

03/10/2017

Compte Rendu

TP 2 : Modulation QPSK

« J'atteste que ce travail est original, qu'il indique de façon appropriée tous les emprunts, et qu'il fait référence de façon appropriée à chaque source utilisée »



Léo Guilpain & Legris Thomas

Table des matières

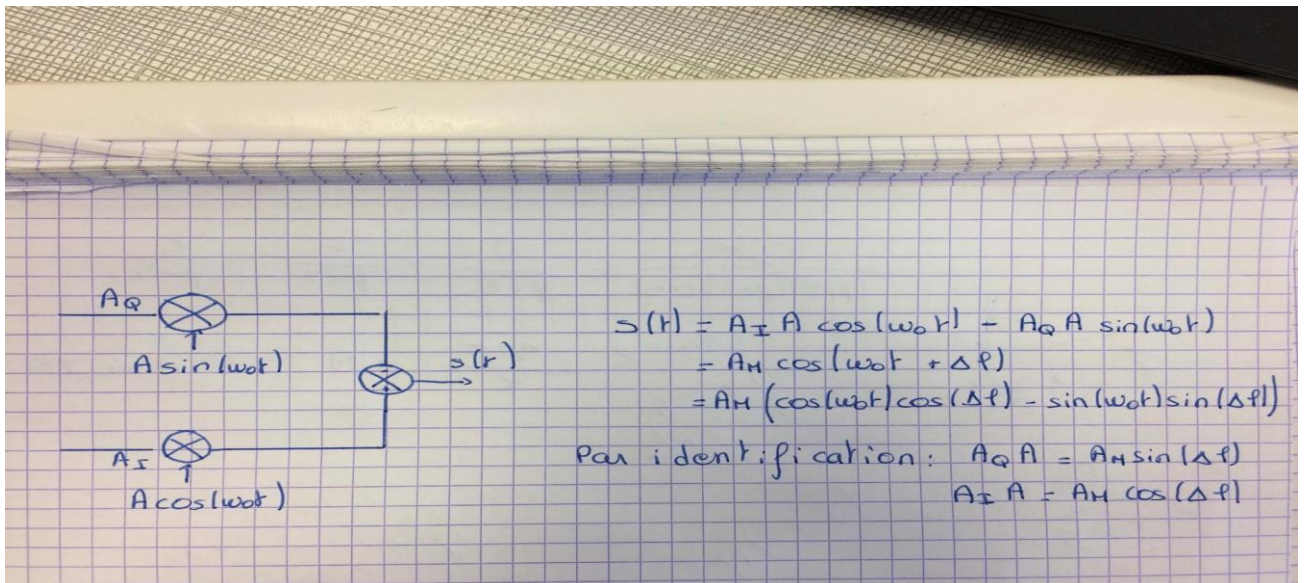
Introduction.....	2
I. Etude d'un modulateur QPSK.....	2
1.1. Préparation.....	2
1.2. Etude expérimentale	2
1.2.1. Génération des oscillateurs locaux en quadrature	2
1.2.2. Génération des symboles I/Q : $A_i(t)$ et $A_Q(t)$	3
1.2.3. Etude des signaux modulés QPSK	4
II. Etude du démodulateur QPSK.....	5
2.1. Préparation.....	5
2.2. Etude expérimentale du démodulateur.....	6
2.2.1. Réglage de la carte de démodulation.....	6
2.2.2. Mise en évidence de défauts de constellation.....	10
Conclusion	12

Introduction

L'objectif de ce TP est d'étudier la modulation QPSK d'un signal ainsi que sa démodulation. On va envoyer deux signaux dans le modulateur pour les analyser de l'entrée jusqu'à la sortie de la chaîne modulation/démodulation.

