

TP1 - SAE301

Résumé :

Dans ce TP nous allons utiliser le logiciel WinIQSIM pour étudier différents types de modulations tels que la nQAM, la QPSK etc... et nous allons également étudier la partie théorique de ces modulations.

Introduction :	3
Étudier la BPSK, la QPSK et la 64-QAM.	4
Sans filtre d'émission et de réception :	6
Intérêt des filtres d'émission et de réception :	8
2nd partie : Étude de l'impact de trajets multiples	10
Approche théorique :	10
En pratique :	11
BPSK	12
Réalisez la même étude pour la QPSK et la 64QAM.	13
QPSK:	13
64QAM:	14
Conclusion	15

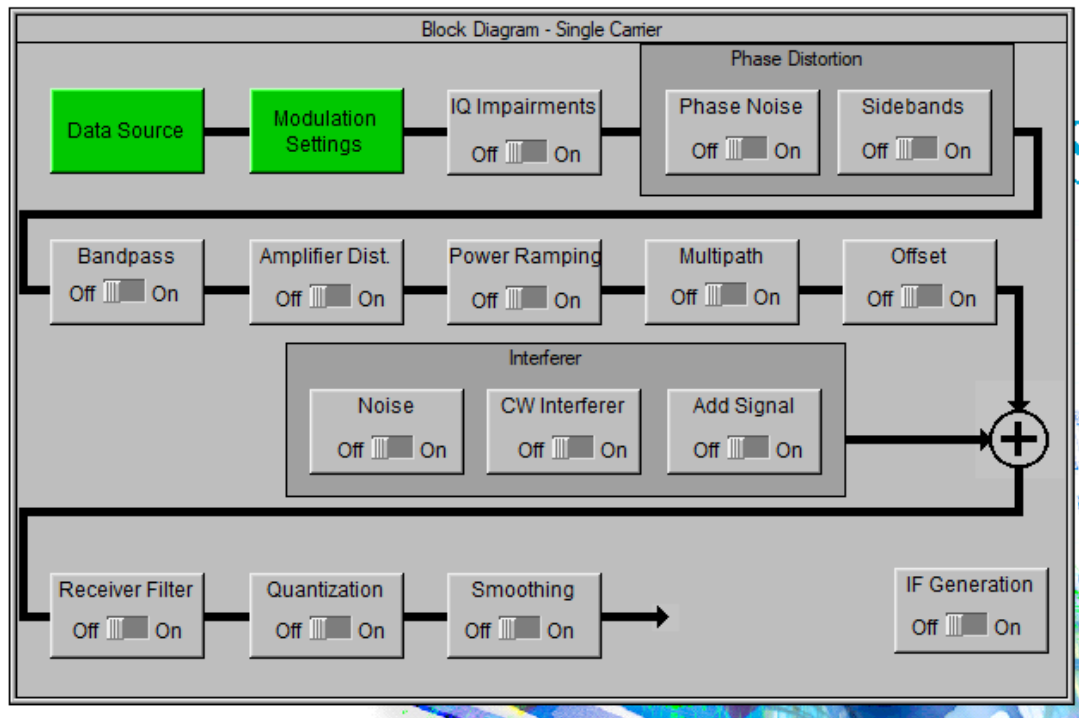
Introduction :

Dans ce TP, nous allons étudier 3 modulations : BPSK, QPSK, et 64-QAM.

Nous allons tout d'abord caractériser ces modulations et étudier l'impact des filtres d'émission et de réception sur ces modulations.

Puis, il s'agira d'étudier l'impact des multiples trajets théoriquement puis en pratique à l'aide du logiciel WinIQSIM

1ère partie :



Étudier la BPSK, la QPSK et la 64-QAM.

