CR Modulation d'amplitude simulation
Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET
2G1TD1TP2

1. Modulation par multiplication

1.1. Construction du modulateur

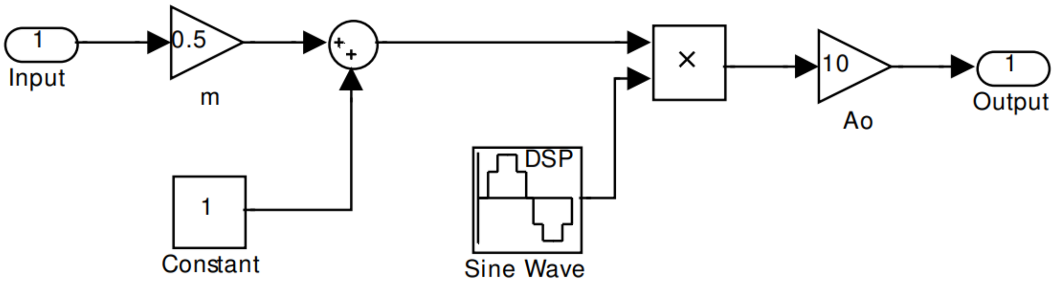

figure 1 - Schéma simulink du Modulateur AM

1.2. Construction du signal modulant

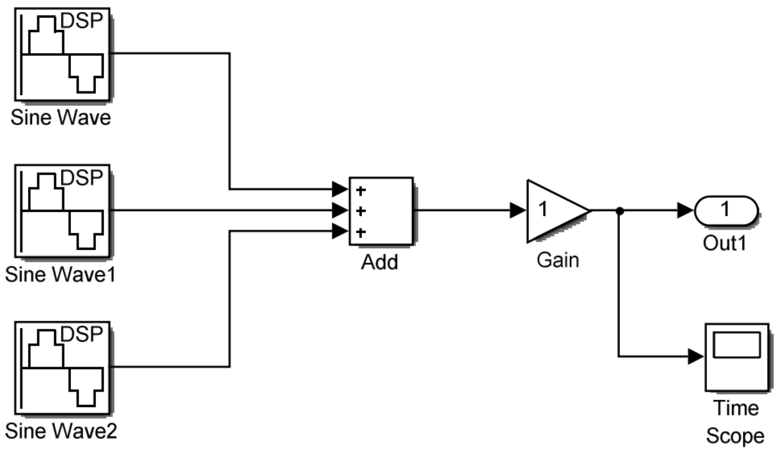

Figure 2 - Schéma simulink du signal modulant

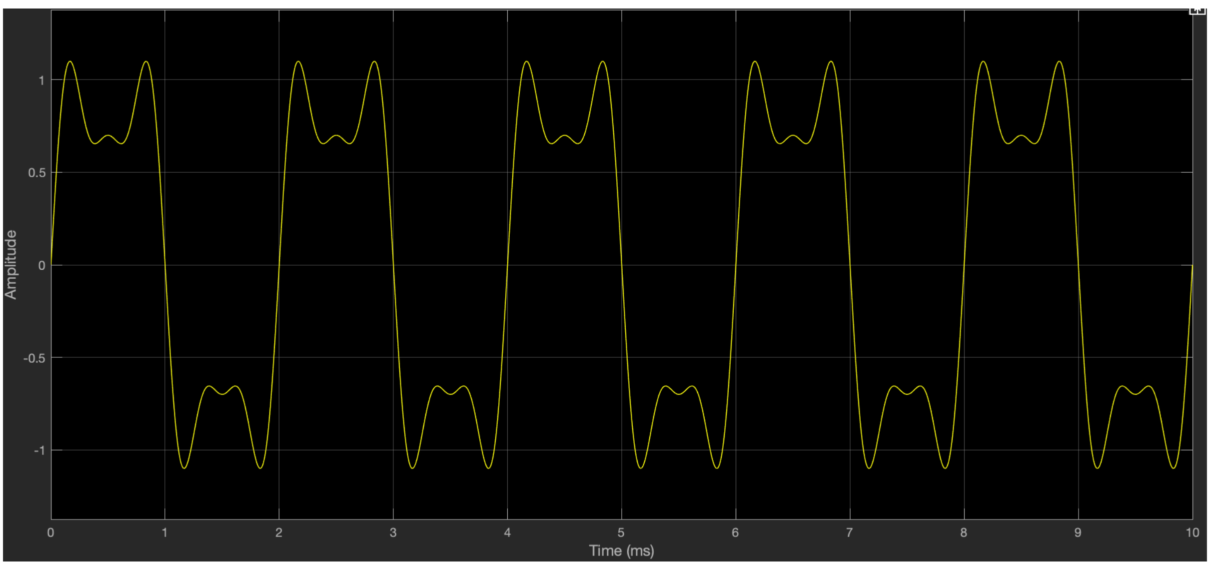

Figure 3 - Simulation du signal modulant

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET

2G1TD1TP2

Afin d'avoir un signal modulant compris entre -1 et 1 on ajuste le gain du signal modulant (égal à 1 sur la simulation ci-dessus)

Nouveau gain : 1/1.1

1.3. Construction du signal modulé

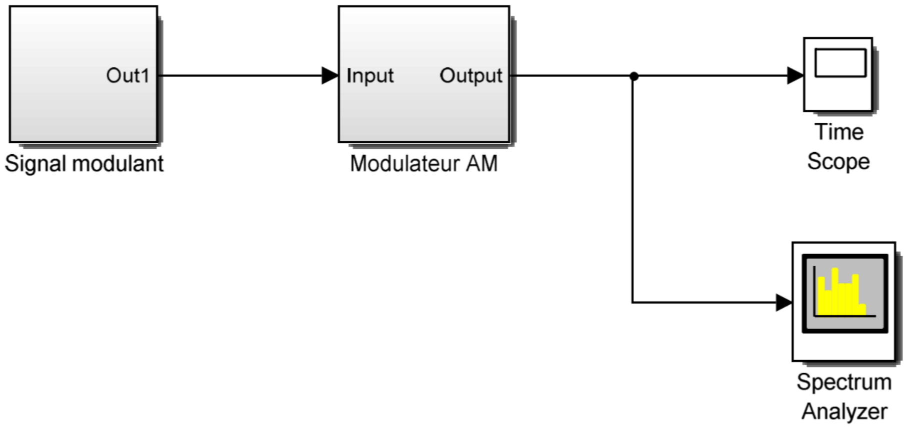

Figure 4 - Schéma simulink du signal modulé

Pour toutes les simulations suivantes on utilise le signal modulant avec comme :

