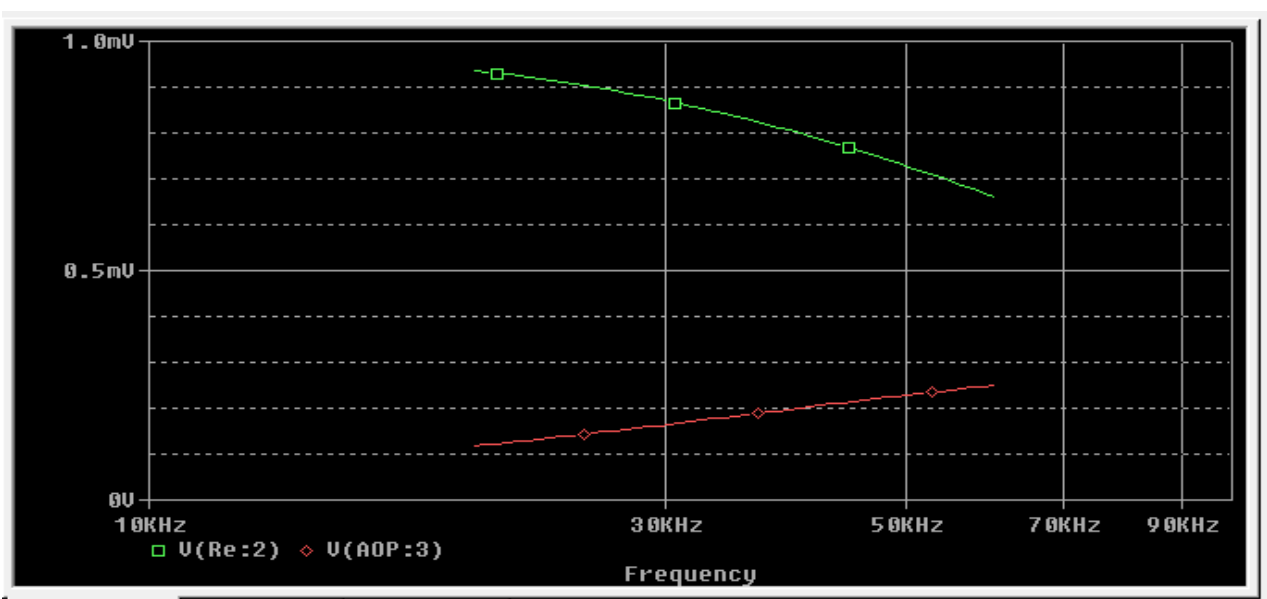
$$\text{A.N : } \frac{V_s}{V_e} = -0,16j - 0,12$$

$$\text{Alors : } G_v = 20 \log(|V_s/V_e|) = 20 \log(0,2) = -14 \text{ dB/décade}$$

- On effectue la simulation du 1^{er} étage de l'amplification du schéma ci-dessous :