I. Etude d'un modulateur QPSK

1.1. Préparation



1.2. Etude expérimentale

1.2.1. Génération des oscillateurs locaux en quadrature

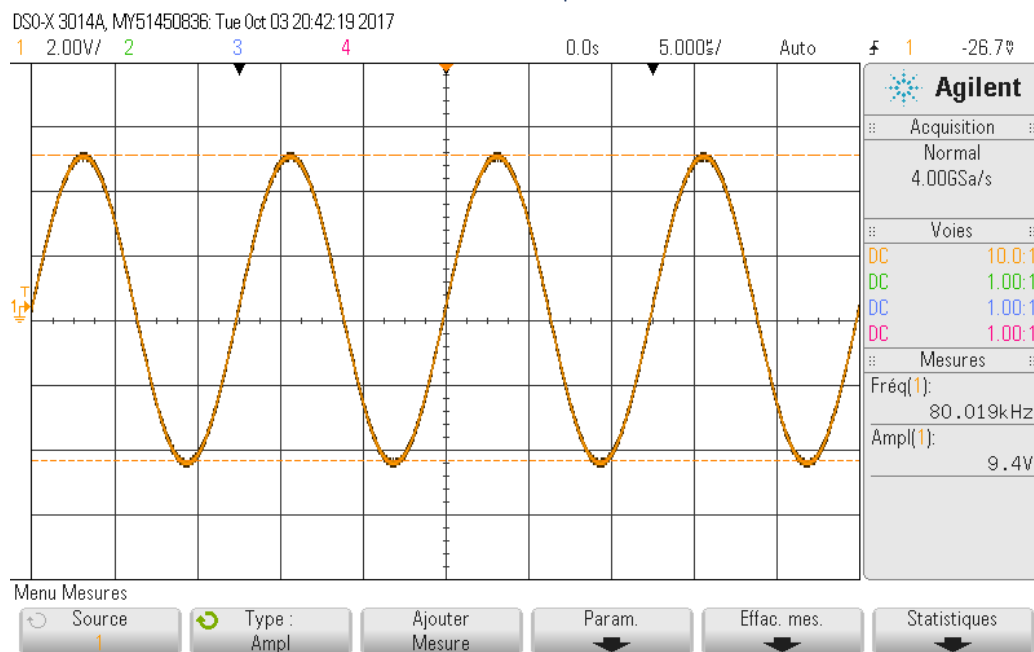


Figure 1 : Signal OL_i

Comme on peut le voir sur cette image, le signal OL_i est bien réglé sur la fréquence $f_0 = 80 \text{ kHz}$. L'amplitude ici est de 9.4 V , donc l'amplitude du signal est d'environ 5 V ($9.4/2$).

Après utilisation d'un tournevis afin de régler la phase et l'amplitude, on arrive à ce résultat :

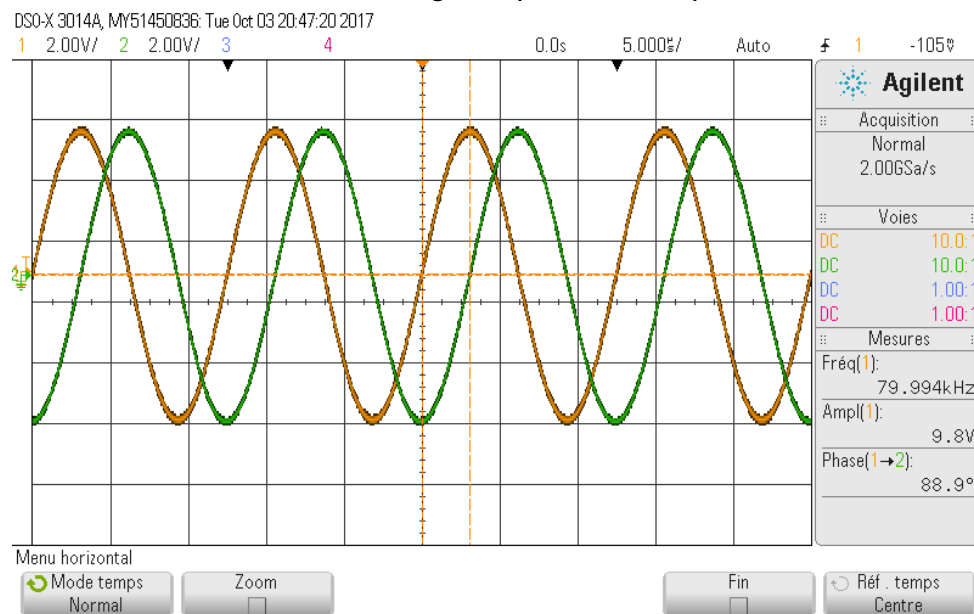


Figure 2 : Signaux OL_Q et OL_I en quadrature de phase

1.2.2. Génération des symboles I/Q : $A_i(t)$ et $A_q(t)$

Après avoir réalisé le montage en branchant la carte fournie. On doit vérifier que la fréquence réalisant les signaux est de 500 Hz . En branchant une sonde sur la carte, on voit que la fréquence de l'horloge est de 512 Hz .

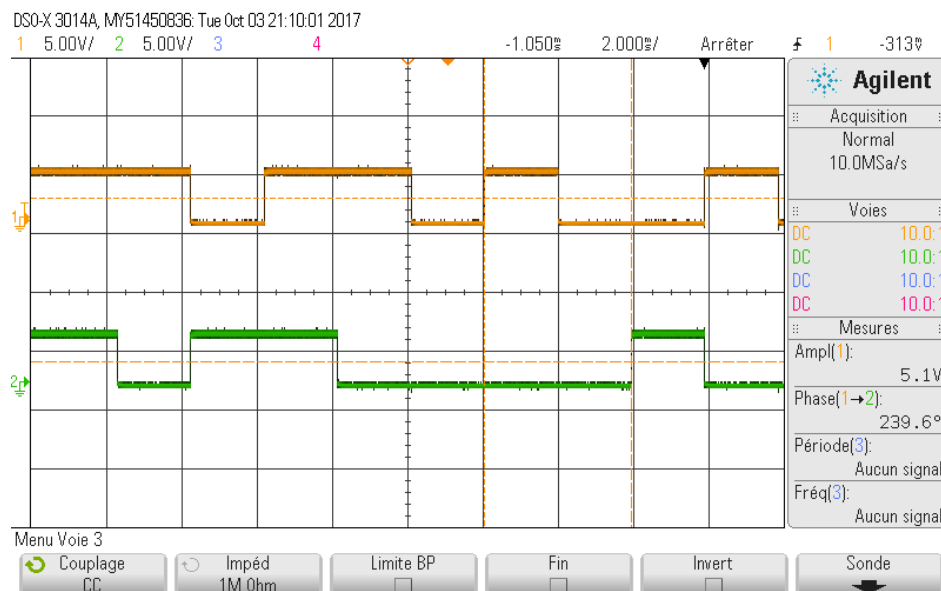


Figure 3 : Débit binaire

Comme on peut le voir sur le schéma, il y a 1 bit toutes les $1/512 \text{ Hz}$ donc 1 bit toutes les 1.95 ms . Or, il y a deux signaux, pour I et pour Q. On a donc 2 bits toutes les 1.95 ms ceux qui nous donne un débit binaire de $1024 \text{ bits par seconde}$.

