

TP Communications L3,S1

Gabriel Melka et Caterina Marconi

November 2024

1 Introduction

blabla

2 modulation en amplitude : AM

[insérer tout ce qu'a fait caterina]

3 Modulation en fréquence

3.1 Principe de la modulation en fréquence

Pour comprendre la modulation en fréquence, il faut comprendre la modulation en amplitude. Cette dernière consiste à prendre un signal, (une tension dans notre cas), un signal modulant, à une fréquence donnée, et à le multiplier par un signal de fréquence bien plus élevée, la porteuse. On transmet donc l'information d'un signal de "faible" fréquence (comme le son d'une voix) , par un autre de haute fréquence, plus commode pour la transmission. La modulation en fréquence a pour même objectif, mais au lieu de faire varier l'amplitude du signal, fait varier la fréquence de celui-ci. Concrètement l'opération que l'on fait est une composition d'une porteuse par le signal d'intérêt.

3.2 Modulation en fréquence, en externe

Pour simuler le fait de transmettre un signal modulé, puis le démoduler, on construit le "modulateur" en fréquence.

On prend un signal porteur à $f_p=1\text{kHz}$, sur le GBF1, pour commencer

On constate que la porteuse est légèrement élargie fréquentiellement (il faut refaire cette mesure car on ne voit pas l'ordre de grandeur de l'élargissement spectral)

Ensuite on vient moduler le signal du GBF1 grâce à un signal créé par le GBF2, à $f_m=10\text{Hz}$

// en théorie on obtient, grace à cette modulation extérieure un signal de fréquence $f(t)=f_p+f_m\cos(2\pi f_m t)$

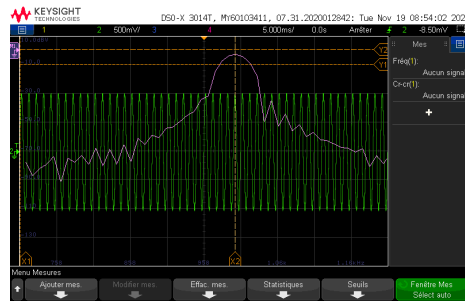


Figure 1: Signal de la porteuse

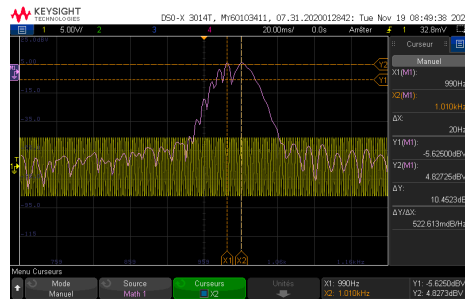


Figure 2: Signal modulé en fréquence

On constate sur l'oscilloscope que le contraste se contracte et se dilate par rapport à l'axe des abscisses au cours du temps. On peut faire varier la vitesse des ces changement en faisant varier le paramètre f_t sur le GBF1

On constate sur la FFT du signal un pic élargi entre 990Hz et 1010 Hz, soit entre $f_p - f_1$ et $f_p + f_1$. On constate que l'amplitude de la TF aux bords est plus grande, car la densité fréquentielle de probabilité d'être au voisinage de ces deux fréquences est plus grande que pour les autres fréquences.

Ceci constitue le signal modulé en fréquence (FM).

3.3 Démodulation grâce à la boucle à verrouillage de phase

Le but de la démodulation est de trouver le signal d'origine. Ici celui est contenu dans la phase, qui est variable. Pour extraire un signal contenant seulement la phase, on multiplie le signal $V_{mod}(t)$ par une sinusoïdale à la fréquence f_p (fréquence qu'on pourrait accéder en faisant la fréquence centrale de la TF de V_{mod}), et un déphasage ϕ par rapport au signal modulé, grace au GBF3. // Ainsi d'après les formules trigonométriques bien connues, on obtient une harmonique à la fréquence $f_m \cos(2\pi f_t t)$ (la différence), et une autre à la fréquence $2f_p + f_m \cos(2\pi f_t t)$ (la somme). Il y a un déphasage de $-\phi/2$ pour le premier signal et de $+\phi/2$ pour le deuxième.