Les modulations BPSK, QPSK et 64-QAM sont 3 modulations qui codent l'information binaire en amplitude, pour la QPSK et BPSK codent également l'information en phase. Il est possible de coder 2, 4 ou 64 symboles en fonction de la modulation choisie

$$\text{BPSK} : S(t) = \sum_{k=1}^2 A_k \cdot \sin(2\pi f_p + \phi_k) \cdot g_k(t)$$

$$\text{QPSK} : S(t) = \sum_{k=1}^4 A_k \cdot \sin(2\pi f_p + \phi_k) \cdot g_k(t)$$

$$\text{64-QAM} : S(t) = \sum_{k=1}^{64} A_k \cdot \sin(2\pi f_p + \phi_k) \cdot g_k(t)$$

Toutes les modulations ont un spectre similaire, ce sont des modulations pseudo-aléatoire donc ce elles forment des sinus cardinaux et non des raies.

Voici les paramètres des modulations :

BPSK :

- $n=1$ bit
- $M=2$ symboles
- $D_b=n.R=R$ bits.s⁻¹
- $T_s=n.T_b=T_b$ s

QPSK :

- $n=2$ bits
- $M=4$ symboles
- $D_b=2.R$ bits.s⁻¹
- $R= 2.T_b$ s

64-QAM :

- $n=6$ bits
- $M=64$ symboles
- $D_b=6R$ bits.s⁻¹
- $T_s=6.T_b$ s

Sans filtre d'émission et de réception :

Comparez les 3 modulations quant à leur résistance au bruit en observant les graphiques obtenus pour différentes valeurs de E_b/N_0 . Déterminez une valeur qui vous paraît acceptable pour chacune de ces modulations.

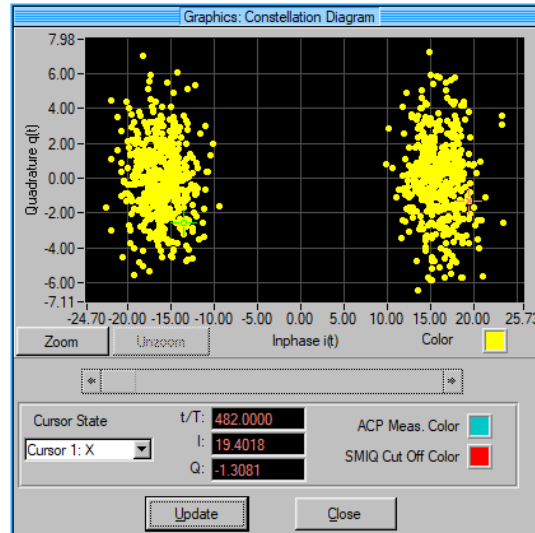


Fig 1- Diagramme de constellation de la modulation BPSK avec un RSB de 5, ici RSB min acceptable

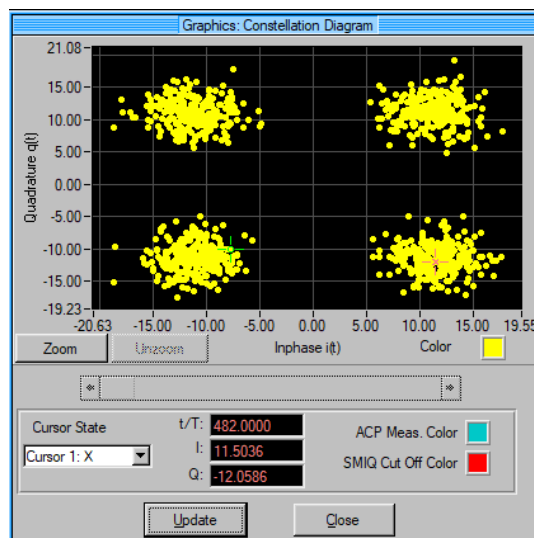


Fig 2- Diagramme de constellation de la modulation QPSK avec un RSB de 5, ici RSB min acceptable