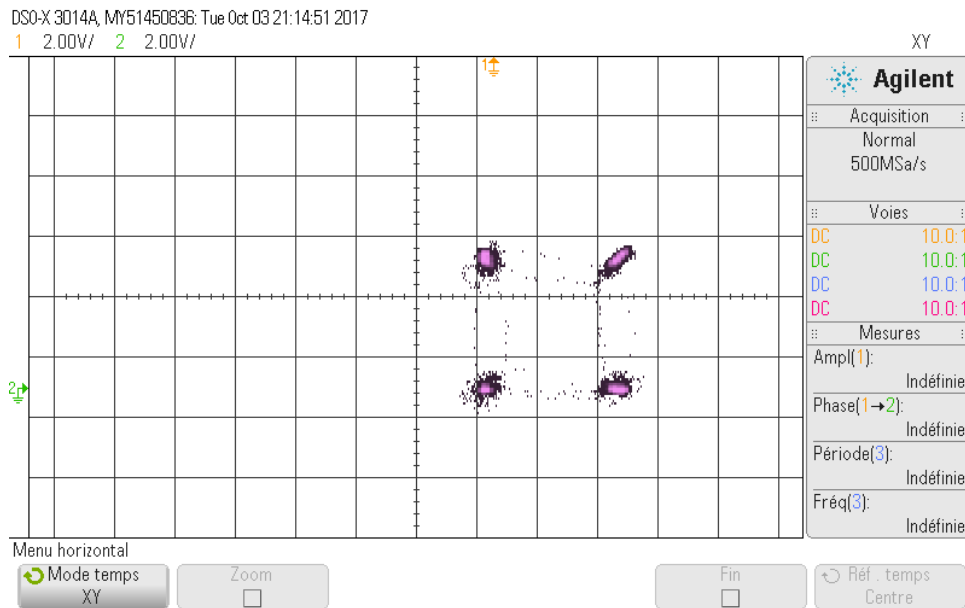


Figure 4 : Constellation en mode XY

D'après le mode XY, on peut bien observer que l'on n'a ni une PSK, ni une QPSK. Pour avoir une QPSK, il faudrait la recentrer sur l'origine et donc enlever 2V à I et 2V à Q.

1.2.3. Etude des signaux modulés QPSK

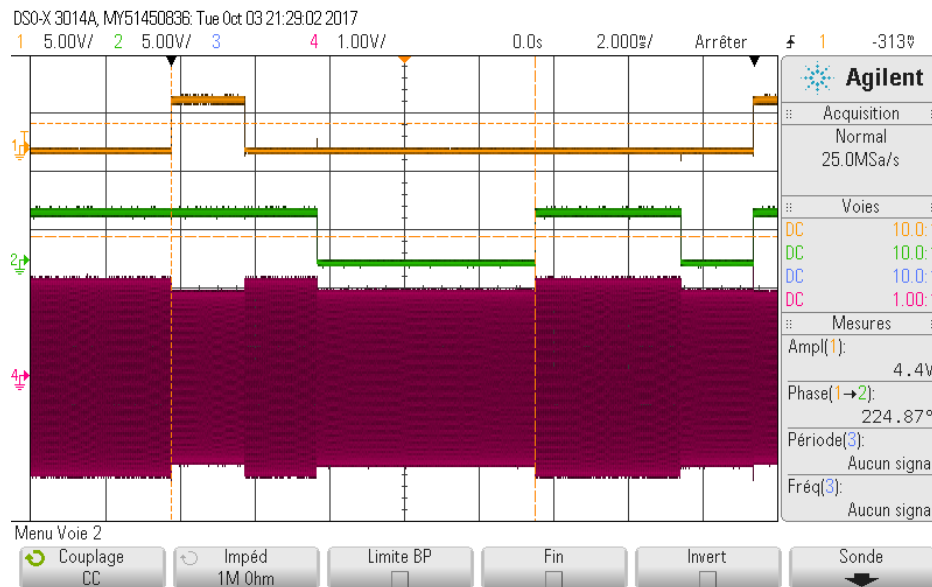


Figure 5 : Affichage de la sortie (Amplitude)

On peut voir que l'on n'a pas une réelle QPSK puisque normalement, sur une QPSK, il ne devrait pas y avoir de changement d'amplitude. Or sur la figure 5, on peut voir que lorsque que l'on change d'état, l'amplitude change.