- Amplitude =1V
- Fréquence =0.5 kHz

CR Modulation d’amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET

2G1TD1TP2

<u>Cas m=0.5</u>

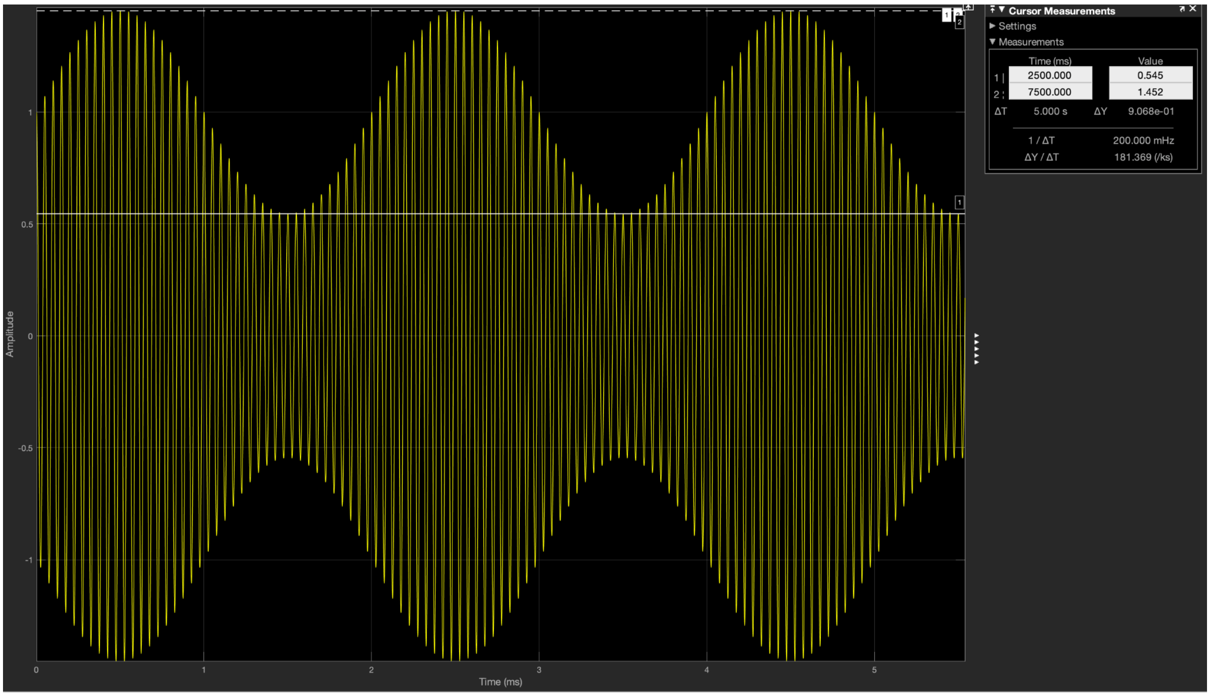

Figure 5 - Simulation temporelle du signal modulé pour m= 0.5

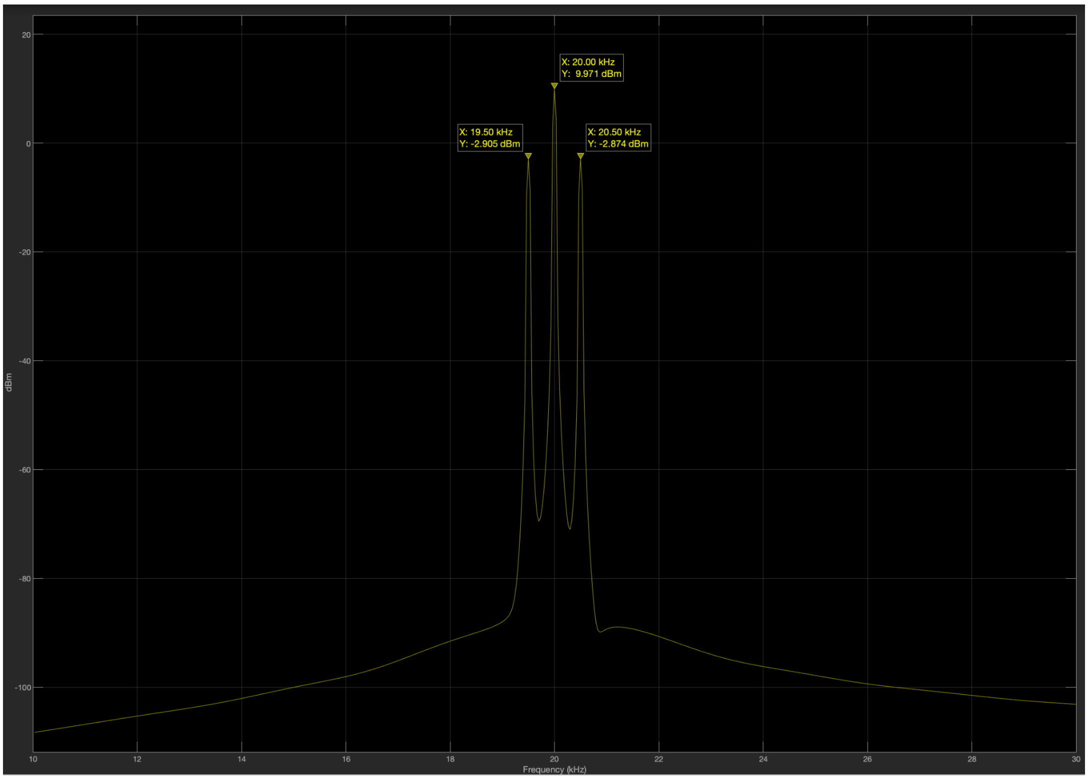

Figure 6 - Schéma de spectre du signal modulé pour m= 0.5

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET
2G1TD1TP2

Calcul de m

$V_{crête\ maximale} = (1 + m).A_0 = 1.452$

$V_{crête\ minimale} = (1 - m).A_0 = 0.545$

$\frac{V_{crête\ maximale}}{V_{crête\ minimale}} = \frac{1+m}{1-m}$

AN : $\frac{1.452}{0.545} = \frac{1+m}{1-m}$ $Donc\ on\ obtient\ m = 0.454$

On obtient un écart relatif : $\frac{0.045}{0.5} =$ 9.2% → Le coefficient de modulation est cohérent avec la valeur que l'on a indiquée.

Calcul de puissances

<u>Valeur Théorique</u>

$P = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{(\frac{V}{\sqrt{2}})^2}{R}$

$P_{dBm} = 10\ log\ \frac{(\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R} - 10\ log\ \frac{(m\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R}$

$AN :\ P_{dBm} = 10\ log\ \frac{\frac{10^2}{2}}{\frac{(0.5.10)^2}{8}}\ \ -> \ P_{dBm} = 12.04\ dBm$

<u>Valeur en simulation</u>

$P_{dBm} = P_{dBm\ en\ fo} - P_{dBm} = 12,874\ dBm$

On obtient un écart relatif : $\frac{12.874-12.04}{12.04} =$ 6.9% → La simulation est cohérente avec la théorie.

