

Fonctions et systèmes électroniques

TP n°2: Etude et conception d'un multiplexe stéréo.

I. Synthèse de filtres sous CommSim7

Génération d'une fonction de transfert

Q1*.

- La fonction de transfert d'un filtre **pas-bas** du premier ordre est la suivante :

$$H(j\omega) = \frac{K}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{ou encore} \quad = \frac{K}{1 + jRC\omega}$$

Avec $\omega = 2\pi f$
Et une pulsation de coupure $\omega_c = 2\pi f_c = \frac{1}{RC}$

- La fonction de transfert d'un filtre **pas-haut** du premier ordre est la suivante :

$$H(j\omega) = \frac{K j \frac{\omega}{\omega_c}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{ou encore} \quad = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

Avec $\omega = 2\pi f$
Et une pulsation de coupure $\omega_c = 2\pi f_c = \frac{1}{RC}$

- La fonction de transfert d'un filtre **pas-bande** du second ordre est la suivante :

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j * Q * \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega}{\omega_0} \right)}$$

Avec H_0 : coefficient de gain du filtre.

La bande passante du dispositif est l'intervalle de pulsations $[\omega_{c1}, \omega_{c2}]$ qui correspondent aux pulsations de Gain à -3dB. On peut dire que :

$$|H(j\omega_{c1})| = |H(j\omega_{c2})| = \frac{h_{max}}{\sqrt{2}}$$

(Cela vient de la relation $20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} \cong -3$)

On peut préciser que lors de l'utilisation -la plus fréquente- d'un circuit RLC (Résistance-Bobine-Condensateur), la fonction de transfert est la suivante :

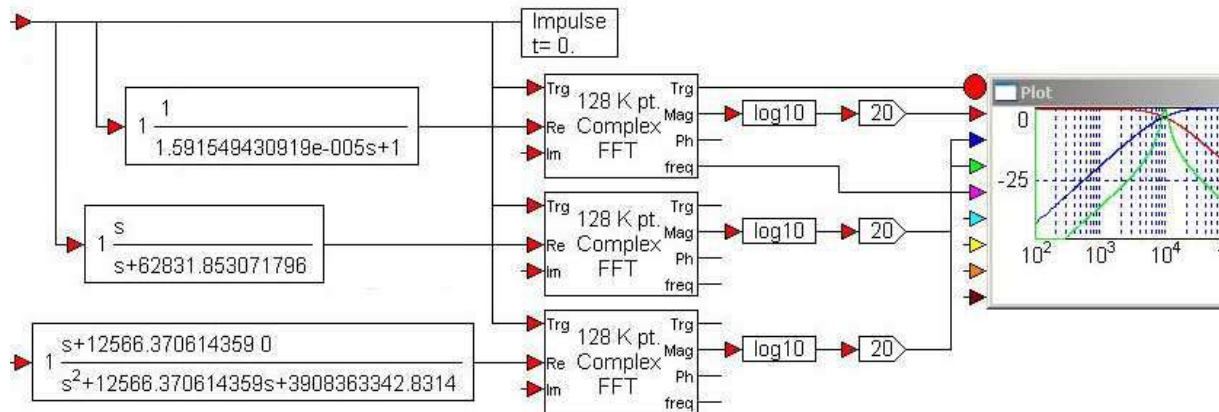
$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + j \left(\frac{L}{R} \omega - \frac{1}{RC\omega} \right)}$$

La fréquence de résonance est de :