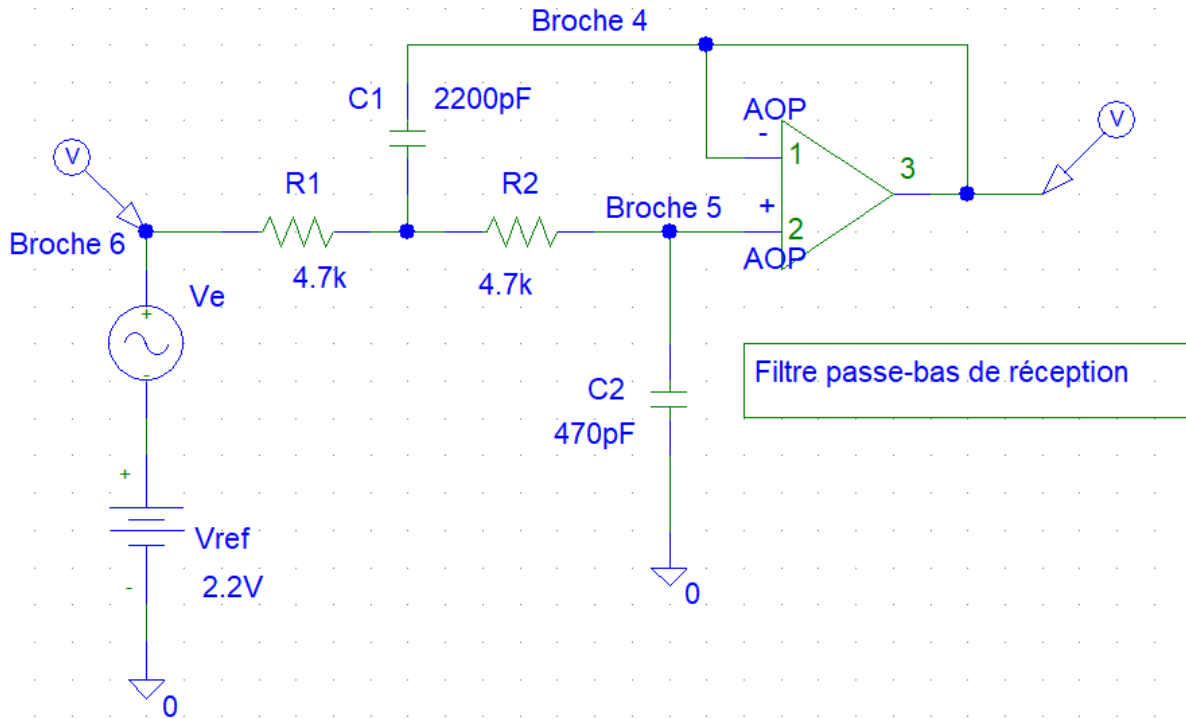
On lance la simulation :



- ⇒ On constate qu'à des fréquences données, la tension d'entrée est positive tant dis que la tension amplifiée est opposée par rapport à cette dernière.

5. Etude des filtres :

a) Filtre passe bas :



- La présence de Vref c'est qu'il sert à la polarisation des différentes parties du montage.
- Trouver la fonction du transfert du montage :
On applique Millmann et on retrouve les expressions des tensions Va (tensions qui se trouve au nœud qui relie C1 R1 et R2) et Vb (qui correspond à la tension mesurée à la broche 5) et on a $R1=R2=R=4.7K$ tel que :

$$V_a = \frac{\frac{V_b}{R_2} + \frac{V_e}{R_1} + \frac{V_s}{Z_{c1}}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{c1}}} = \frac{(V_s + V_e)Z_{c1} + V_s R}{2Z_{c1} + R}$$

$$V_b = \frac{\frac{V_a}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{c2}}} = V_a \cdot \frac{Z_{c2}}{Z_{c2} + R}$$

On aura ensuite pour un AOP idéal :

$$V_+ - V_- = 0 \Rightarrow V_+ = V_- \text{ et on a } V_+ = V_b \text{ et } V_- = V_s$$

Donc :

$$V_b = V_s = \frac{(V_s + V_e)Z_{c1} + V_s R}{2Z_{c1} + R} \cdot \frac{Z_{c2}}{Z_{c2} + R}$$

$$\Rightarrow V_s (2Z_{c1} + R)(Z_{c2} + R) = [(V_s + V_e)Z_{c1} + V_s R] Z_{c2}$$

$$\Rightarrow V_s (2Z_{c1} + R)(Z_{c2} + R) - Z_{c1}Z_{c2} - RZ_{c2} = V_e Z_{c1}Z_{c2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{Z_{c1}Z_{c2}}{(2Z_{c1} + R)(Z_{c2} + R) - Z_{c1}Z_{c2} - RZ_{c2}}$$

On remplace les Z_{ci} par $\frac{1}{j\omega C_i}$ et on aura :

$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1 - R^2 C_1 C_2 \omega^2 + j 2 R C_2 \omega}$ qui correspond à la fonction de transfert du montage dont ses paramètres sont :