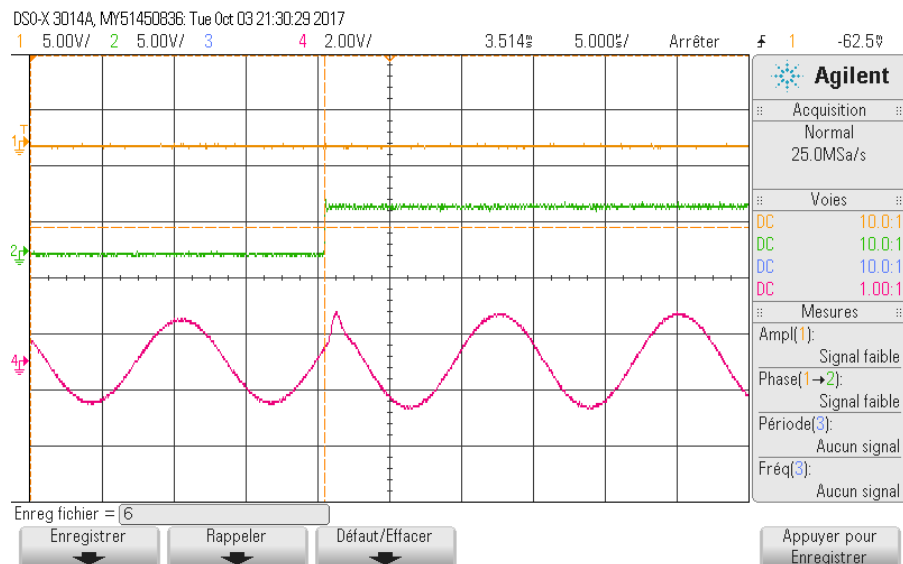


Figure 6 : Affichage de la sortie (Phase)

En revanche, comme on peut le voir sur la figure 6, il y a quand même un saut de phase entre chaque état, ce qui correspond à un PSK.

II. Etude du démodulateur QPSK

2.1. Préparation

$$\begin{aligned}
 s_I'(t) &= (A_I A \cos(\omega_0 t) - A_Q A \sin(\omega_0 t)) A \cos(\omega_0 t) \\
 s_I'(t) &= A^2 A_I \cos^2(\omega_0 t) - A_Q A^2 \sin(\omega_0 t) \cos(\omega_0 t) \\
 s_I'(t) &= \frac{A^2 A_I}{2} (\cos(2\omega_0 t) + 1) - \frac{A_Q A^2}{2} \sin(2\omega_0 t) \\
 y_I(t) &= \frac{A^2 A_I}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_Q'(t) &= (A_I A \cos(\omega_0 t) - A_Q A \sin(\omega_0 t)) A \sin(\omega_0 t) \\
 s_Q'(t) &= A^2 A_I \cos(\omega_0 t) \sin(\omega_0 t) - A^2 A_Q \sin^2(\omega_0 t) \\
 s_Q'(t) &= \frac{A^2 A_I}{2} (\sin(2\omega_0 t)) + \frac{A^2 A_Q}{2} (\sin(2\omega_0 t) + 1) \\
 y_Q(t) &= \frac{A^2 A_Q}{2}
 \end{aligned}$$

2.2. Etude expérimentale du démodulateur

2.2.1. Réglage de la carte de démodulation

Pour que les signaux soient synchrones, il faut faire des réglages. Pour commencer, on règle OL_I . Pour le régler, cela se passe sur le GBF, ils ont la même amplitude mais pas la même phase. Il faut donc la modifier sur le GBF. Ils étaient décalés de 35° .

Ensuite OL_Q se règle directement sur le démodulateur. On a donc modifié la phase et l'amplitude.