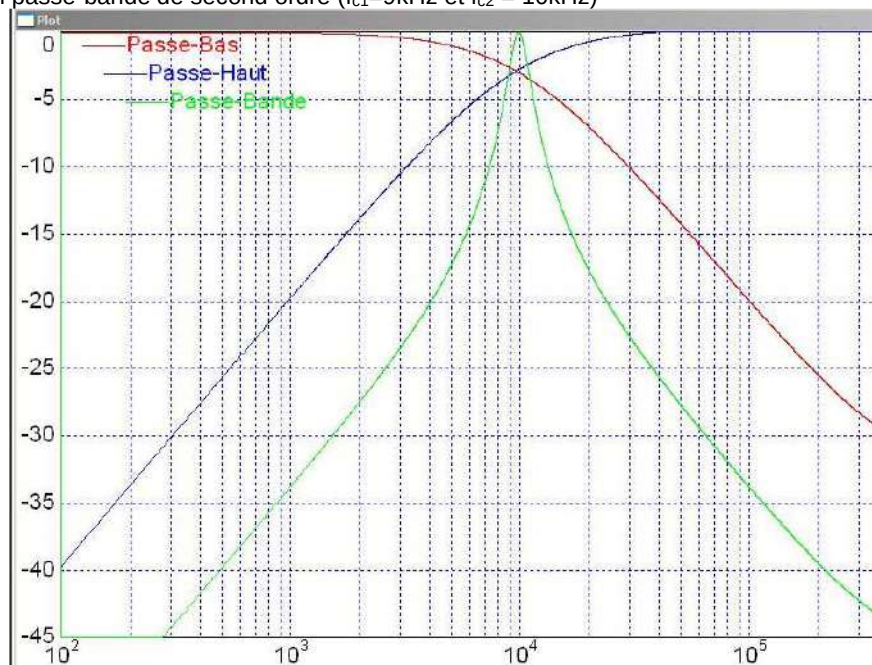
$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Q2.

Le schéma du montage était le suivant :



Voici le résultat de notre simulation avec un système à trois filtres : passe-bas et un passe haut de premier ordre ($f_c=9\text{kHz}$), et un passe-bande de second ordre ($f_{c1}=9\text{kHz}$ et $f_{c2} = 10\text{kHz}$)



Les coefficients des filtres sont les suivants :

Pour le **passe-bas** :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{1 + 1.6 \cdot 10^{-5} j\omega} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} = \frac{1}{1 + s \frac{1}{\omega_c}} \\
 &= \frac{1}{1 + s \frac{1}{2\pi f_c}} = \frac{1}{1 + s \frac{1}{2\pi \cdot 10\,000}} = \frac{1}{1 + 1.6 \cdot 10^{-5} s} \quad \text{Vérfié!}
 \end{aligned}$$

Pour le **passe-haut** :

$$\omega_c = 2\pi f_c = 2\pi \cdot 10\,000 = 6258$$

$$\frac{s}{s + 62581} = \frac{\frac{s}{\omega_c}}{1 + \frac{s}{\omega_c}} = \frac{\frac{s}{\omega_c}}{\frac{\omega_c + s}{\omega_c}} = \frac{s}{\omega_c + s} = \frac{s}{s + 6258} \quad \text{Vérfié!}$$

Pour le **passe-bande** :