Ainsi on filtre le signal à haute fréquence. Pour cela on utilise un passe-

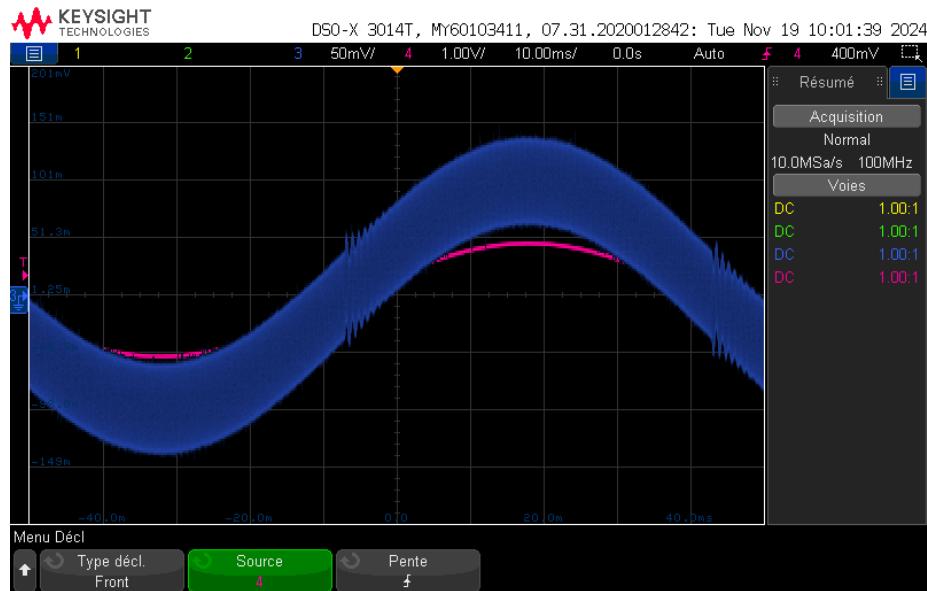


Figure 3: En bleu :signal en sortie de la PPL, et avant la multiplication et le filtre, en violet: le signal modulé d'entrée

bas d'ordre 1 : un filtre RC aux bornes du condensateur. on prend comme fréquence de coupure environ 100Hz, grace à une résistance de 5kOhm et à un condensateur de 220nF (moyenne géométrique entre 10hz et 1kHz); La suite du montage consiste à reboucler le signal obtenu avec le GBF3, et à activer la PPL, la boucle à verrouillage de phase, avec une fréquence de déviation de 100Hz. La boucle à verrouillage de phase va permettre de renvoyer $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$.

On constate bien que l'écart de phase entre les deux signaux est nul.

–mettre le schéma du montage global– conclusion partielle

3.4 multiplexage

Dans la partie précédente, nous avons transporté un signal à basse fréquence dans un autre de plus grande fréquence. on souhaite maintenant généraliser cela et pouvoir transporter plusieurs signaux dans un seul. On cherche un critère fréquentiel en les différentes porteuses pour pouvoir réaliser ceci. Ce critère pourra donc nous donner in fine le nombre de signaux que l'on peut moduler en FM pour une plage de fréquence donnée.

Pour tester cela, on réalise deux modulations en fréquence en interne avec GBF1 et GBF2

-faire tableau propre- 1er signal : $f_p=20\text{kHz}$; $f_{\text{plage}}=100\text{Hz}$; signal d'intérêt proportionnel à $\sin(2\pi \cdot 10\text{Hz} \cdot t)$ 2eme signal: $f_p=100\text{kHz}$; $f_{\text{plage}}=100\text{Hz}$; signal d'intérêt : un triangle à 16Hz