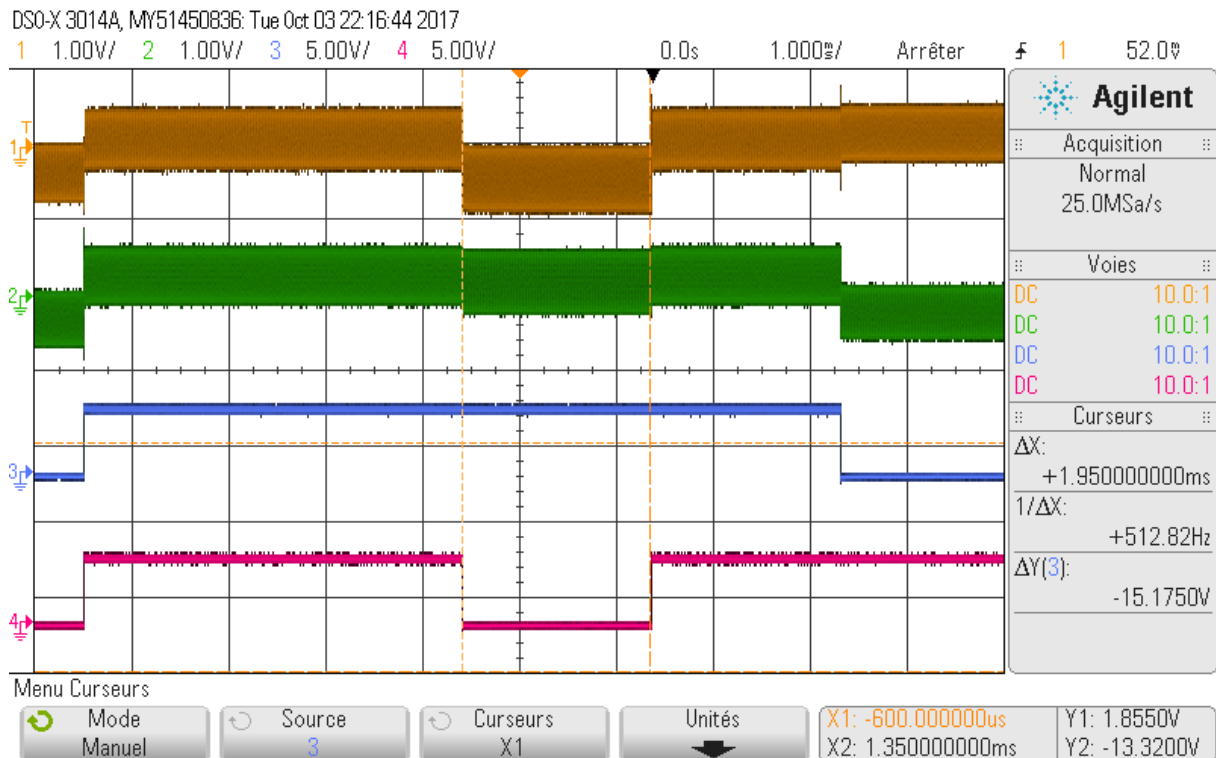


Figure 7 : Observation des signaux IQ

On observe qu'il y a une similitude entre les signaux émis et ceux reçus. Il faut juste qu'on réalise un filtre passe bas afin de récupérer les valeurs moyennes des signaux.

On veut garder les fréquences inférieures à 500 Hz. Il faut donc que notre fréquence de coupure soit supérieure à 500Hz.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$500 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$1000\pi = \frac{1}{RC}$$

$$\frac{1}{1000\pi} = RC$$

$$RC = 3,18 \cdot 10^{-4}$$

Il faut donc que RC soit supérieur au résultat trouvé.

Après des tests, on a trouvé comme valeur :

$$C = 680 \text{ nF}$$

$$R = 100 \text{ Ohm}$$

$$RC = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ secondes}$$

Pour I, on a :

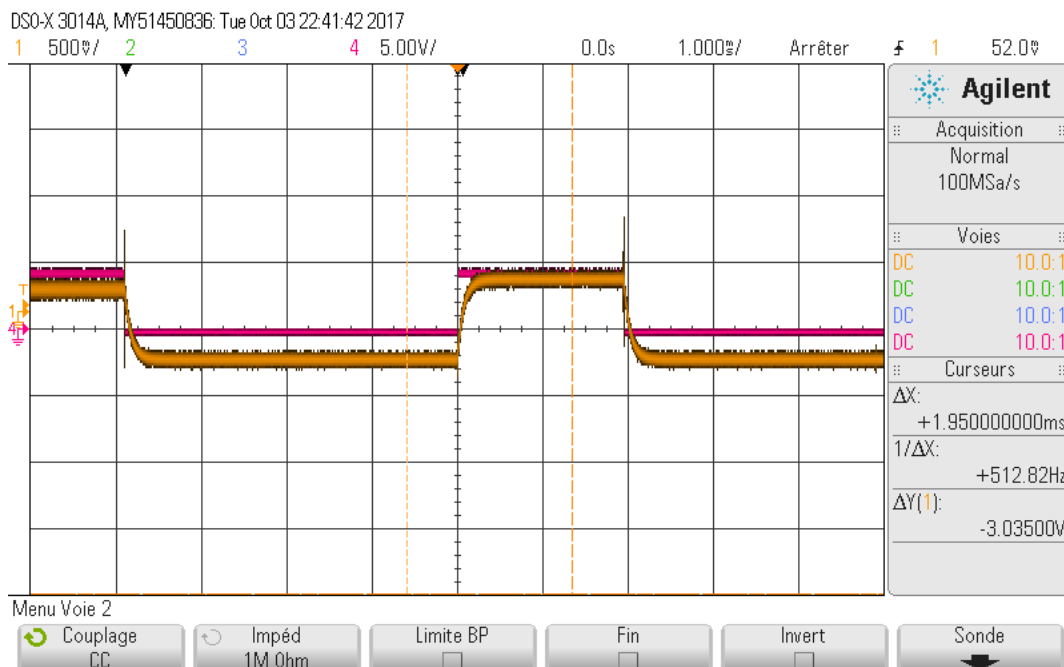


Figure 8 : Filtre passe bas pour I

On voit bien que le filtre a été efficace et on arrive à récupérer un signal à peu près similaire.

Pour Q, on a :