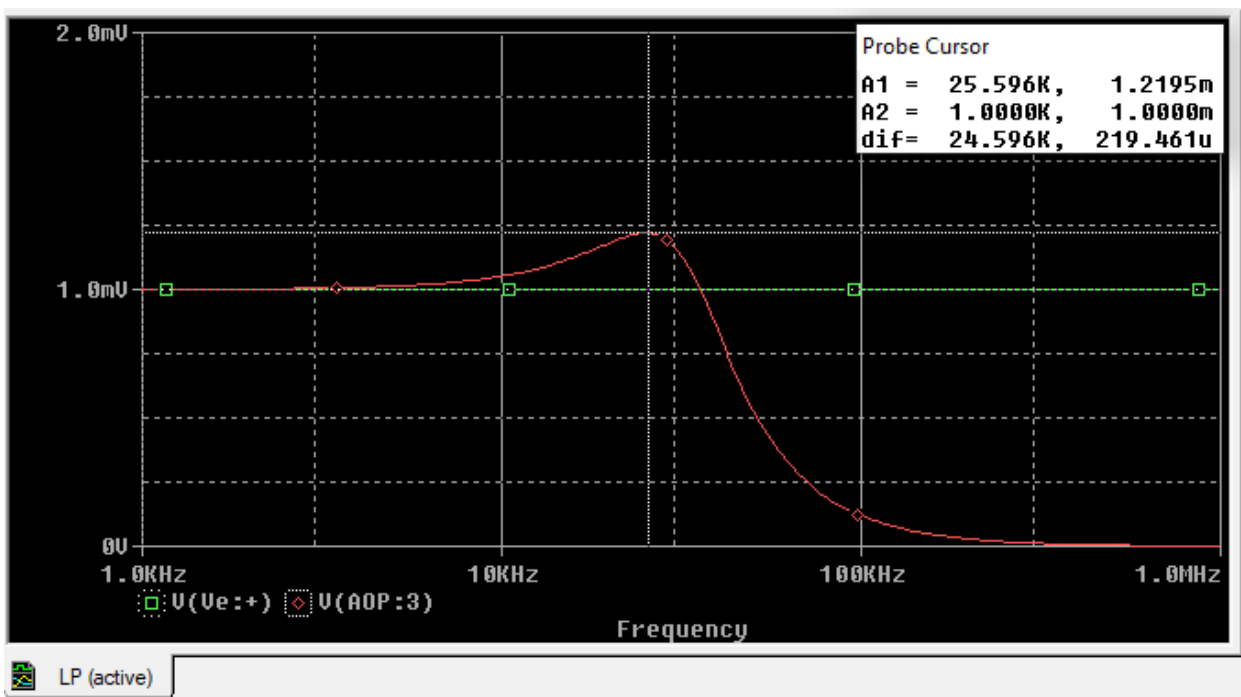
$A = 1$ qui correspond au gain max du filtre

$\omega_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1 C_2}}$ avec $\omega_0 = 0,21 \cdot 10^6 \text{ rad/s} \Rightarrow f_0 = 0,033 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ qui correspond à la fréquence de coupure.

$m = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ avec $m = 0,46$ qui correspond au coefficient d'amortissement, on constate que ce Coeff est inférieure à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ce qui explique la résonance du filtre, et dans ce cas plus m est faible plus le filtre résonne.