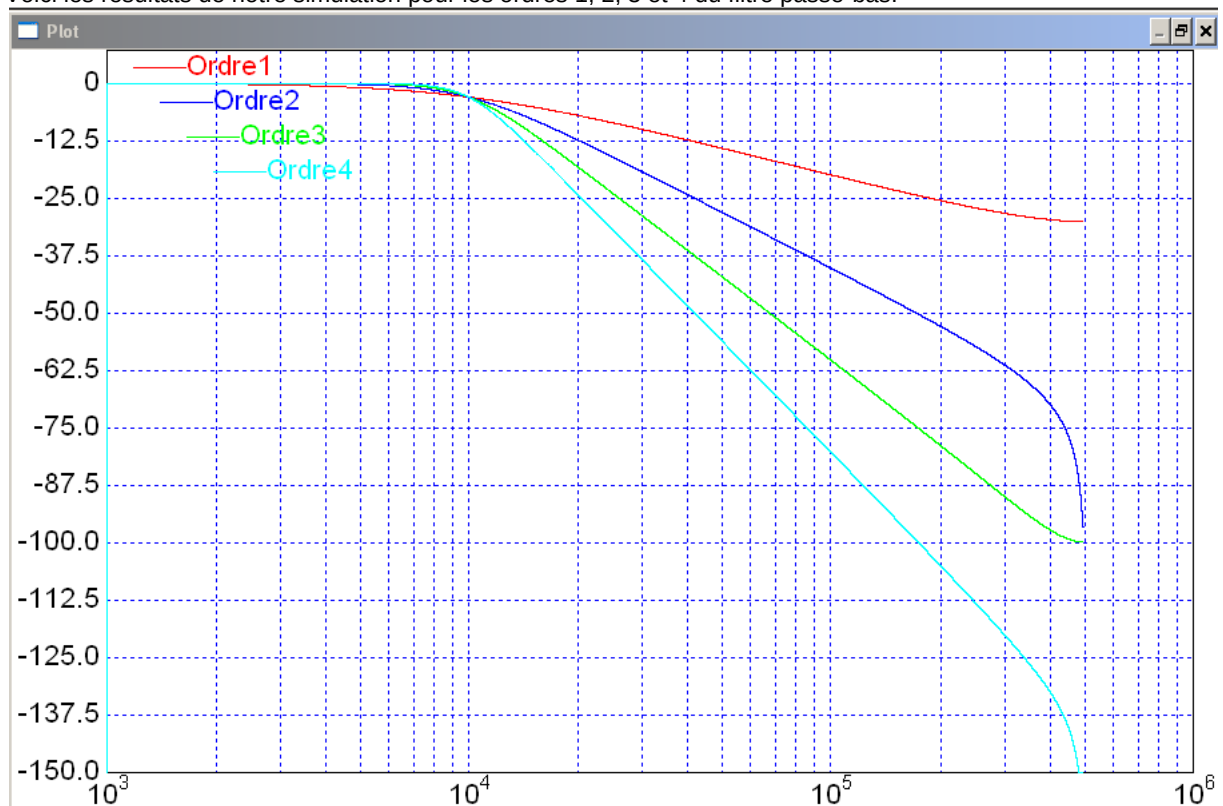
$$\frac{s + 12566}{s^2 + 12566} = \frac{j \frac{f}{q f_0}}{1 + j \frac{f}{q f_0} + \left(j \frac{f}{f_0}\right)^2} = \frac{j \frac{\omega/2\pi}{q \omega_0/2\pi}}{1 + j \frac{\omega/2\pi}{q \omega_0/2\pi} + \left(j \frac{\omega/2\pi}{\omega_0/2\pi}\right)^2}$$

$$= \frac{s \frac{1}{q \omega_0}}{1 + s \frac{1}{q \omega_0} + s^2 \frac{1}{\omega_0^2}} = \dots \quad \text{Non Vérifié : (}$$

Ordre et sélectivité des filtres

Q3.

Voici les résultats de notre simulation pour les ordres 1, 2, 3 et 4 du filtre passe-bas:



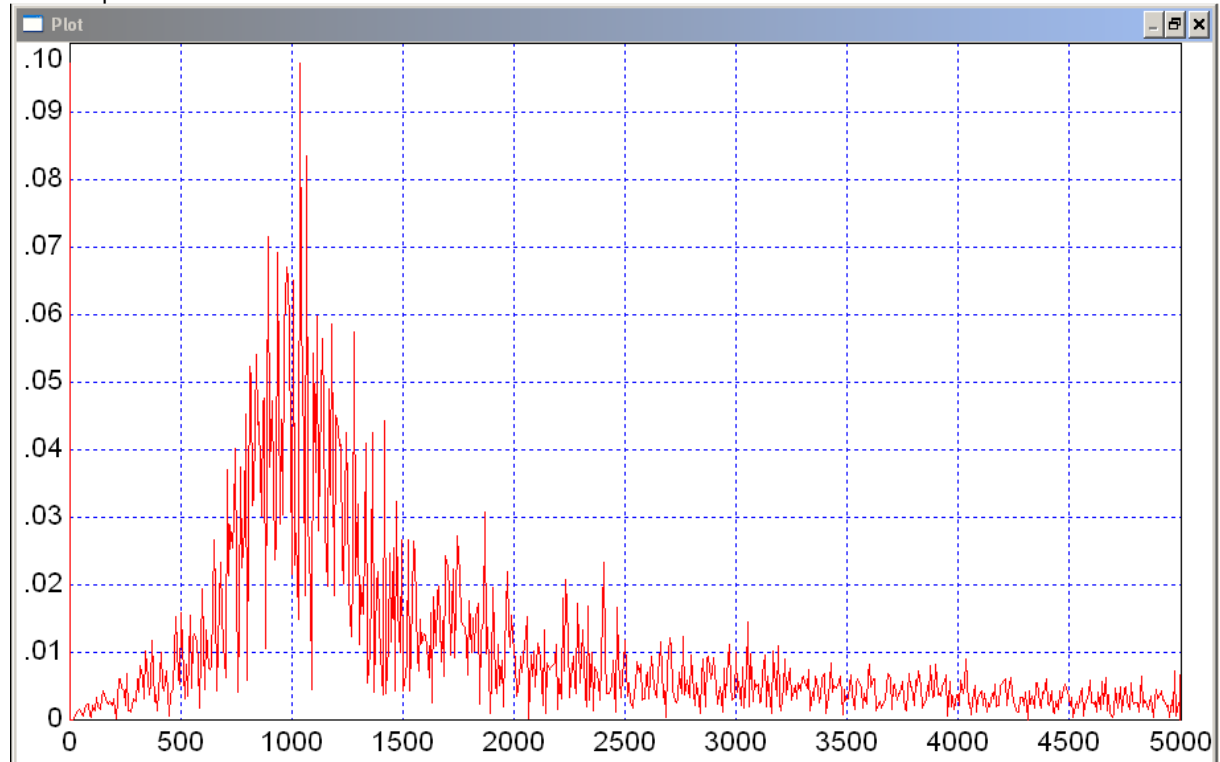
On en conclue facilement que "n" est en réalité le coefficient directeur de la pente du filtre :
Plus "n" est élevé, plus la partie coupure de la courbe (à partir de $f_c = -3\text{dB}$) sera pentue.