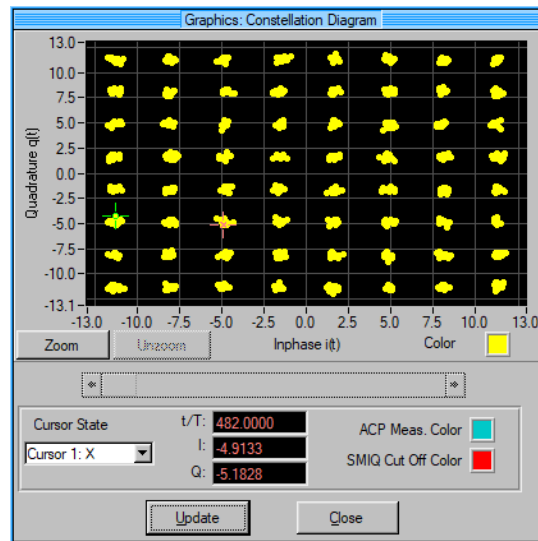


Fig 3- Diagramme de constellation de la modulation 64-QAM avec un RSB de 18, ici RSB min acceptable

Nous avons pu déterminer la valeur minimale du RSB en modifiant la valeur du RSB, nous avons choisi ces valeurs, car cela ne dépassait pas les frontières de décision

Voici les RSB/bits min pour la modulation :

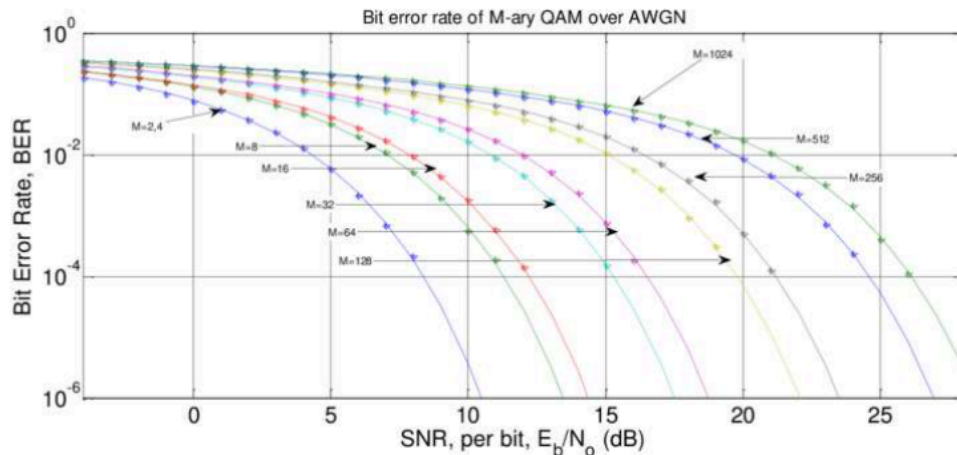
BPSK: 8 dB

QPSK: 5 dB

64-QAM: 18 dB

Nous apercevons une grande différence pour la modulation 64-QAM, cela est dû à son nombre de symboles très élevé, il a donc plus de chance de dépasser les frontières de décision.

Sachant que vous simulez 1000 symboles contenant 1, 2 à 6 bits par symboles, vous pouvez vous aider du graphique ci-dessous pour commenter vos résultats.



BER théorique en fonction du RSB par bit, pour un BBGC (AWGN = Additive White Gaussian Noise)

Ce graphique conforte les résultats, car on observe que pour le même BER, les modulations avec plus de symboles ont un RSB/bit beaucoup plus élevé que les autres modulations. Vous pouvez également voir que la courbe représentant la modulation à 2 symboles est confondue avec la courbe représentant la modulation à 4 symboles, et vous pouvez voir que les valeurs RSB/bit entre BPSK et QPSK sont très proches les unes des autres.

Intérêt des filtres d'émission et de réception :

Rappelez l'intérêt du filtre d'émission et l'intérêt du filtre de réception.

Les filtres en émission et en réception permettent de ne transmettre et de récupérer le signal tout en éliminant les signaux sur les fréquences indésirables. En effet, avec le signal est transmis un bruit blanc gaussien centré, il est donc nécessaire de l'éliminer au maximum pour respecter les normes liées au support de transmission.

Les filtres de transmission et de réception sont essentiels pour la transmission radio. En effet, le filtre d'émission garantit que la bande de fréquence sélectionnée est bien celle affectée à la communication. Ne pas le faire pourrait entraîner des interférences avec d'autres communications et provoquer du bruit et des interférences dans nos bandes de fréquences. Le filtre de réception supprime le bruit qui se produit malgré le filtre d'émission et permet une démodulation fiable. Pour ce faire, vous devez savoir quelle bande de fréquences est transmise et pouvoir sélectionner uniquement cette bande parmi toutes les bandes de fréquences que vous souhaitez atteindre.