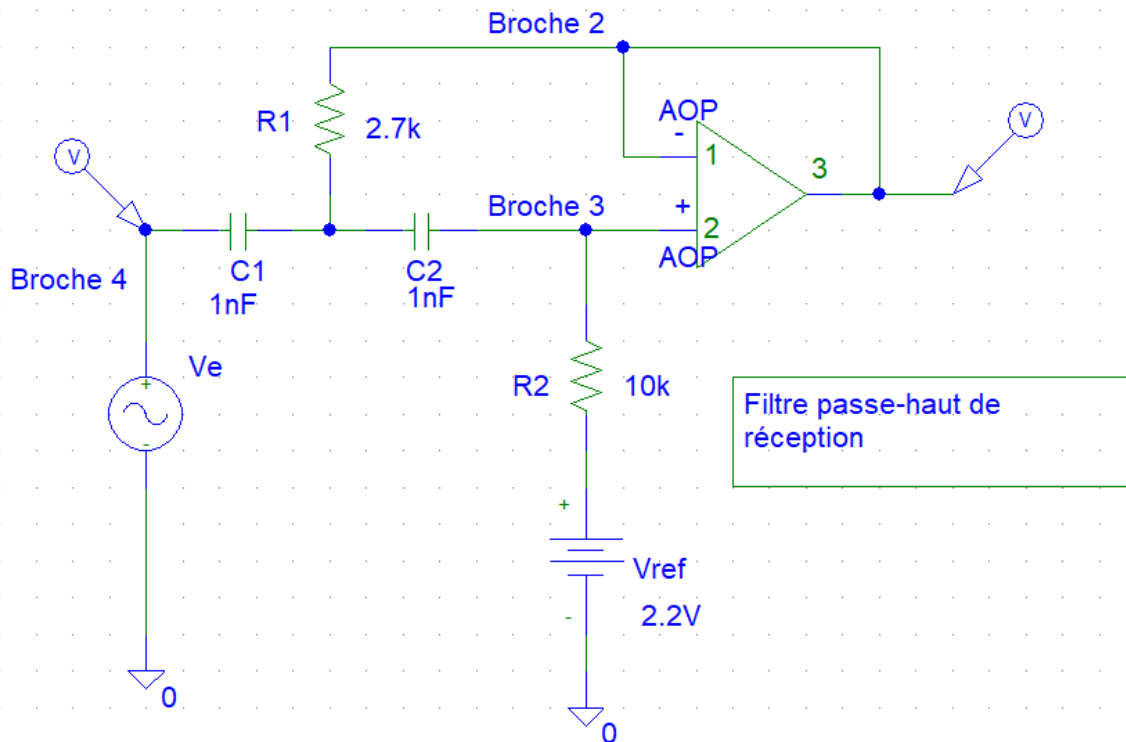
$\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - 2m^2}$ avec $\omega_r = 0,16 \cdot 10^6 \text{ rad/s} \Rightarrow f_r = 0,025 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ qui correspond à la fréquence de résonance.

- On effectue la simulation du filtre passe bas :



- ⇒ En utilisant les curseurs, on constate que les fréquences calculées en théorie correspondent à ce qui est simulé sur PSpice.
- ⇒ On a dire que le filtre passe bas 2^{ème} ordre transmet les basses fréquences et que à la fréquence de résonance on a pic.

b) Filtre passe haut :



- Trouver la fonction du transfert du montage :

On applique Millmann et on retrouve les expressions des tensions V_a (tensions qui se trouve au nœud qui relie C_1 R_1 et C_2) et V_b (qui correspond à la tension mesurée à la broche 3) et on a $C_1=C_2=C=1\text{nF}$ tel que :

$$V_a = \frac{\frac{V_e}{Z_{C1}} + \frac{V_s}{R_1} + \frac{V_b}{Z_{C2}}}{\frac{1}{Z_{C1}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{C2}}} = \frac{(V_s + V_e)j\omega R_1 + V_s}{2j\omega R_1 + 1}$$

$$V_b = V_s = V_a \cdot \frac{j\omega R_2}{1 + j\omega R_2}$$

$$V_s = \frac{(V_e j\omega R_1 + V_s j\omega R_1 + V_s)(j\omega R_2)}{(1 + 2j\omega R_1)(1 + j\omega R_2)}$$

$$V_s(1 + j\omega R_2 - c^2 \omega^2 R_1 R_2) = -V_e c^2 \omega^2 R_1 R_2$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = -\frac{c^2 R_1 R_2 \omega^2}{1 + j\omega R_2 - c^2 R_1 R_2 \omega^2} \text{ qui correspond à la fonction de transfert du montage de filtre passe haut.}$$

Ses paramètres sont tels que :