II. Multiplexage

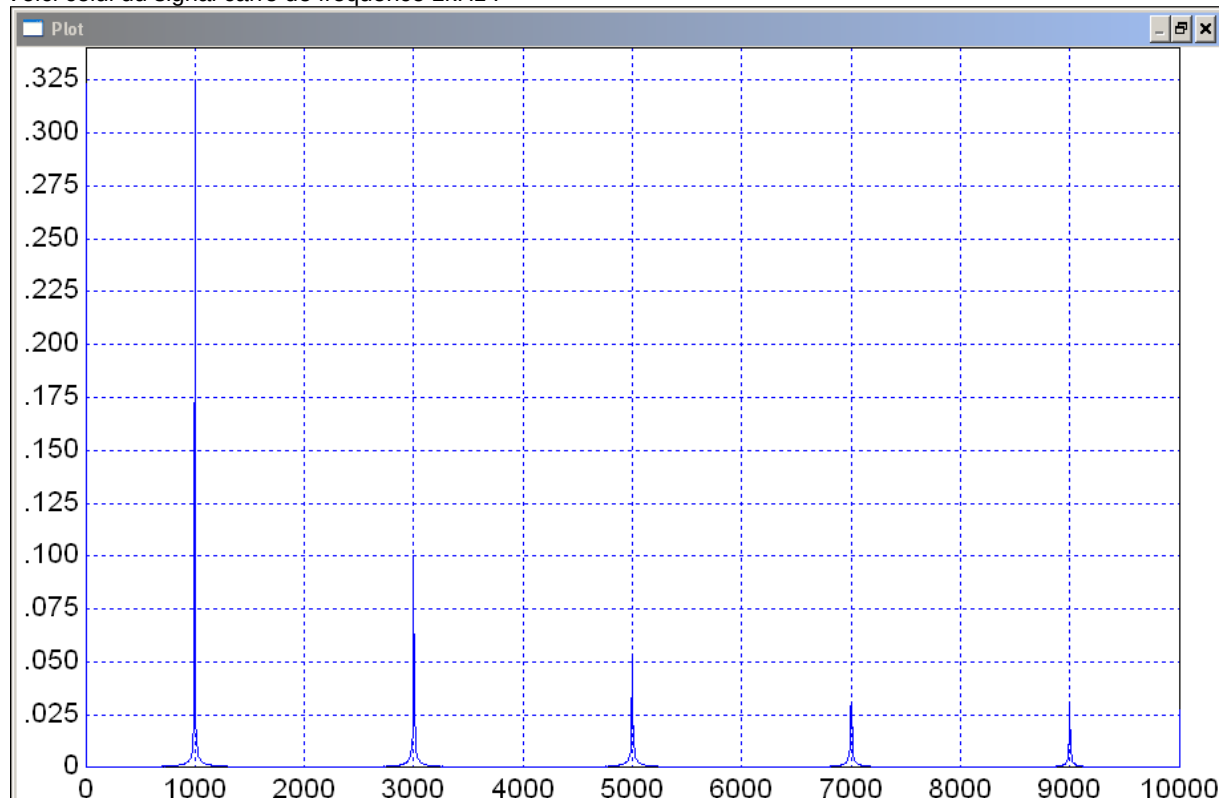
Génération des signaux sources

Q4.