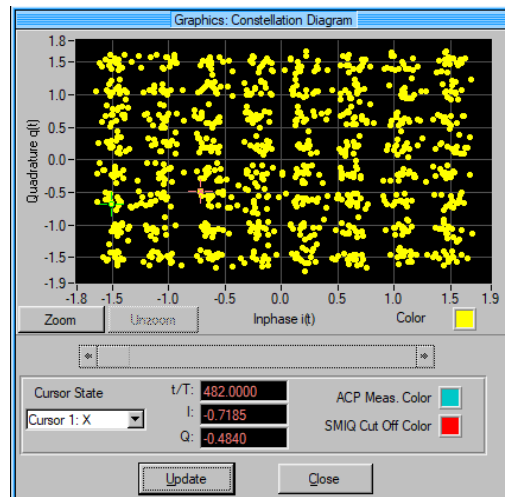


Fig 4- 64-QAM au RSB min, avec le filtre d'émission et avec bruit

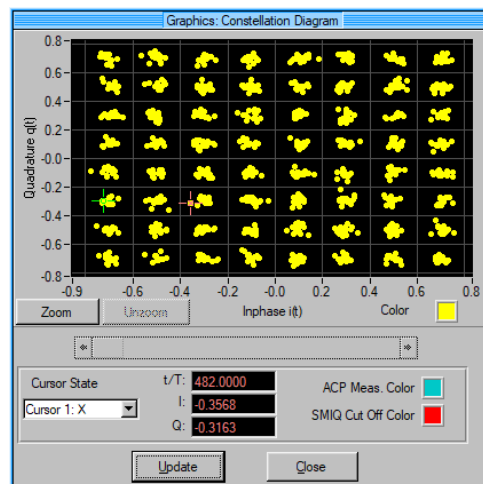


Fig 5- 64-QAM au RSB min, avec les 2 filtres et avec bruit

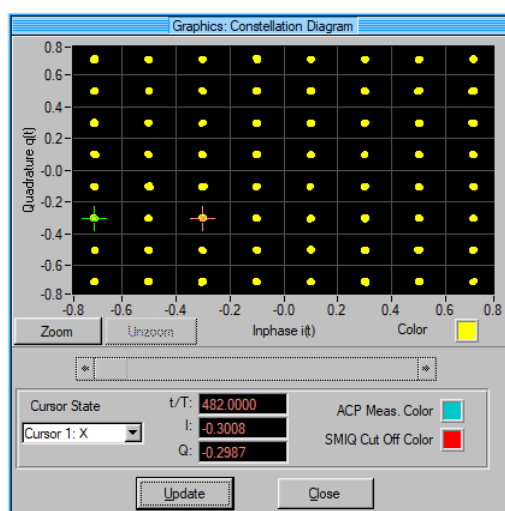


Fig 6- 64-QAM au RSB min, avec les 2 filtres et sans bruit

2nd partie : Étude de l'impact de trajets multiples

Approche théorique :

En considérant seulement 2 trajets T1 et T2 de longueur respective $d1=100$ m et $d2=130$ m. Si $f_p=1$ GHz et $R=10$ Mbauds, déterminez quel est le retard du trajet 2 par rapport au trajet 1 à l'arrivée sur le récepteur.

$$\rightarrow \Delta\tau = \Delta d/c = d2/c - d1/c = 130/(3 * 10^8) - 100/(3 * 10^8) = 100ns$$

$$\rightarrow \text{avec } c \text{ la célérité : } c=3 * 10^8 \text{ m/s}$$

→le retard du trajet 2 est de 100 ns

Déterminez le déphasage correspondant. Rappelez les 2 principaux problèmes que cela peut occasionner sur la qualité de transmission. Rappelez les techniques utilisées pour corriger ces défauts.