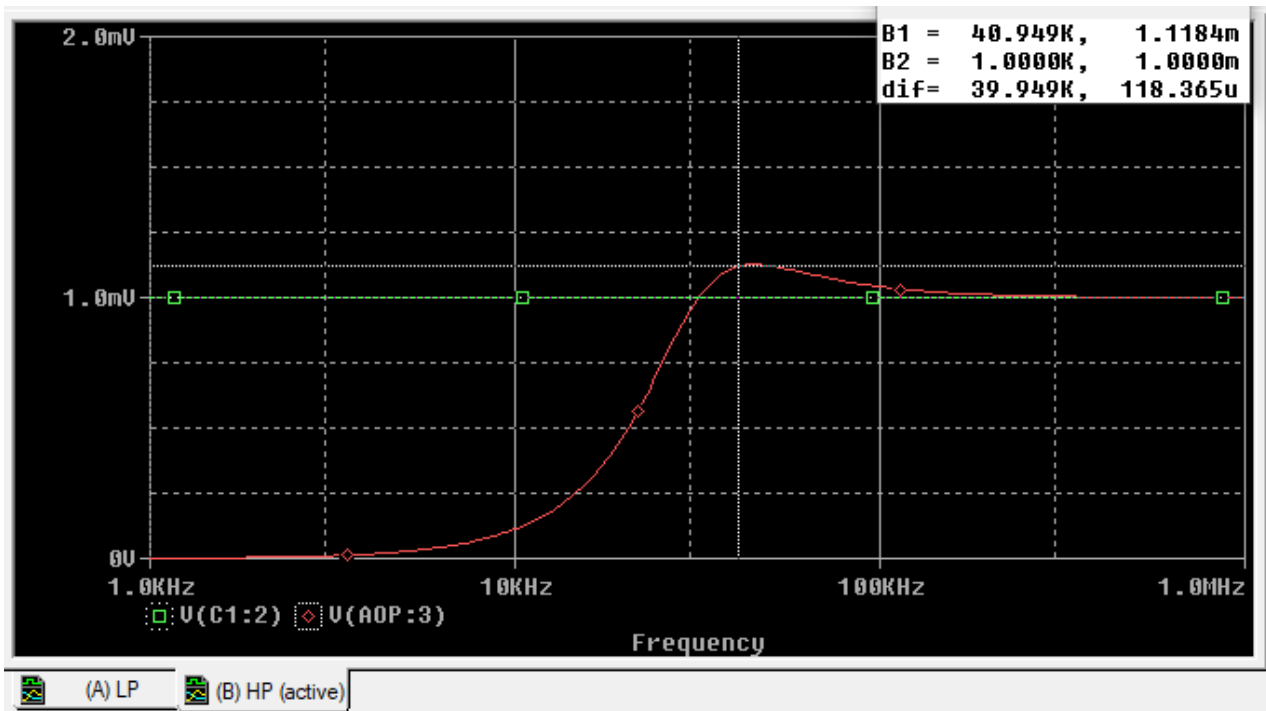
$A = -1$ qui correspond au gain max du filtre

$\omega_0 = \frac{1}{c\sqrt{R_1 R_2}}$ avec $\omega_0 = 19,2 \cdot 10^6 \text{ rad/s} \Rightarrow f_0 = 3,05 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ qui correspond à la fréquence de coupure.

$m = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$ avec $m = 0,51$ qui correspond au coefficient d'amortissement, on constate que ce Coeff est inférieure à $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ce qui explique la résonance du filtre, et dans ce cas plus m est faible plus le filtre résonne.

$w_r = \frac{w_0}{\sqrt{1-2m^2}}$ avec $w_r = 27,7 \cdot 10^6 \text{ rad/s} \Rightarrow f_r = 4,41 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ qui correspond à la fréquence de résonance.

- On effectue la simulation du filtre passe haut :



- ⇒ Les valeurs de fréquences trouvées en théorie correspondent à celles trouvées en pratique.
- ⇒ On peut dire que le filtre passe haut transmet les hautes fréquences avec une atténuation des basses fréquences avec une pente approximative à 40dB par décade en module de bode.