CR Modulation d'amplitude simulation
Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET
2G1TD1TP2

Cas m=0.2

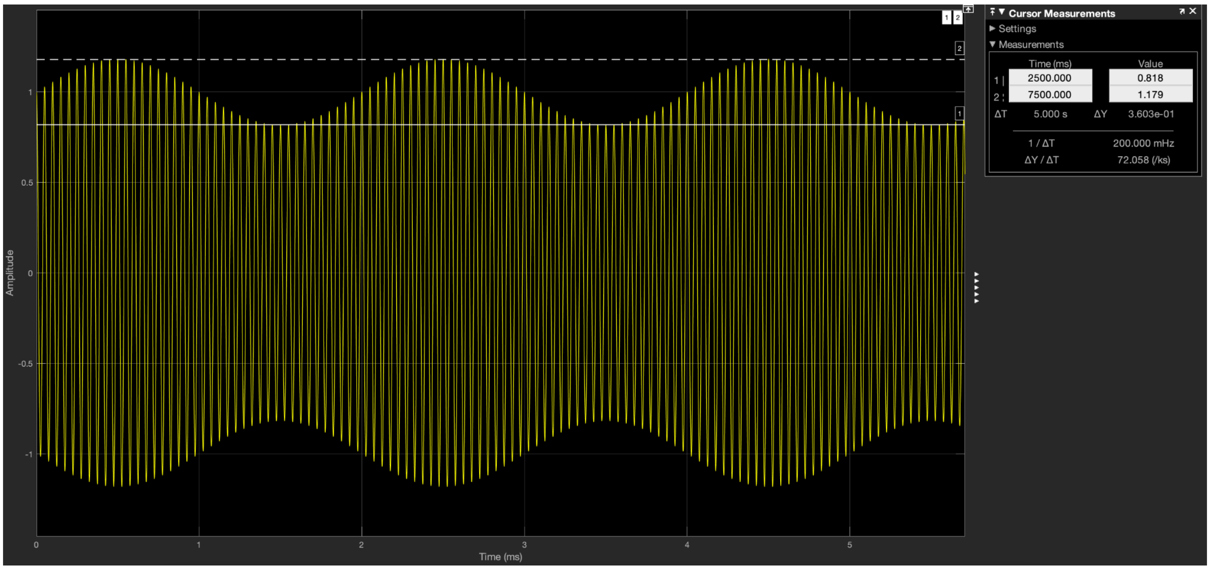

Figure 7 - Simulation temporelle du signal modulé pour m= 0.2

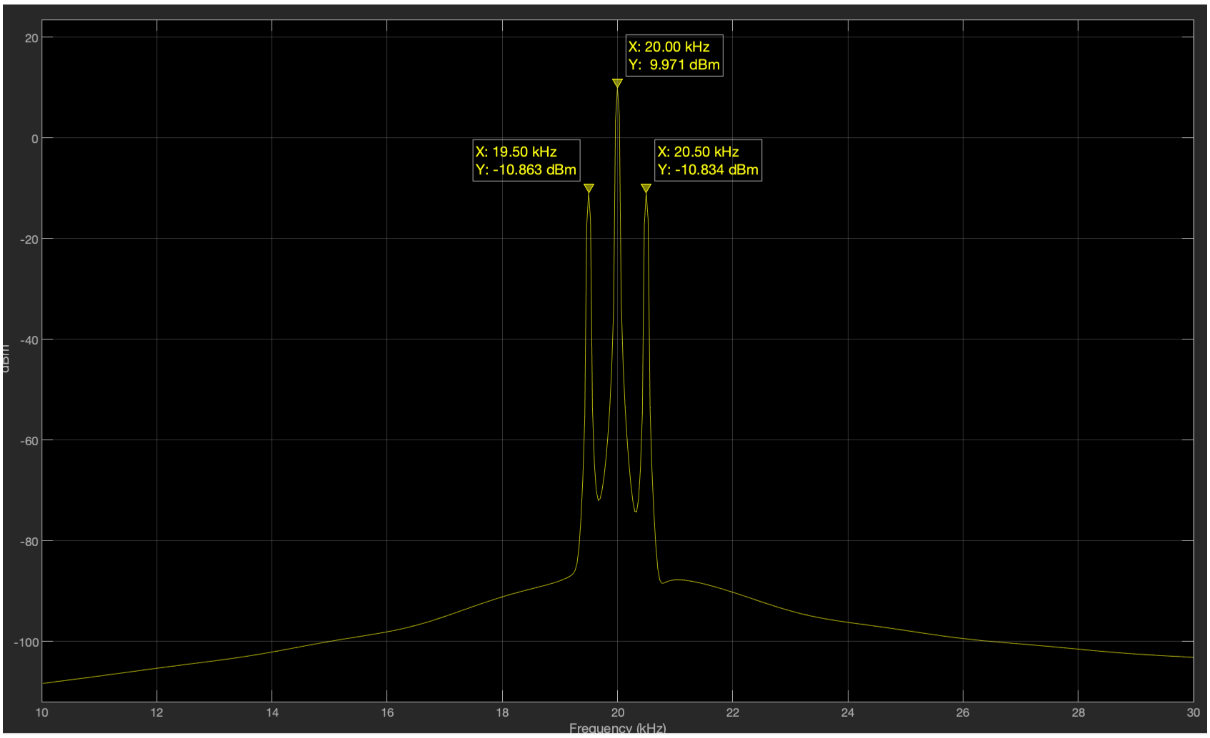

Figure 8 - Schéma de spectre du signal modulé pour m= 0.2

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET

2G1TD1TP2

Calcul de m

$V_{crête\ maximale} = (1 + m).A_0 = 1.179$

$V_{crête\ minimale} = (1 - m).A_0 = 0.818$

$\frac{V_{crête\ maximale}}{V_{crête\ minimale}} = \frac{1+m}{1-m}$

AN : $\frac{1.179}{0.818} = \frac{1+m}{1-m}$ $Donc\ on\ obtient\ m = 0.181$

On obtient un écart relatif : $\frac{0.019}{0.2} =$ 9.5% → Le coefficient de modulation est cohérent avec la valeur que l'on a indiquée.