$$\rightarrow \text{avec } f_p=10^9 \text{ Hz}$$

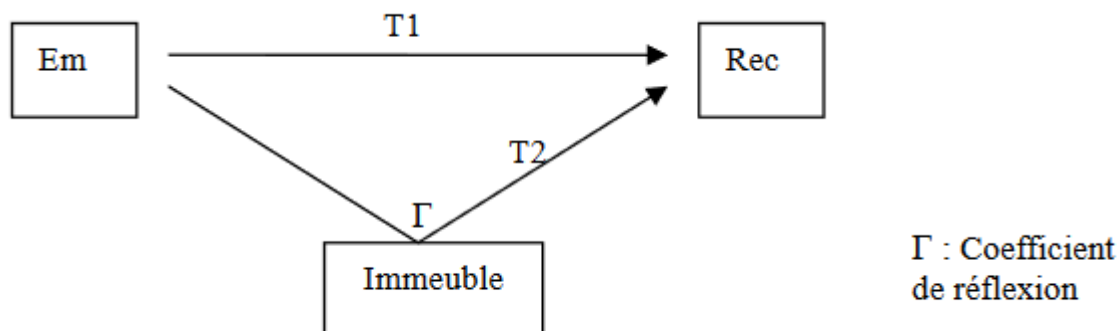
$$\rightarrow \text{le signal s'exprime de la forme : } A * \sin(2\pi * f * t + \varphi)$$

→donc sachant que le retard de propagation est de 100 ns :

$$A * \sin(2\pi * f_p * (t - 10^{-7})) = A * \sin(2\pi * f_p * t - 2\pi * 10^9 * 10^{-7})$$

$$= A * \sin(2\pi * f_p * t - 200\pi) = A * \sin(2\pi * f_p * t - 2\pi[2\pi])$$

$$\rightarrow \text{donc } \varphi = -2\pi = 0$$



Le simulateur ne permet pas d'observer les signaux sur fréquence porteuse, mais seulement leur image ramenée en bande de base sur I et Q.

Le fading ne sera donc pas visible ici.

Rappelez en quoi consiste le Fading.

→Le Fading est une diminution temporaire de l'intensité d'un signal au cours de la transmission

Les trajets multiples amènent un second défaut : des IES, qui peuvent être pris en compte par ce simulateur.

En pratique :

ETUDE PRATIQUE A FAIRE

Sans bruit : bloc NOISE éteint

Sans filtre de réception : bloc Receiver Filter éteint

Sans filtre d'émission : bloc Modulation settings : filter function = « rect »

Activez le bloc Multipath qui va permettre de simuler des trajets multiples.

Par défaut le premier trajet est un trajet de référence :

No.	Delay/Tsym	Level / dB	Phase/°
1	0.00	0.00	0.00
2	1.00	-20.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00

Sans retard, sans atténuation, et sans déphasage.

Ajouter (add) un second trajet

Retardé d'un symbole

Atténué de 20 dB (level = -20dB)

Et sans déphasage

Pour mémoire 20 dB d'atténuation correspond à

diviser la tension par 10 pour le niveau du trajet secondaire.

BPSK

Observer le diagramme de constellation de la BPSK sans activer les trajets multiples

Quelles sont les 2 valeurs possibles sur I ?

→ les deux valeurs possibles sont 16 et -16

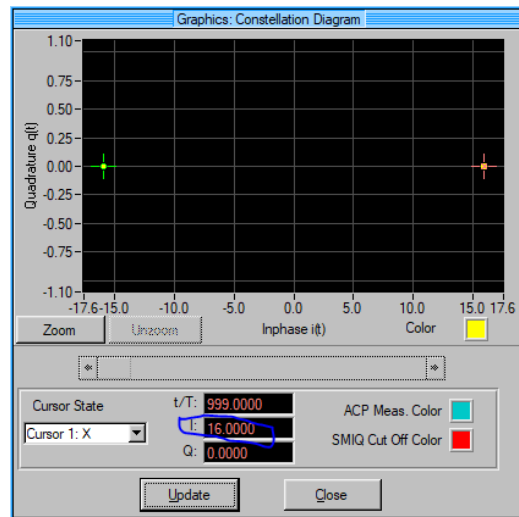


Fig 2- Diagramme de constellation de BPSK sans trajets multiples

Activez les trajets multiples et observez la différence.