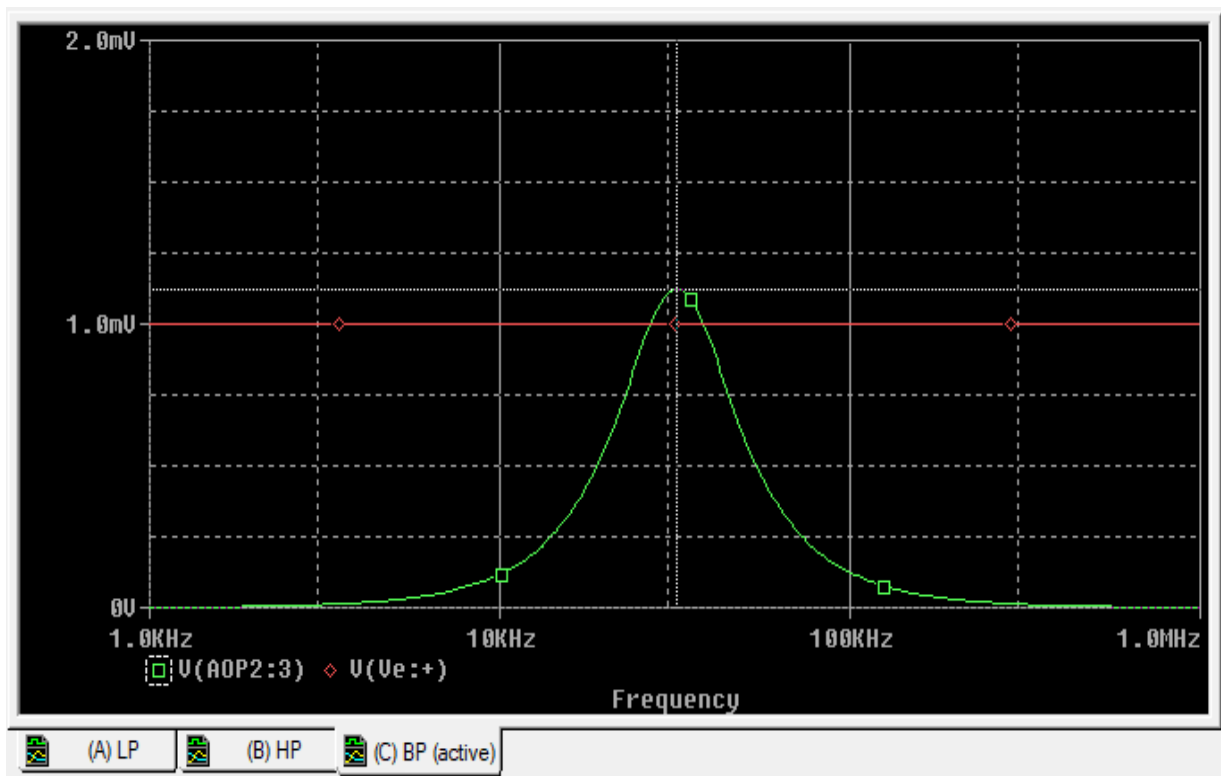
c) Filtre passe-bandes :

La fonction de transfert d'un filtre passe-bande de 2^{ème} ordre est :

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{j2m \frac{w}{w_0}}{1 + j2m \frac{w}{w_0} - \frac{w^2}{w_0^2}}$$

- ⇒ Qui est une superposition d'un passe bas 1^{er} ordre et d'un passe haut 1^{er} ordre. Courbe symétrique par rapport à w_0

La simulation donne le résultat suivant :



- ⇒ Ce filtre transmet les fréquences comprises dans une bande donnée : bande passante ; il atténue les hautes fréquences avec une pente de -20 dB par décade en module de Bode et les basses fréquences avec une pente de $+20$ dB par décade en module de Bode.

CONCLUSION

On a enfin à dire que ce projet a permis de mieux comprendre le fonctionnement des composant du radar qui sont essentiellement les deux transducteurs d'émission et de réception d'ondes, mais aussi de bien comprendre le principe des filtrages qui interviennent dans la structure de chaque composant.