Calcul de puissances

<u>Valeur Théorique</u>

$P = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{(\frac{V}{\sqrt{2}})^2}{R}$

$P_{dBm} = 10\ log\ \frac{(\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R} - 10\ log\ \frac{(m\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R}$

$AN : P_{dBm} = 10\ log\ \frac{\frac{10^2}{2}}{\frac{(0.2.10)^2}{8}}\ \ -> \ P_{dBm} = 20\ dBm$

<u>Valeur en simulation</u>

$P_{dBm} = P_{dBm\ en\ fo} - P_{dBm} = 9.971 - (-\ 10.834) = 20.805\ dBm$

On obtient un écart relatif : $\frac{0.805}{20} =$ 4.0% → La simulation est cohérente avec la théorie.

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET
2G1TD1TP2

Cas m=1.5

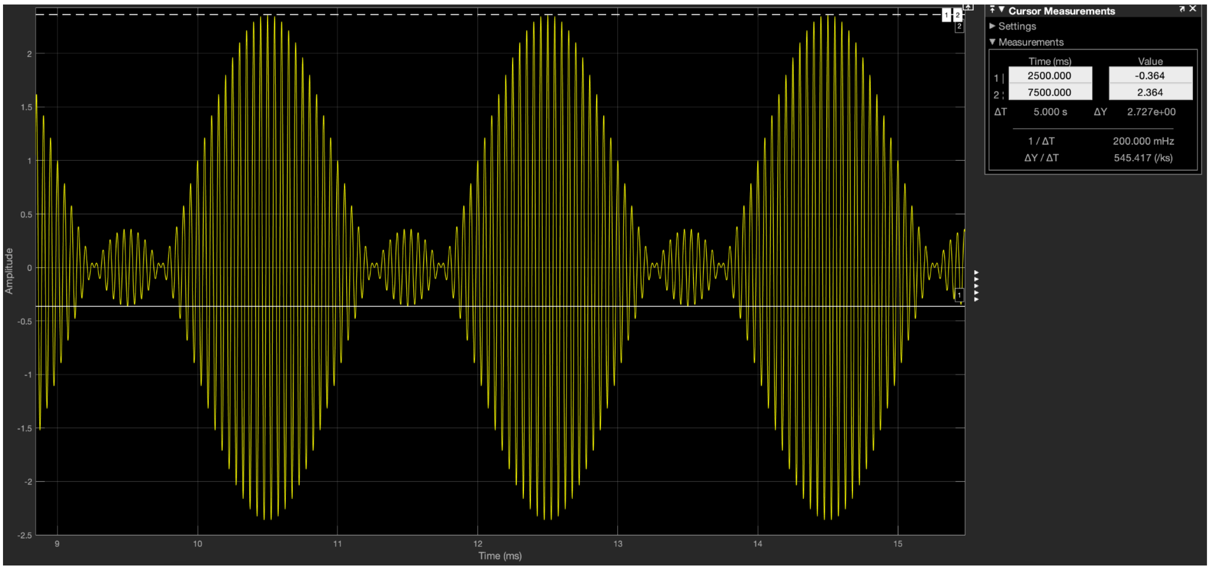

Figure 9 - Simulation temporelle du signal modulé pour m= 1.5

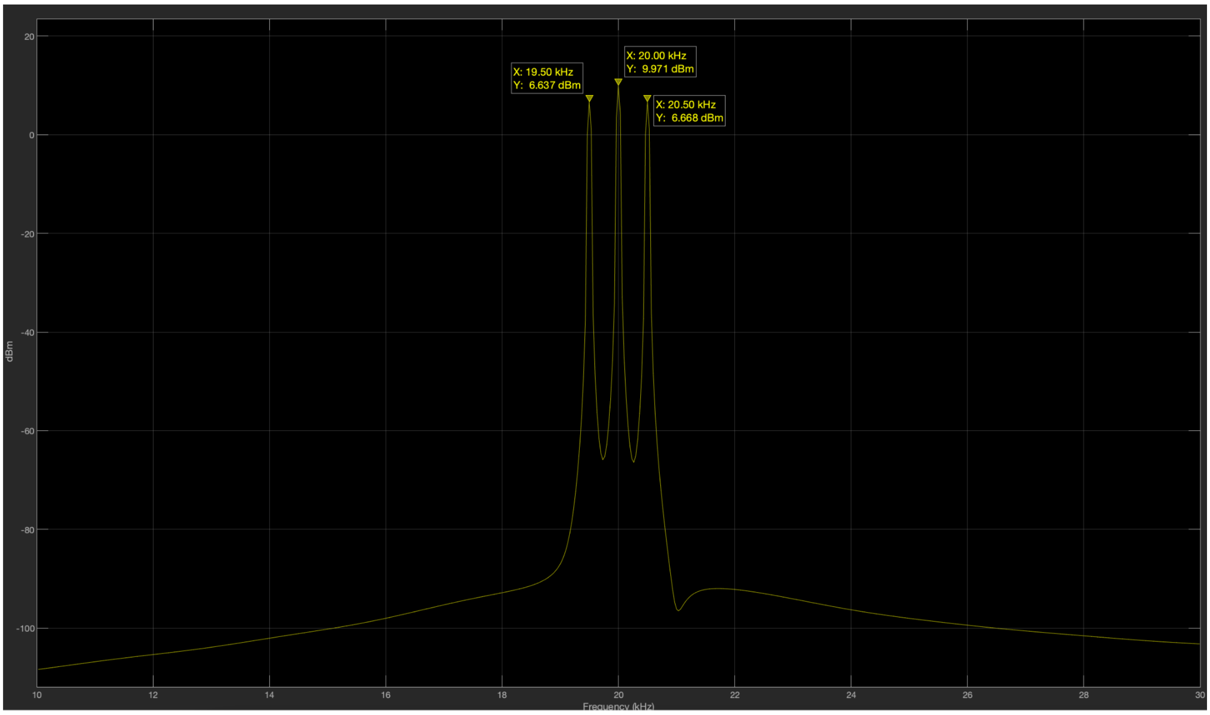

Figure 10 - Schéma de spectre du signal modulé pour m= 1.5

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET

2G1TD1TP2

Calcul de m

$V_{crête\ maximale} = (1 + m).A_0$ =2.364

$V_{crête\ minimale}$ =$(1 - m).A_0$ = -0.364

$$\frac{V_{crête\ maximale}}{V_{crête\ minimale}} = \frac{1+m}{1-m}$$

AN :$\frac{2.364}{-0.364} = \frac{1+m}{1-m}$ $Donc\ on\ obtient\ m = 1.364$

On obtient un écart relatif : $\frac{0.136}{1.5} =$ 9.1% → Le coefficient de modulation est cohérent avec la valeur que l'on a indiquée.