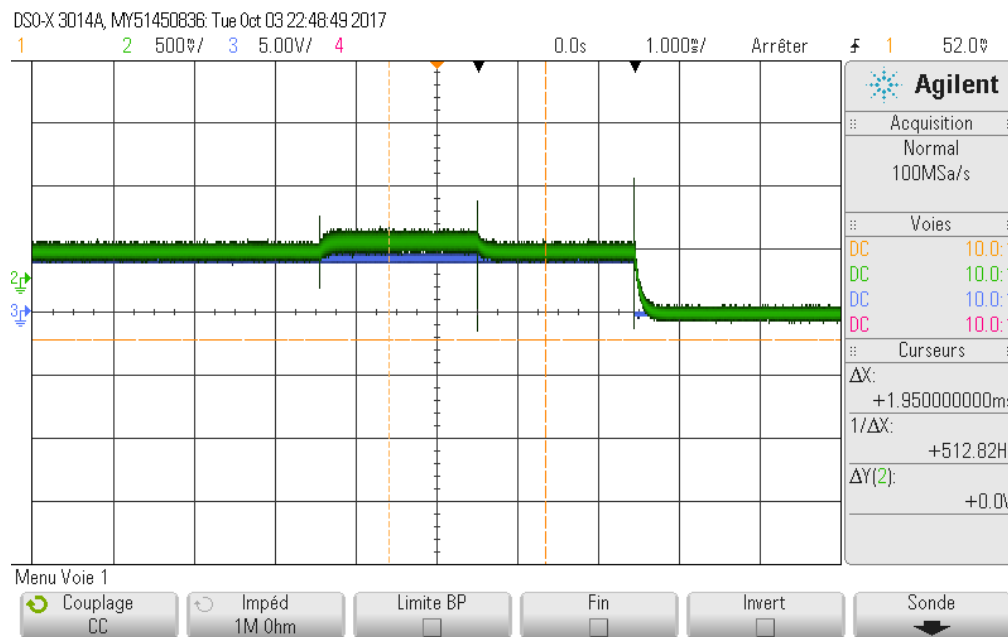


Figure 9 : Filtre passe bas pour Q

On voit bien que le filtre a été efficace et on arrive à récupérer un signal à peu près similaire.

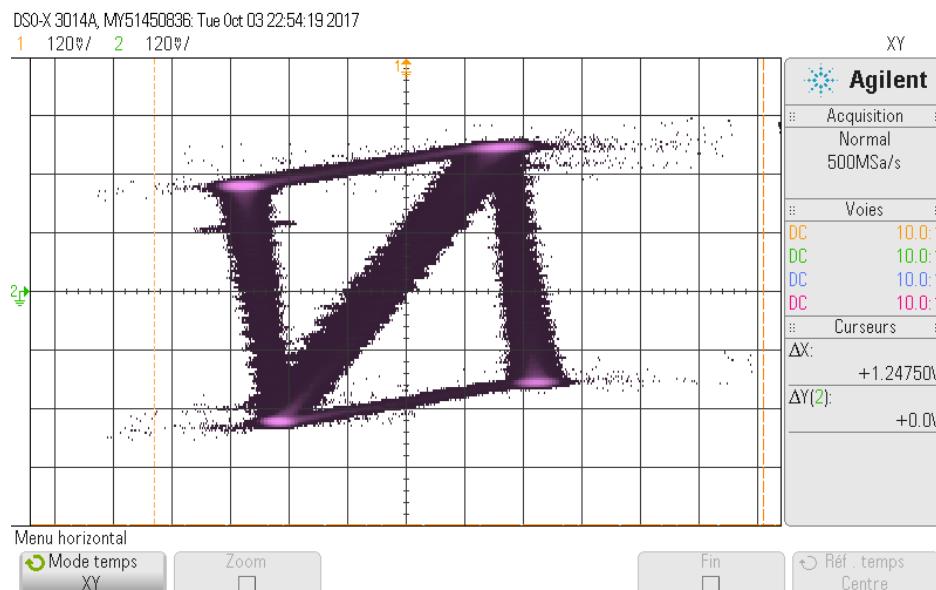


Figure 10 : Constellation

Comme on peut le voir, il faudrait décaler la constellation sur la droite afin de la recentrer et il faudrait également la faire pivoter pour la remettre droite.

Afin de régler correctement il faut jouer sur les offsets pour le recentrer sur l'origine. Ensuite lorsqu'on modifie l'amplitude, cela influe sur la forme et enfin, la phase permet de modifier l'inclinaison de la constellation.