Voici le spectre du bruit fourni :



Voici celui du signal carré de fréquence 1kHz :



On peut distinguer une raie de la fréquence centrale à 1kHz suivie de ses harmoniques tous les 2kHz... Comparé au spectre relevé pour le signal bruit, on remarque une bande passante beaucoup plus petite sur celui du carré :

Le signal bruit a un spectre compris entre 0Hz et 5kHz alors que celui du carré est infini et redondant tous les 2kHz.

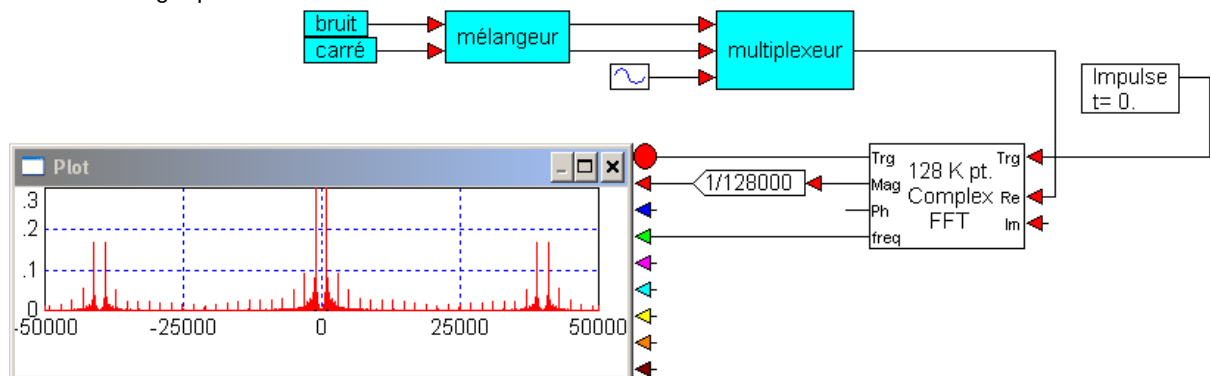
Synthèse du signal stéréo

Q5*.

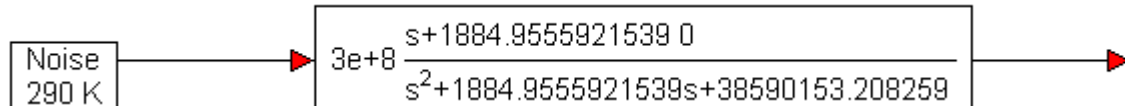
Rendu en début de séance

Q6.

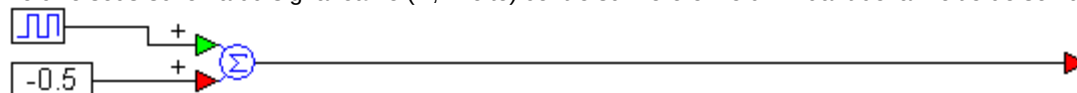
Voici le montage que nous avons effectué :



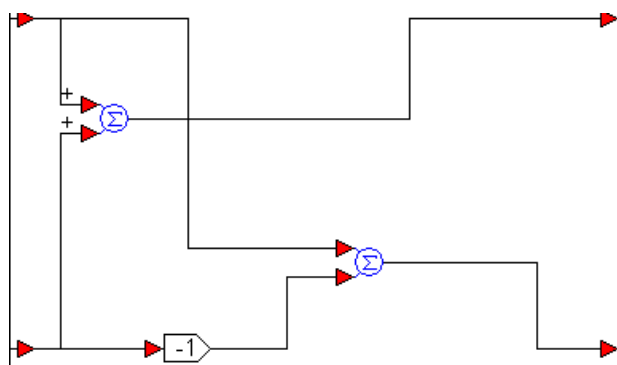
Voici le sous-schéma du signal **bruit** (G, Gauche) avec son filtre passe-bande permettant de le délimiter dans la bande de fréquence pour ne pas recouvrir les autres signaux :



