

LIVRABLE 2

ESCAPE NO GAME

GROUPE 4



SOMMAIRE

1/Présentation du groupe :	3
2/Rappel du contexte :	3
3/Fréquence choisie et proposition d'un schéma de circuit filtre :	3
4/Justification du dimensionnement des composants du circuit :	5
5/Étude théorique du circuit :	6
6/Simulation du filtre proposé :	9
7/Conclusion :	10

1/Présentation du groupe :

Membres du groupe:

///
///
///
///

2/Rappel du contexte :

L'agence AIL3C, spécialisée dans la lutte contre la cybercriminalité, développe des technologies pour aider ses agents. Actuellement, nous travaillons sur un projet suite à la perte de l'agent K57, qui a été piégé dans une salle sans réseau pendant une mission. Cette situation met en évidence le besoin d'une solution pour permettre la communication dans de telles conditions.

3/Fréquence choisie et proposition d'un schéma de circuit filtre :

Fréquence choisie:

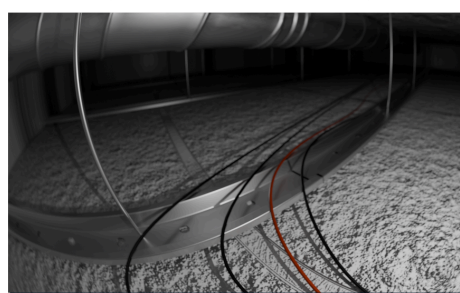
Suite à la proposition du dernier livrable, qui consiste à transmettre discrètement un message codé via un ultrason à travers le système d'audioconférence du bâtiment,

Rappel :

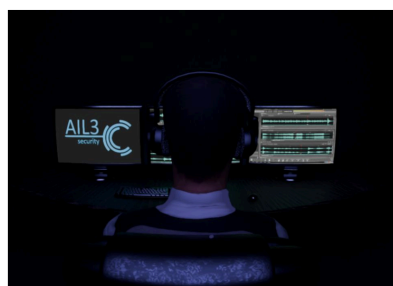
Envoi du signal de détresse via le microphone



Présence du signal de détresse dans le câblage du bâtiment



Interception du signal par l'agence



La fréquence choisie doit être élevée afin de garantir un signal sonore inaudible pour l'ennemi, mais détectable par l'équipement de l'agence, tout en ayant une énergie suffisante pour traverser de longues distances avec un minimum d'atténuation.

fréquence choisie: 25 kHz

Pourquoi 25kHz?: En raison de son équilibre optimal entre inaudibilité pour l'oreille humaine, énergie élevée, et possibilité d'enregistrement par un microphone compatible.

Proposition d'un circuit de filtre analogique pour le signal:

Le filtre analogique approprié pour cette situation serait un **filtre passe-bande d'ordre deux passif RLC**, conçu pour ne laisser passer qu'une plage restreinte de fréquences autour de celle choisie (25 kHz). Cela permet d'éviter que le message ne devienne indéchiffrable à cause des fréquences parasites.

Exemple de bande passante : [24 950 Hz, 25 050 Hz].

concept d'un filtre passe-bande: Le filtre passe-bande est en réalité la combinaison d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut. Concrètement, les fréquences en dessous de la bande passante sont filtrées par le filtre passe-bas, et les fréquences au-dessus de la bande passante sont filtrées par le filtre passe-haut. Cela permet de ne laisser passer qu'une plage de fréquences spécifique, idéale pour isoler un signal dans une bande étroite.

largeur de la bande passante:

Plus la bande passante est étroite, plus le filtre est précis.

$$BW = 25050 - 24950 = 100$$

Fréquence centrale de bande passante (fréquence de résonance):

Dans un filtre passe-bande, la fréquence centrale de la bande passante correspond à la fréquence de résonance, car c'est là où le signal est le moins atténué

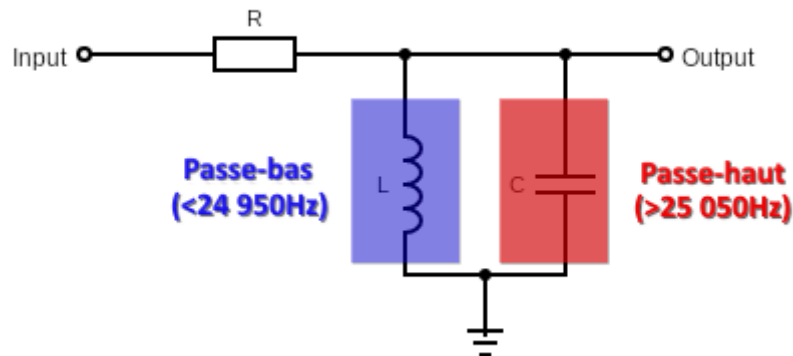
$$f_0 = \sqrt{25050 \times 24950} = 25000$$

Facteur de qualité Q:

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{25000}{100} = 250$$

Un facteur de qualité élevé indique la précision et la sélectivité fréquentielle du filtre, ce qui le rend idéal pour notre utilisation consistant à isoler une plage de fréquences restreinte.

schéma du circuit filtre proposé:



Le filtre passe-haut : Doit laisser passer les fréquences au-dessus de la fréquence maximale ($> 25\,050\text{ Hz}$).