On somme les deux signaux en les connectant grace à un T: Le système de

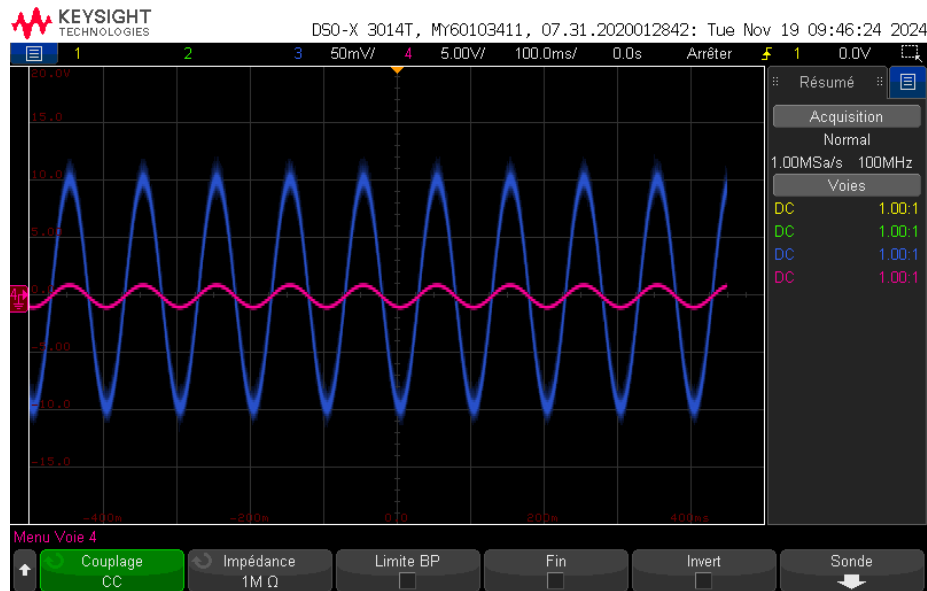


Figure 4: En bleu : le signal d'entrée, en rose le signal de sortie

démodulation créé précédemment doit permettre de pouvoir choisir quel signal on souhaite récupérer : la sinusoïde ou le triangle

On constate sur cette dernière figure que l'on a des fréquences résiduelles vers 2,5kHz, soit $\frac{\Delta f}{4}$ ici, que l'on peut essayer de filtrer. En effet on a cela car on fait deux multiplications qui font apparaître. Qualitativement, vers $\Delta f = 10kHz$, on ne peut plus distinguer clairement la sinusoïde du triangle sur le signal de sortie. Ainsi si on travaille avec des fréquences porteuses entre 1GHz et 1,5GHz, on peut regarder environ (ordre de grandeur) 50 signaux sur un seul signal : c'est considérable.

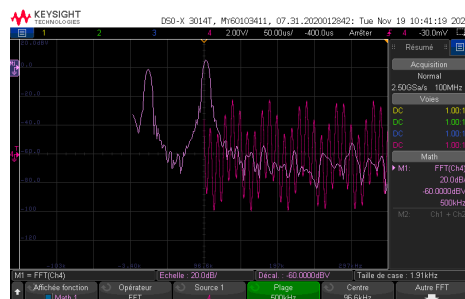


Figure 5: signal d'entrée composé de la somme de deux sinusoïdes

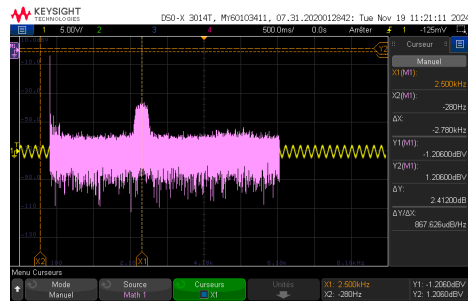


Figure 6: signal en sortie du démodulateur

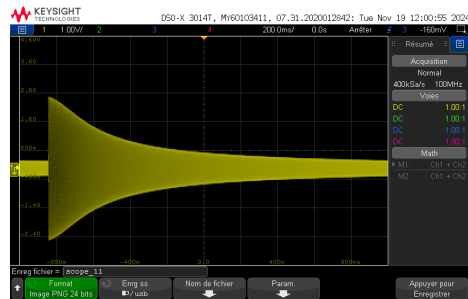


Figure 7: amplitude en fonction du temps FM

3.5 Caractérisation d'un filtre

On essaye de caractériser un filtre grâce à une modulation FM, en faisant varier la fréquence linéairement autour de la fréquence d'un filtre RC, et en analysant le gain en fonction du temps, donc le gain en fonction de la fréquence. ceci permet d'avoir un diagramme de bode en gain, mais on peut imaginer qu'avec la PPL, on puisse avoir la phase en fonction de la fréquence

parametres: $f_{dev}=9,8\text{kHz}$, $f_{mod}=10\text{kHz}$; $FM=500\text{mHz}$