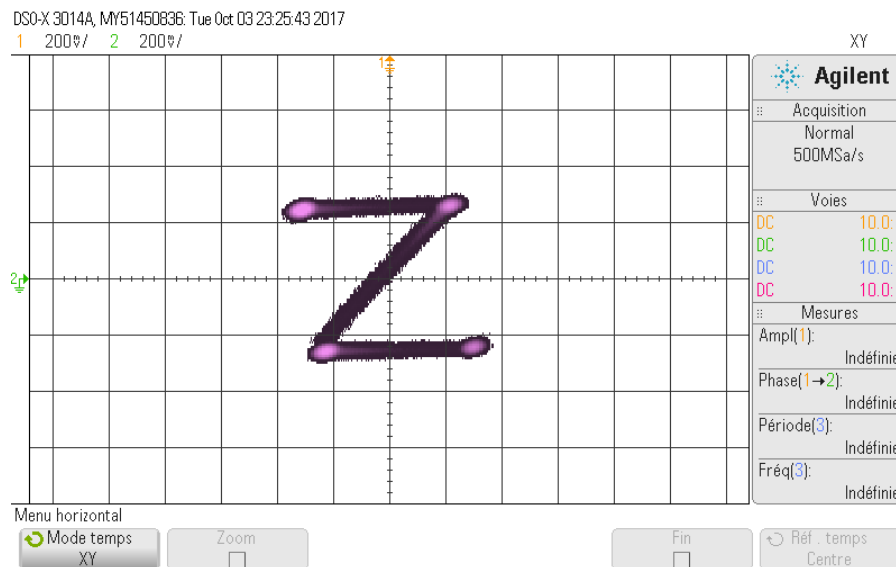


Figure 11 : Constellation finale

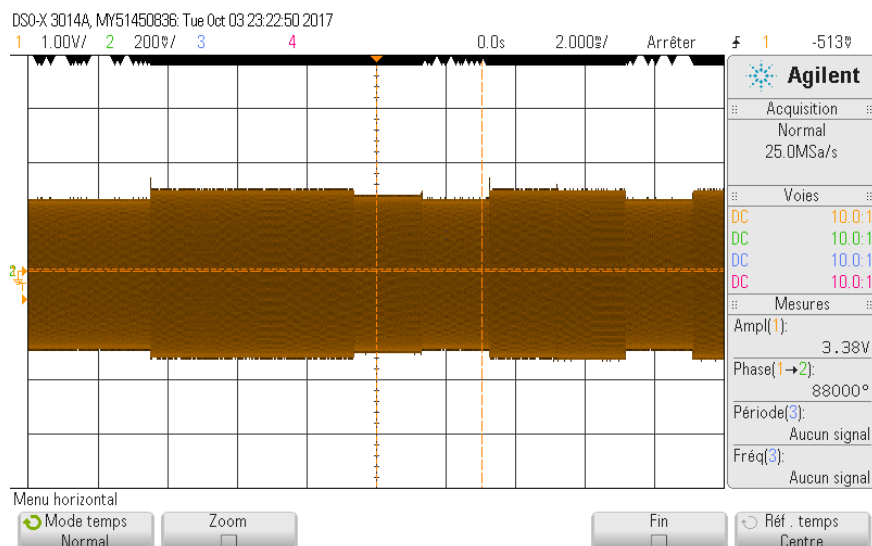


Figure 12 : Signal modulé

En ne réglant que l'offset, on peut voir que le signal modulé a toujours quelques défauts puisque tous les points ne possèdent pas la même amplitude. Il faut donc agir sur différentes choses pour pouvoir le régler.

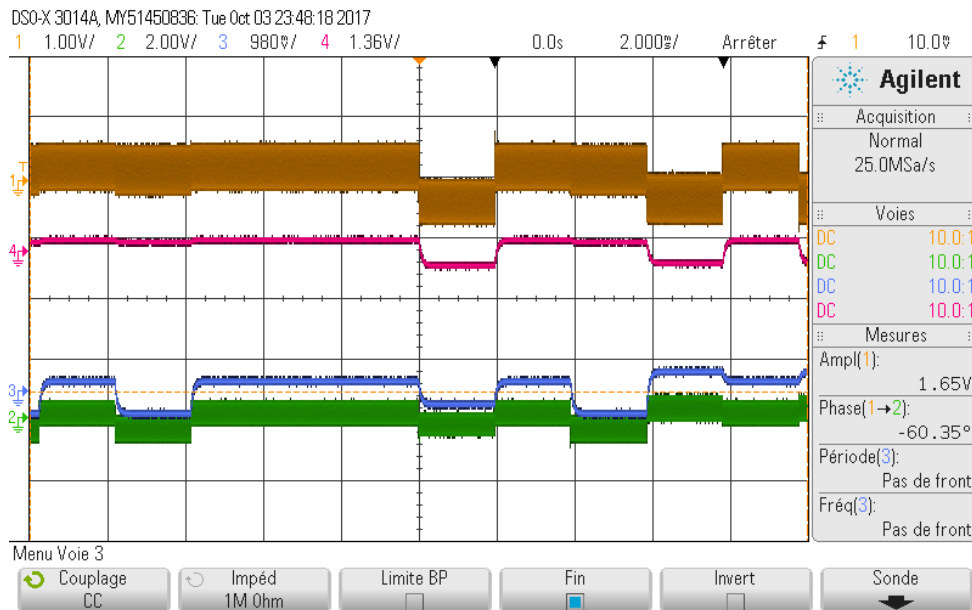


Figure 13 : Signaux aux différents points

En orange et en vert on a les signaux avant le passage dans le filtre. On peut voir qu'il y a quelques imperfections.

2.2.2. Mise en évidence de défauts de constellation

Comme vu précédemment, en agissant sur la phase, on arrive à faire pivoter la constellation.