Le filtre passe-bas : Doit laisser passer les fréquences en dessous de la fréquence minimale ($< 24\,950\text{ Hz}$).

4/Justification du dimensionnement des composants du circuit :

fréquence centrale de bande passante (fréquence de résonance):

En utilisant une autre formule pour calculer la fréquence de résonance, il est possible de déterminer les valeurs de **L** et **C**.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \times C}$$

on choisit une valeur standard de capacitance: 1 nF

donc:

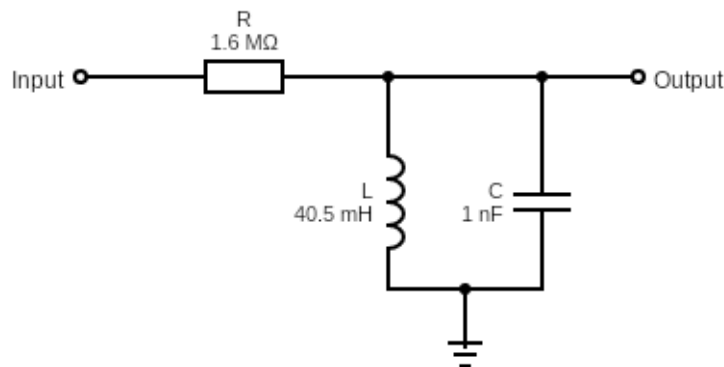
$$L = \frac{1}{(2\pi 25000)^2 \times 10^{-9}} = 0.0405\text{ H} = 40.5\text{ mH}$$

calcul de la valeur de résistance R:

La valeur de R peut être déterminée en utilisant une autre formule du facteur de qualité Q.

$$R = Q \times \sqrt{\frac{L}{C}} = 250 \times \sqrt{\frac{40.5 \times 10^{-3}}{10^{-9}}} = 1590990.258\ \Omega = 1.6\text{ M}\Omega$$

donc:



5/Étude théorique du circuit :

Fonction de transfert du filtre :

Nous commençons notre étude par le calcul de la fonction de transfert, car elle est essentielle pour le reste des formules (gain et phase).

Impédance équivalente de L et C: $Z_{eq} = \frac{Z_C \times Z_L}{Z_C + Z_L}$

en utilisant le théorème de Millman:

$$V_{out} = \frac{\frac{V_{in}}{Z_R}}{\frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_{eq}}} = \frac{\frac{V_{in}}{Z_R}}{\frac{Z_R + Z_{eq}}{Z_R \times Z_{eq}}} = \frac{V_{in} \times Z_{eq}}{Z_R + Z_{eq}} = \frac{\frac{V_{in} \times Z_C \times Z_L}{Z_C + Z_L}}{\frac{Z_R(Z_C + Z_L) + Z_C \times Z_L}{Z_C + Z_L}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{Z_C \times Z_L}{Z_R(Z_C + Z_L) + Z_C \times Z_L} = \frac{\frac{L}{C}}{\frac{RC(\frac{1}{jC\omega} + jL\omega) + L}{C}} = \frac{L}{RC(\frac{1}{jC\omega} + jL\omega) + L}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{-\frac{jRC}{C\omega L} + RCj\omega + 1} = \frac{1}{1 + j(RC\omega - \frac{R}{\omega L})} = \frac{1}{1 + j(\frac{RC\omega^2 L - R}{\omega L})}$$

pour trouver ω_0 la condition de résonance est que la partie imaginaire ($\frac{RC\omega^2 L - R}{\omega L}$) doit être égale à 0:

$$RC\omega_0^2 L - R = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \text{ \& } C = \frac{1}{\omega_0^2 L}$$

On remplace L et C :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1+j(RC\omega - \frac{R}{\omega_0^2 C})} = \frac{1}{1+j(RC\omega - \frac{R\omega_0^2 C}{\omega})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1+j\frac{R}{\omega_0^2 L}(\omega - \frac{\omega_0^2}{\omega})} = \frac{1}{1+j\frac{R}{\omega_0^2 L}(\omega - \frac{\omega_0^2}{\omega})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1+j\frac{R}{\omega_0 L}(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})} = \frac{1}{1+jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$$