Calcul de puissances

<u>Valeur Théorique</u>

$$P = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{(\frac{V}{\sqrt{2}})^2}{R}$$

$$P_{dBm} = 10\ log\ \frac{(\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R} - 10\ log\ \frac{(m\frac{A_0}{\sqrt{2}})^2}{R}$$

$$AN:\ P_{dBm} = 10\ log\ \frac{\frac{10^2}{2}}{\frac{(1.5.10)^2}{8}}\ \ -> \ P_{dBm} = 2.499\ dBm$$

<u>Valeur en simulation</u>

$$P_{dBm} = P_{dBm\ en\ fo} - P_{dBm} = 9.971 - 6.668 = 3.303\ dBm$$

On obtient un écart relatif : $\frac{0.804}{3.2} =$ 32% → On devrait avoir 2 valeurs presque identiques comme pour les autres valeurs de m.

D'un point de vue général on remarque que plus la valeur de m est grande plus l'écart entre 2 raies est petit.

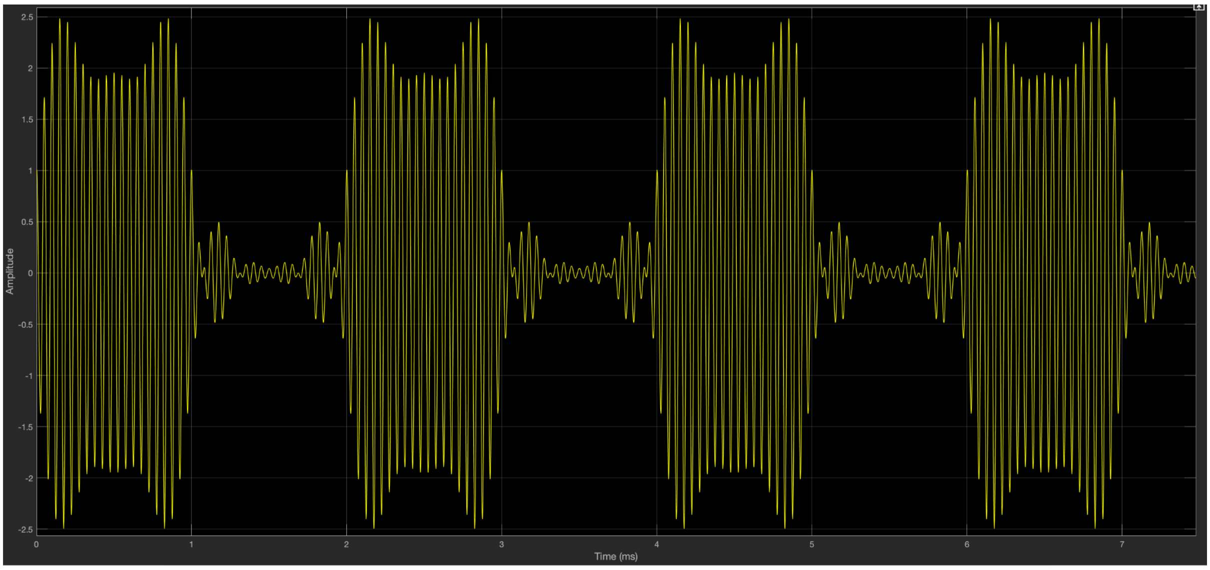

Figure 11 - Simulation temporelle de 3 signaux modulés pour m= 0.5

On souligne que l'allure de ce signal provient du fait qu'il s'agisse de la somme de trois sinusoïdes de différentes amplitudes et fréquences .

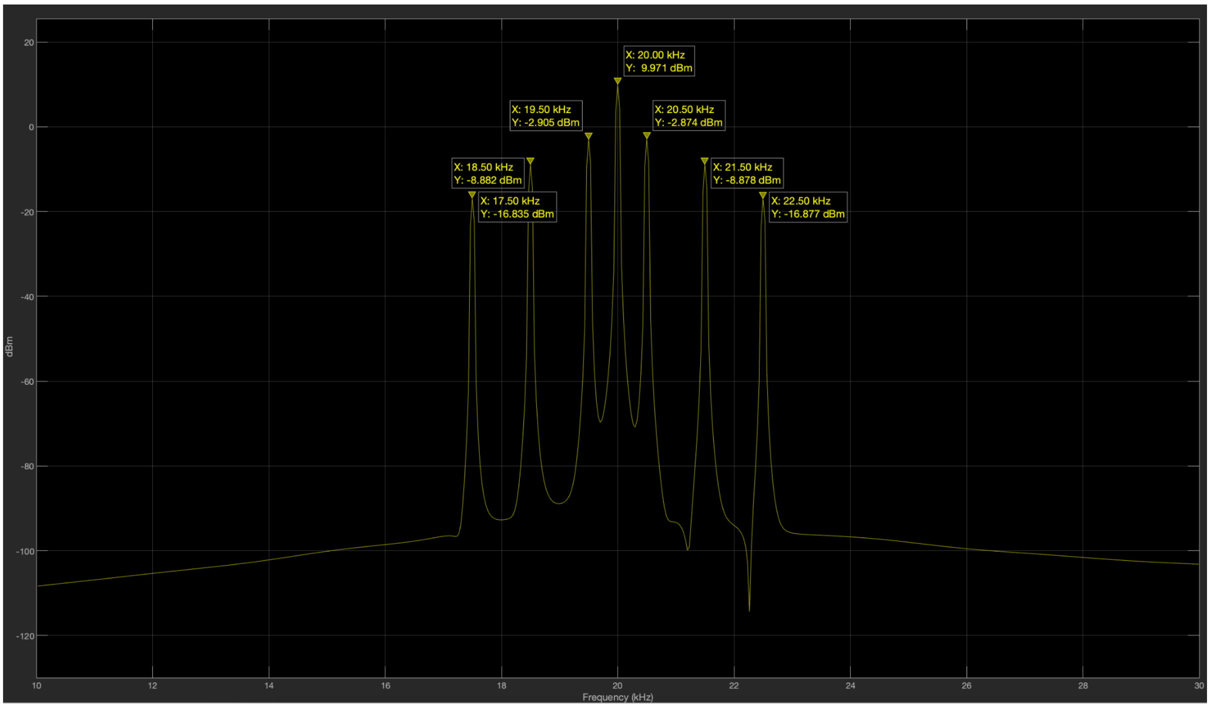

Figure 12 - Schéma de spectre de 3 signaux modulés pour m= 0.5

2. Démodulation

2.1. Démodulateur non cohérent

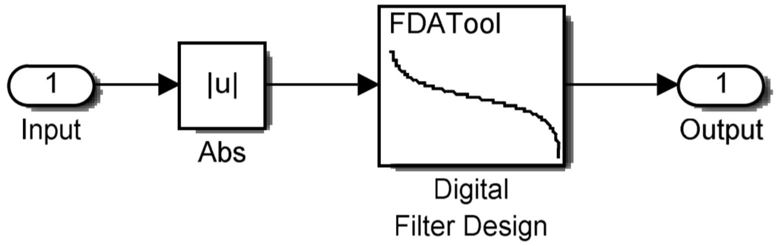

Figure 13 - Schéma simulink

Le filtre est passe-bas car nous devons supprimer toutes les composantes en cos(nwot) pour n>=2.
On paramètre le filtre passe bas on modifiant la fréquence de coupure.