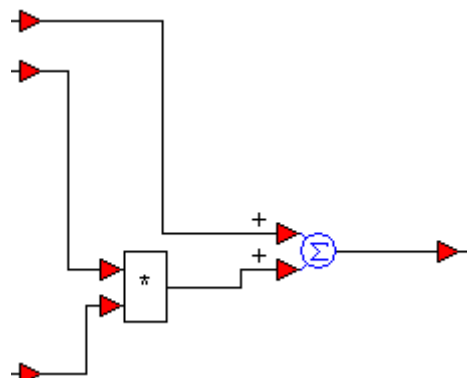
Voici le sous-schéma du signal **carré** (D, Droite) centré sur zéro en le diminuant de la moitié de son amplitude :



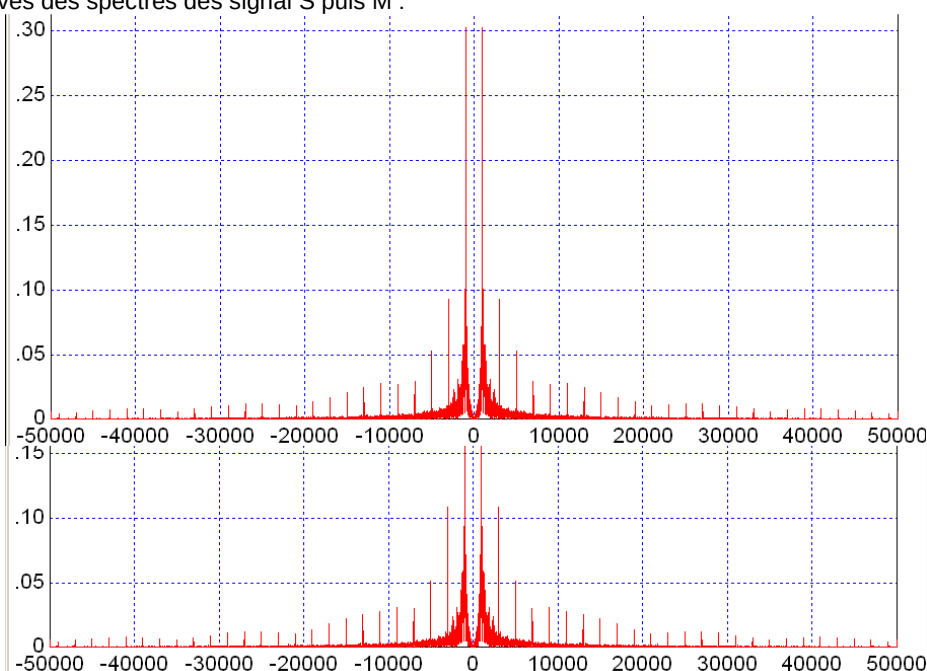
Voici le sous-schéma du **mélangeur** donnant en sortie haute le signal "M" de Mono et en sortie basse "S" de Stéréo: G+D en haut et G-D en bas!



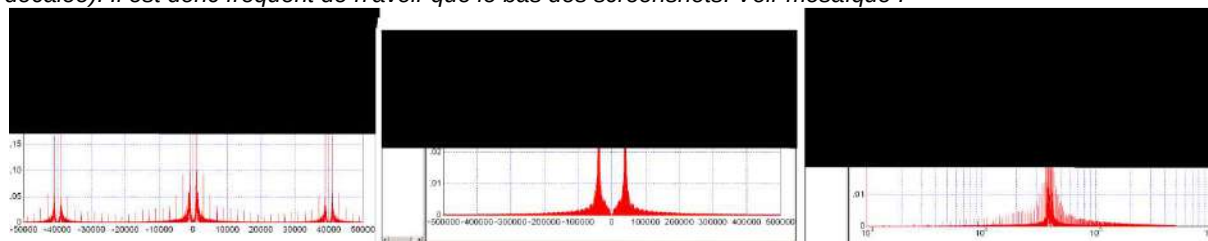
Et celui du **multiplexeur** donnant en sortie le signal $Y=M + S.\sin(\omega t)$ grâce à un signal sinus.