Argument (Phase) de $T(\omega)$:

$$T(\omega) = \frac{1}{1+jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})} = \frac{1-jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}{1+Q^2(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}$$

$$T(\omega) = \frac{1}{1+Q^2(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2} - j \frac{Q(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}{1+Q^2(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}$$

$$\phi = \arctan(jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}))$$

Etude de ω par rapport à ω_0 :

$$\omega \ll \omega_0 \Rightarrow \phi = -1.57 \text{ rad} = -90^\circ$$

$$\omega \gg \omega_0 \Rightarrow \phi = 1.57 \text{ rad} = 90^\circ$$

$$\omega = \omega_0 \Rightarrow \phi = 0 \text{ rad} = 0^\circ$$

Gain:

$$G_{db} = 20\log(|\frac{V_{out}}{V_{in}}|) = 20\log(|\frac{1}{1+jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}|)$$

$$= 20\log(1) - 20\log(|1 + jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})|)$$

$$= -20 \log \left(\sqrt{1 + \left(Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)^2} \right) = -10 \log \left(1 + \left(Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)^2 \right)$$

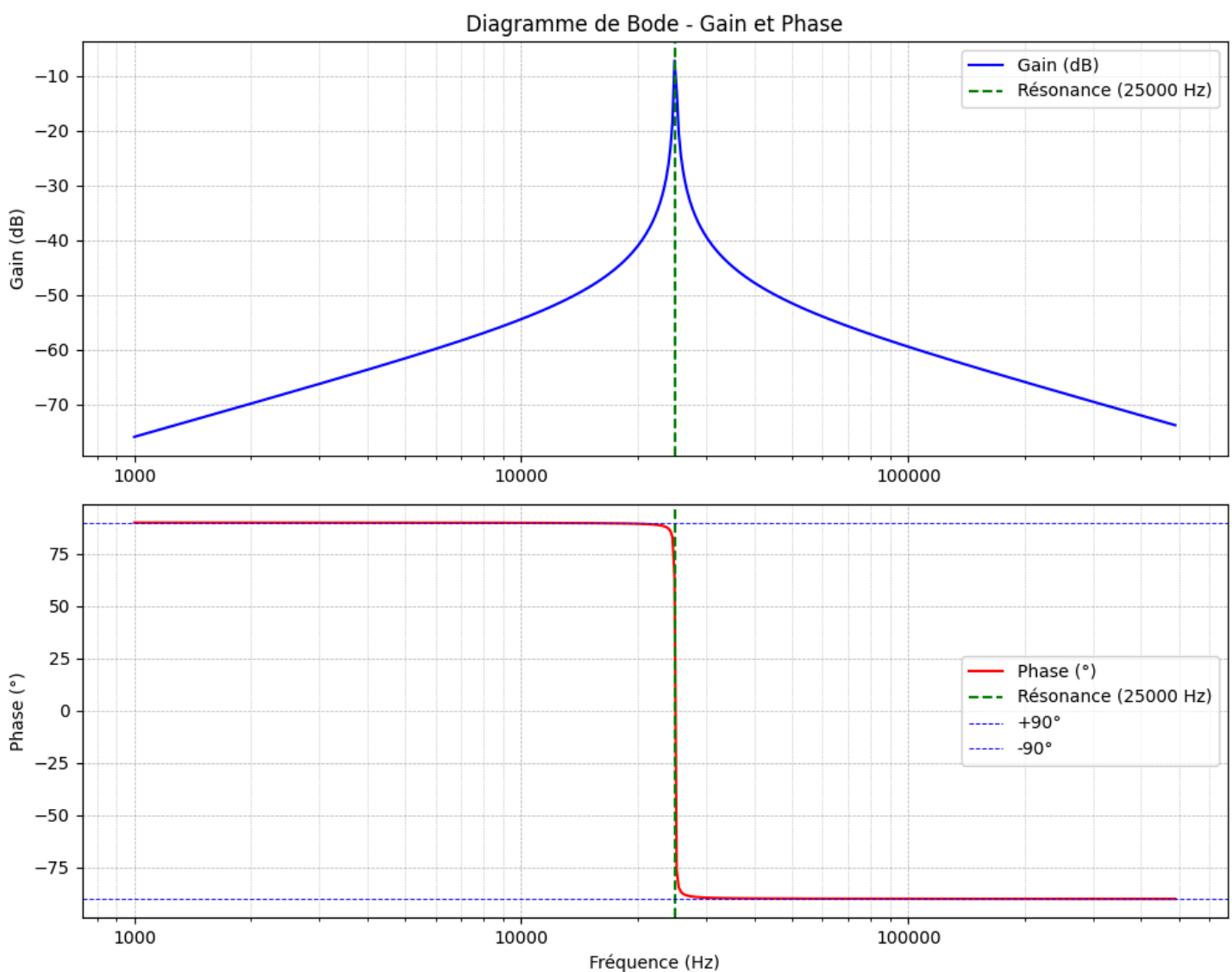
Etude de ω par rapport à ω_0 :