Signal reçu par la porteuse : $p'(t) = 0.1 * A_0 * (1 + ms_u(t)) * cos(w_0 t)$

On obtient donc : $s_d(t) = 0.1 * A_0 * \frac{2}{\pi}(1 + ms_u(t))$

Soit $s_d(t) = 0.1 \cdot \frac{2}{\pi} + 0.1 \cdot A_0 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot ms_u(t))$

<u>Pour m=0.5 on obtient :</u>

Le gain de modulation G sera : $G = \frac{s_d}{s_u} = 0.1 \cdot A_0 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot m$

En théorie on doit trouver G=0.32

La simulation nous donne : $G = \frac{9.55-3.18}{20} = 0.32$ (cf figure 15)

En plaçant un analyseur de spectre avant le passe bas Butterworth, on obtient le graphe suivant:

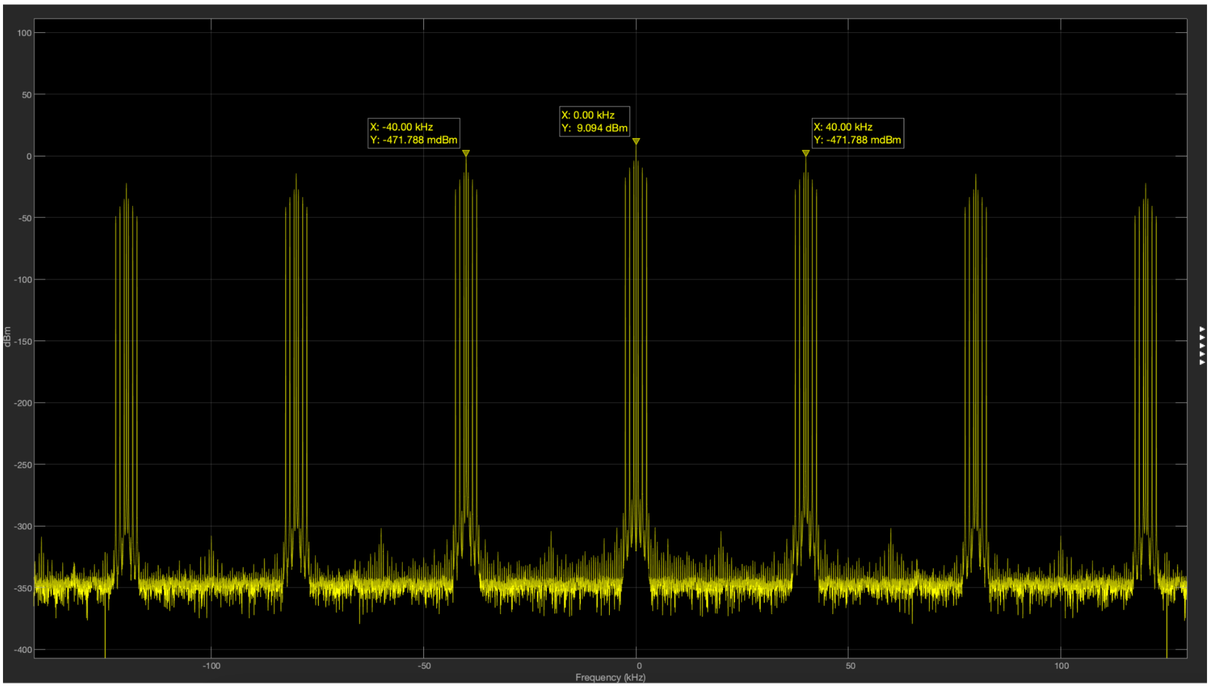

Figure 15 - Spectre du signal démodulé pour m=0.5 avant filtrage

Ce qui nous intéresse, c’est la bande de base, donc la bande centrale. Nous allons donc attribuer une fréquence de coupure de 20kHz au filtre passe bas de Butterworth.

Le signal démodulé filtré est le suivant :

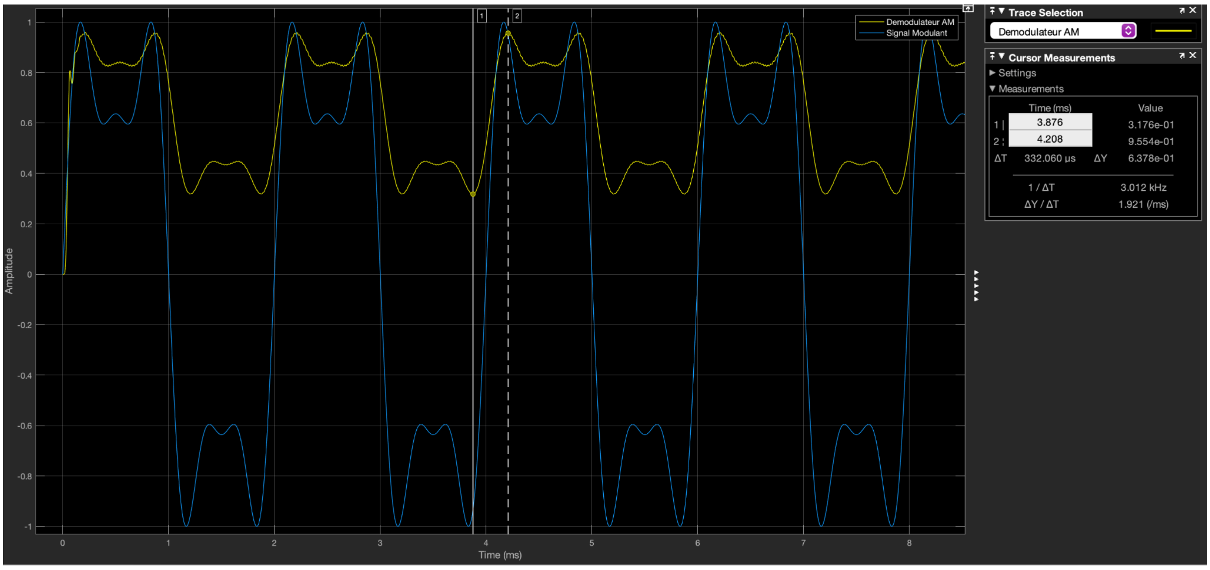

Figure 16 Signal démodulation temporelle issu de la démodulation non cohérente.