Voici les relevés des spectres des signal S puis M :



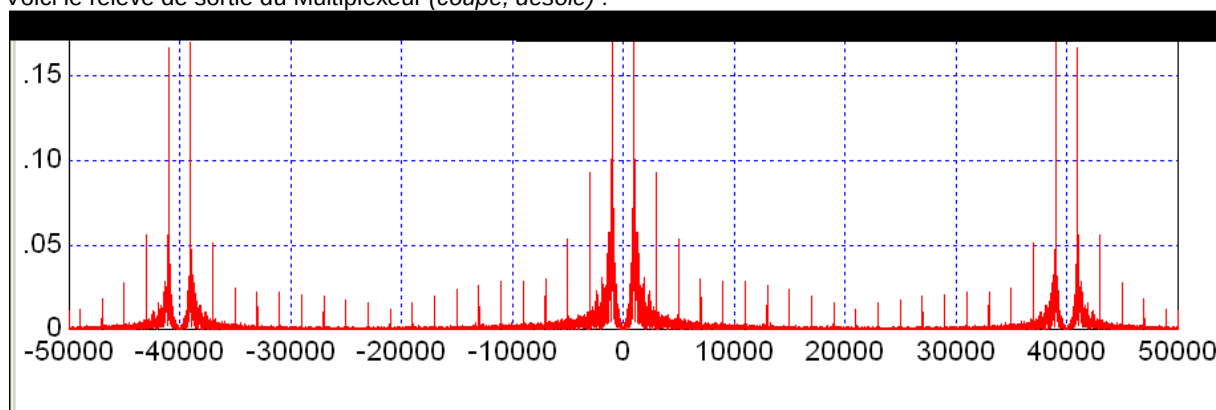
N.B : Il convient de préciser qu'à partir de cette étape, lors d'un débranchement un peu brutal, une plus ou moins grande partie du haut des images enregistrées sur le disque amovible a été effacée (problème d'écriture décalée). Il est donc fréquent de n'avoir que le bas des screenshots. Voir mosaïque :



Un conseil de –désormais- expérimenté, n'hésitez plus à "Retirer le périphérique de stockage de masse USB [...] en toute sécurité"!

Plus d'infos sur : <http://www.aidpc.fr/astuce/astuce-10-L'écriture-décalée-a-échoué.html>

Voici le relevé de sortie du Multiplexeur (*coupé, désolé*) :



Le multiplexage est une nécessité pour la synthèse du signal stéréo. En effet, on remarque que les signaux Mono et Stéréo ont un spectre plus ou moins identique mais surtout centrés sur la même fréquence!!! On comprend donc facilement qu'un décalage en fréquence d'un des deux signaux est nécessaire afin d'éviter tout recouvrement! La preuve, grâce au décalage appliqué précédemment avec une sinusoïde, le spectre est totalement conservé!

III. Démultiplexage

Reconstitution des voies G et D

Q7*

Rendu en début de séance

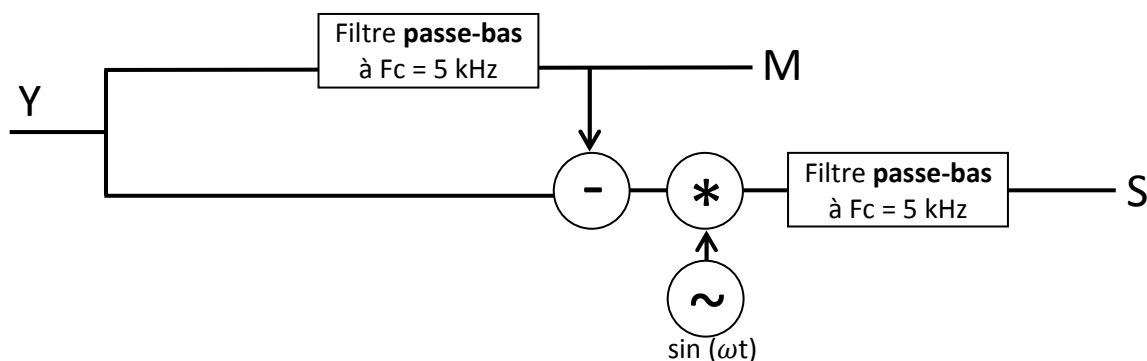
Q8

Le screenshot du schéma étant lui totalement noir, nous ne pouvons vous le fournir. Nous avons tenté d'accéder aux salles de l'école ce samedi, mais les portes ont été fermées sous notre nez, à 15h00, sans aucune discussion possible.