$$\omega \ll \omega_0 \Rightarrow G_{db} \ll 0dB$$

$$\omega \gg \omega_0 \Rightarrow G_{db} \ll 0dB$$

$$\omega = \omega_0 \Rightarrow G_{db} = 0dB$$

Diagramme de bode:



-On remarque sur le graph du gain une pente de **20 dB/decade**

-On remarque sur le graph de la phase une avance puis un retard de **90°** cela correspond au comportements des composants (condensateur & inducteur) en régime alternatif.

Vérification numérique du taux de gain par décade dans la pente:

$$Gdb(f) = -10 \log(1 + (Q(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}))^2)$$

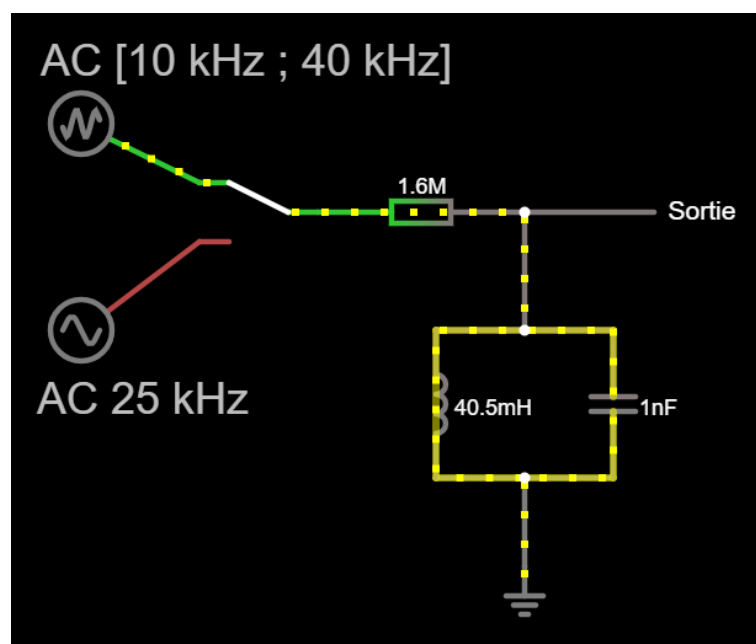
$$Gdb(1000) = -75.9$$

$$Gdb(10000) = -54.4$$

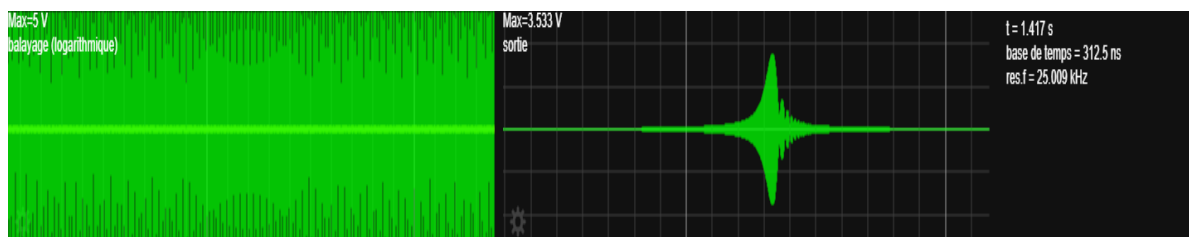
$$75.9 - 54.4 = 21.5 \approx 20 \text{ dB/décade}$$

6/Simulation du filtre proposé :

[Simulation sur falstad](#)



Le commutateur dans cette simulation permet de voir les effets de la fréquence de résonance (25 kHz) et des autres fréquences hors de la bande passante sur le circuit



-L'oscilloscope sur la gauche renvoie au générateur AC avec fréquence variante (celui du haut)

-L'oscilloscope sur la droite renvoie à la sortie analogique du circuit

-Sur la droite des graphs on peut constater que la fréquence de résonance est de 25000 Hz.

7/Conclusion :

Cette étude théorique nous aura aidés à déterminer une solution viable pour filtrer le signal et assurer la possibilité de déchiffrement du message.



FIN DU DOCUMENT