Par ailleurs on remarque un retard (dû au filtrage) $\Delta t\ =\ 44\ \mu s$

On souhaite avoir au maximum G=1, donc $m\ \leq\ 1.57$

Après filtrage, le spectre est le suivant:

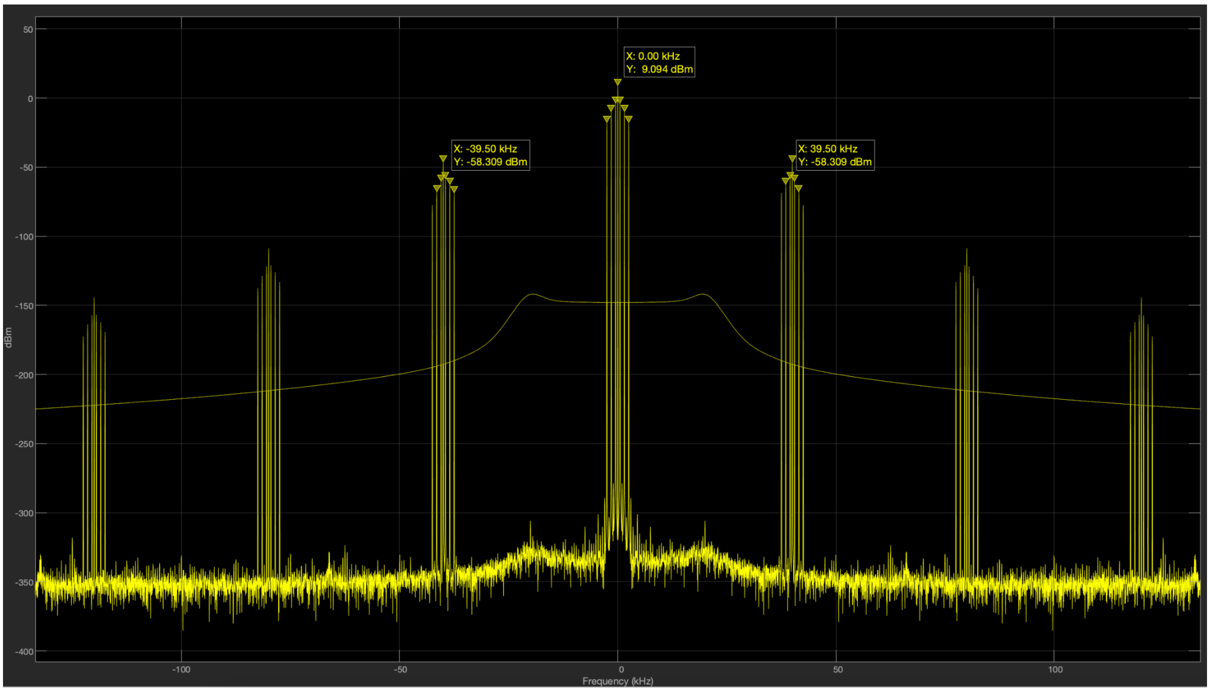

Figure 17 - Spectre du signal démodulé pour m=0.5 après filtrage

La bande centrale n’a pas été modifiée, cependant, les bandes suivantes voient leur puissance en dB diminuer : on passe de -0.4dB à -58,3dB. Cette diminution de 58dB correspond à une puissance divisée par 6.3e6 : on peut donc en conclure que les harmoniques sont bien filtrées et que seule la bande centrale est conservée. Le filtrage a bien fonctionné.

2.2. Démodulateur synchrone cohérent

$$p''(t) = p'(t) * cos(w_0 t) = 0.1 * A_0 * (1 + ms_u(t)) * cos^2(w_0 t)$$

Donc $s_d(t) = 0.1 * A_0 * (1 + ms_u(t)) * \frac{1}{2}$

Paramétrage des blocs :

On a mis la phase du nouveau bloc sinus, à 0.

Le **gain de modulation G** sera : $G = \frac{s_d}{s_u} = 0.1 \cdot A_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot m$

En théorie on doit trouver G=0.25

La simulation nous donne : $G = \frac{0.2489}{1} = 0.2489$ (cf figure 15)

Par ailleurs on remarque un retard (dû au filtrage) $\Delta t\ =\ 44\ \mu s$
On remarque qu'il s'agit du même retard que celui observé dans la partie précédente, et ceci s'explique par le fait qu'on a gardé les mêmes paramètres du filtre.

<u>Pour m=0.5 on obtient :</u>

Après filtrage, le spectre est le suivant:

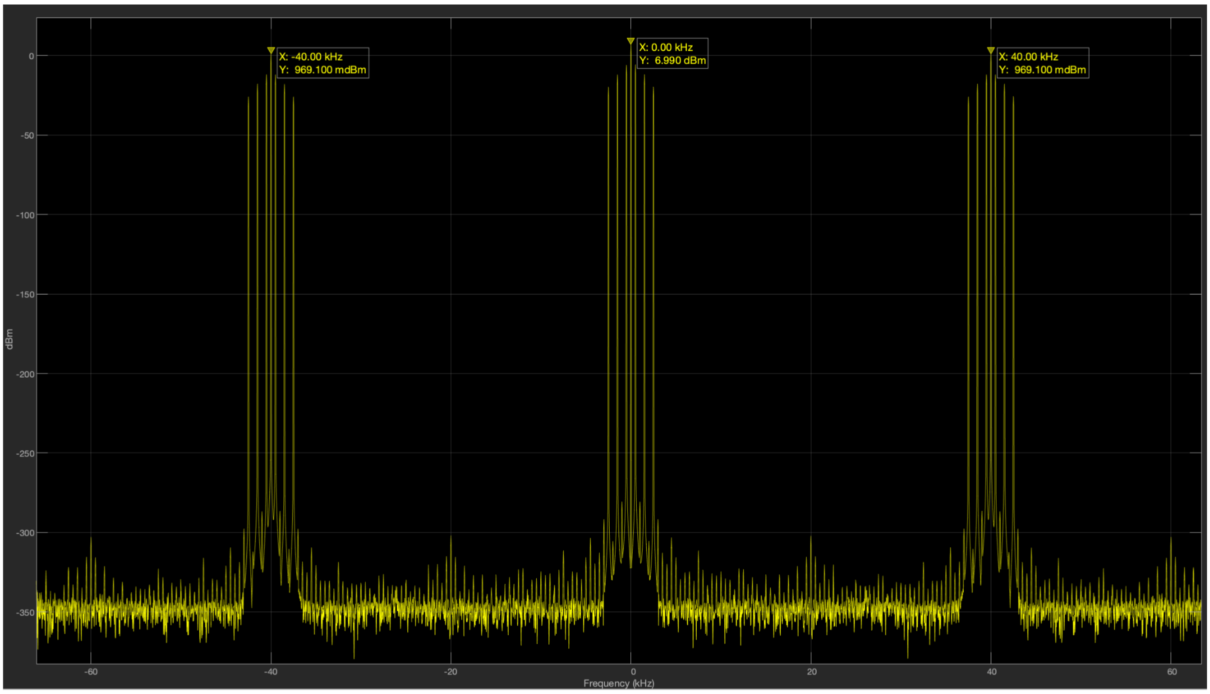

Figure 18 - Spectre du signal démodulé pour m=0.5 avant filtrage

Ce qui nous intéresse, c'est la bande de base, donc la bande centrale. Nous allons donc attribuer une fréquence de coupure de 20kHz au filtre passe bas de Butterworth.