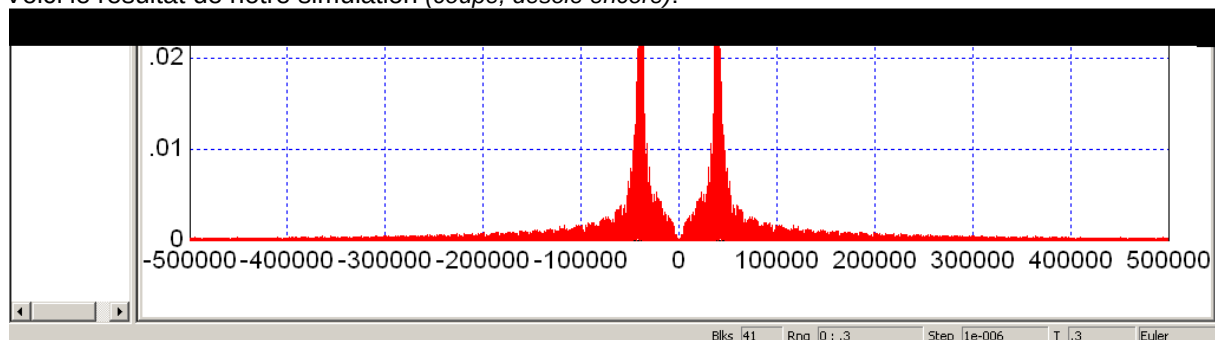
On rappellera donc le simple schéma d'un multiplexeur :

D'un bloc "Multiplexeur" obtenu par la combinaison du dernier schéma, on envoi le signal $Y = M + S \cdot \sin(\omega t)$... On le réceptionne en y appliquant un filtre passe-bas de premier ordre à 5000Hz (fin du spectre de M sur la bande de fréquence) : cela nous donne le signal M. Suite à cela, on retranche le signal filtré M au signal d'origine Y grâce à une simple soustraction de signaux : nous obtenons $S \cdot \sin(\omega t)$. Enfin, à ce $S \cdot \sin(\omega t)$ on applique une sinusoïde de même valeur " $\sin(\omega t)$ " afin d'obtenir notre deuxième signal : S non filtré. Un dernier filtre passe-bas à ce S non filtré, et nous obtenons le signal S seul!

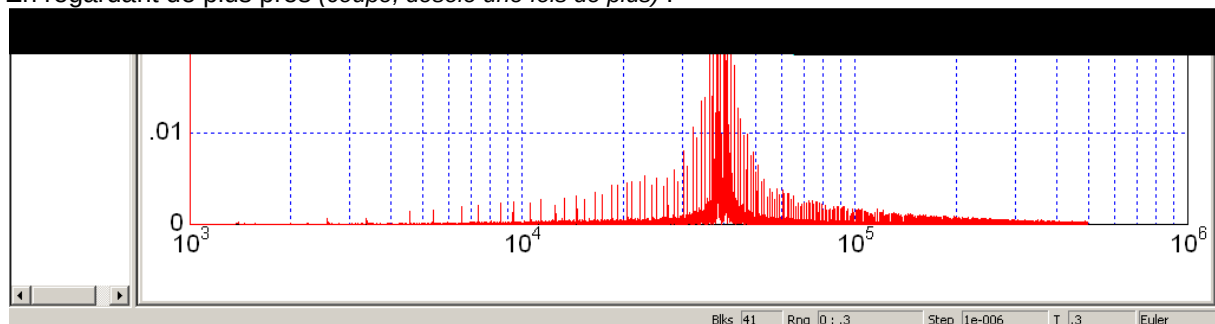
Voici un schéma approximatif :



Voici le résultat de notre simulation (coupé, désolé encore):



En regardant de plus près (coupé, désolé une fois de plus) :



Il semble évident que le signal retrouvé n'est pas celui voulu, le démultiplexage a donc échoué malgré nos tentative pour résoudre le problème...