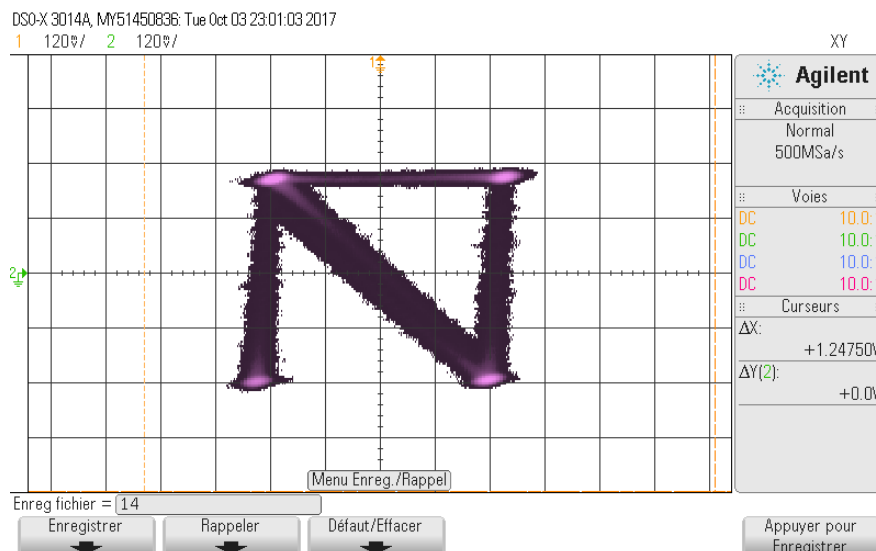
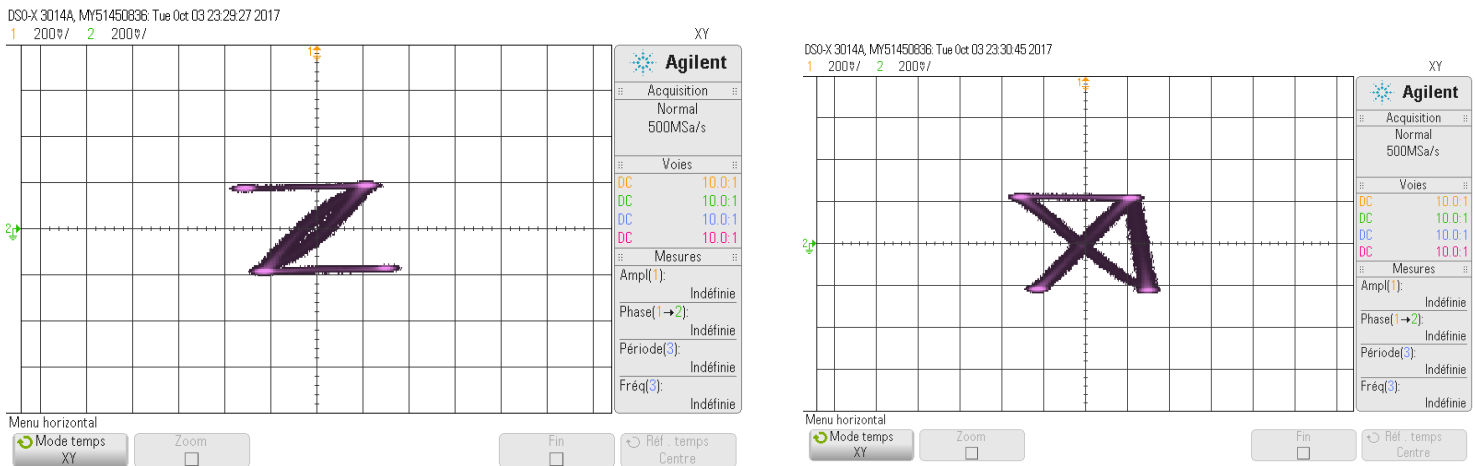


Figure 14 : Constellation après modification de la phase

Pour le Skew error, il faut modifier la phase de la démodulation. Cela influe sur la forme de la constellation.



Lorsque l'on agit sur Frequency Offset, la constellation tourne. Lorsque l'on ajoute une petite fréquence, cela revient à ajouter une phase tout le temps.

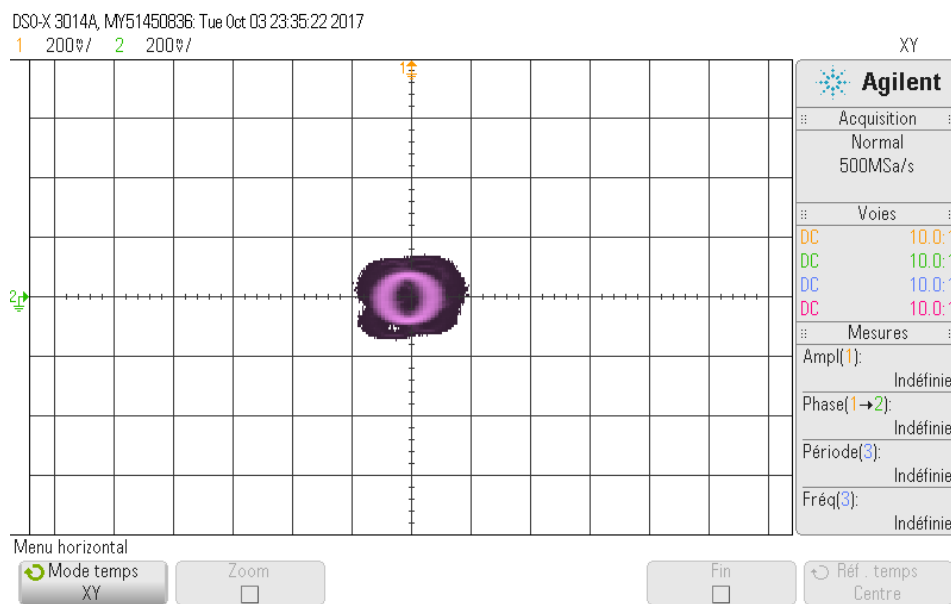


Figure 15 : Constellation après frequency offset

Pour IQ Gain Imbalance, on peut voir que cela permet de modifier Q. On a ainsi une plus grande amplitude de Q sans modifier I.

Conclusion

Ce TP nous a permis de comprendre chaque étape de cette chaîne modulation/démodulation. Tout d'abord, la génération des signaux d'entrées, leurs passages à travers les multiplieurs et le sommateur pour former un seul signal modulé. Ensuite, on a étudié le passage du signal de sortie dans le démodulateur, pour cela nous avons réalisé 2 filtres passe-bas avec une résistance et une capacité. Finalement, nous avons étudié le signal de sortie ainsi que les différentes erreurs possibles, tout en jouant sur les différents réglages afin d'avoir un signal de sortie parfait.