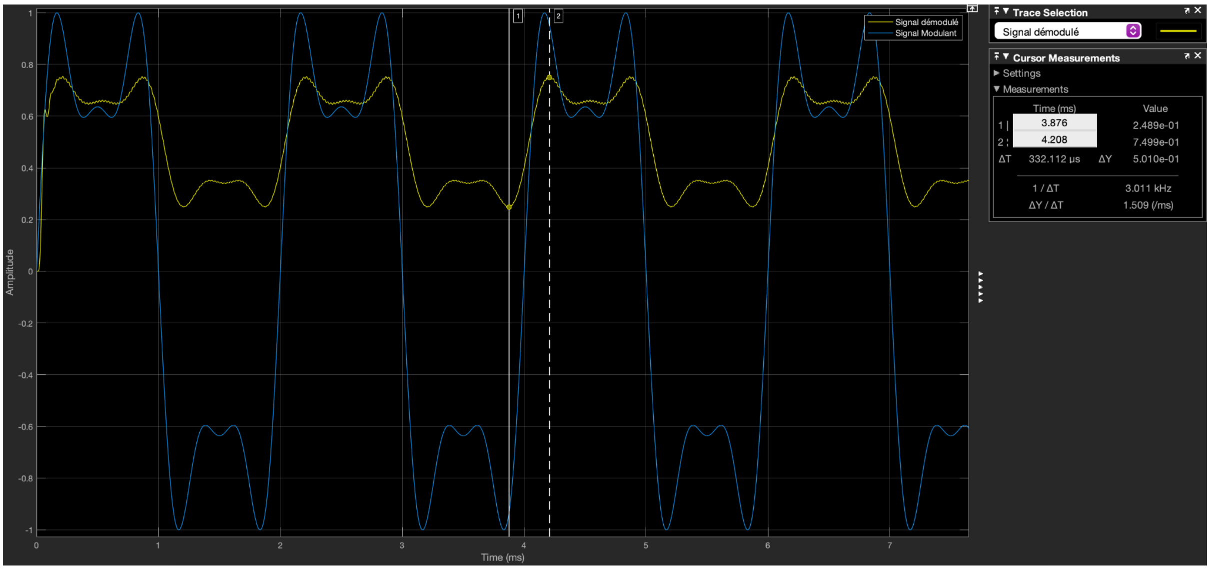

Figure 19 - Signal démodulation temporelle issu de la démodulation synchrone cohérente.

CR Modulation d'amplitude simulation

Jimmy-Antoine PAN / Alix HAVRET

2G1TD1TP2

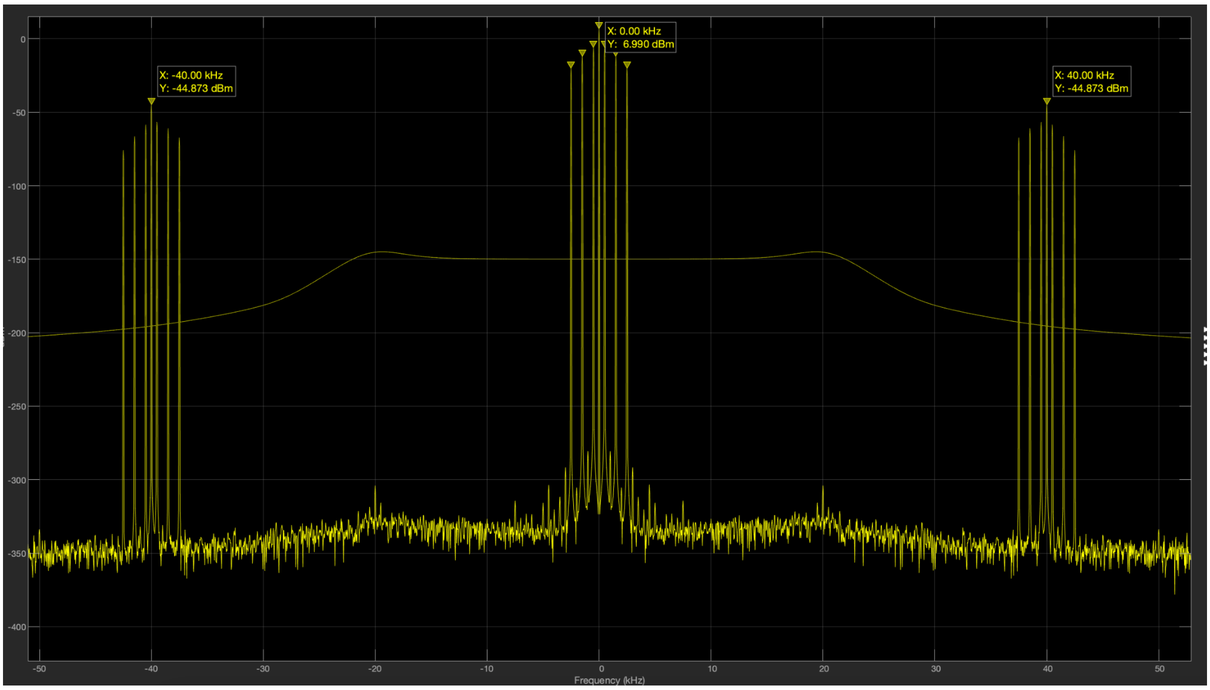

Figure 20 - Spectre du signal démodulé pour m=0.5 après filtrage

La bande centrale n'a pas été modifiée, cependant, les bandes suivantes voient leur puissance en dB diminuer : on passe de -0.969dB à -44,9dB. Cette diminution de 44 dB correspond à une puissance divisée par 25e3 : on peut donc en conclure que les harmoniques sont bien filtrées et que seule la bande centrale est conservée. Le filtrage a bien fonctionné.