→ Les points précédents ont été décalé de 1,6 et -1,6, il y a donc 4 points.

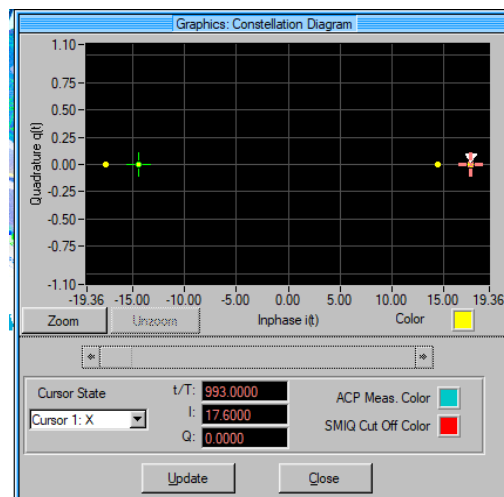


Fig 3-Diagramme de constellation de BPSK avec trajets multiples

En sachant qu'un symbole BPSK se mélange avec un autre symbole BPSK, combien de combinaisons sont possibles ?

→ Une fois le mutli-path activé, et en sachant qu'un symbole BPSK se mélange avec un autre symbole BPSK, il y a donc $2^2=4$ combinaisons possibles.

En sachant que le symbole actuel se mélange avec le symbole précédent réduit de 20dB (soit divisé par 10), justifiez de l'impact sur la constellation.

Avec les trajets multiples, on obtient 4 symboles possibles à -17.6,-14.4,14.4 et 17.6.

On obtient donc 4 combinaisons possibles.

Chaque symbole se mélange avec le précédent en étant atténué de 20 dB, ce qui se traduit sur le diagramme de constellation par le fait que chaque symbole peut être codé par 2 valeurs de phases différentes

Réalisez la même étude pour la QPSK et la 64QAM.

QPSK:

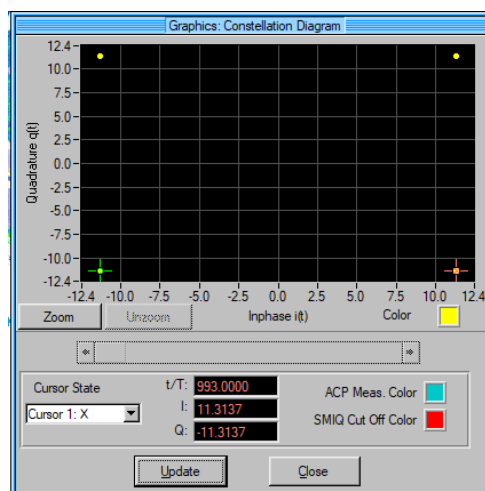


Fig 4- Diagramme de constellation de BPSK sans trajets multiples

Les symboles sont positif et la même amplitude, mais une phase opposée, les deux valeurs sur I sont +16 et -16

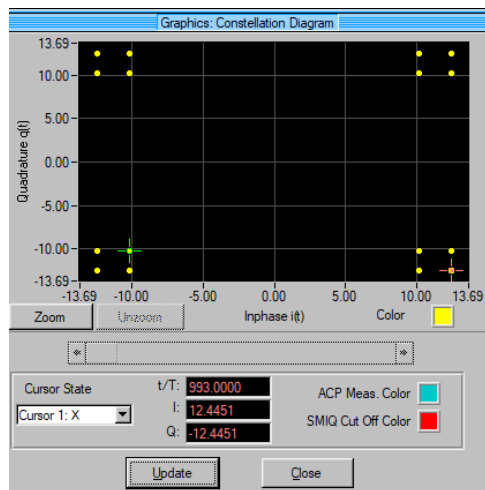


Fig 5- Diagramme de constellation de BPSK avec trajets multiples

Avec les trajets multiples, on obtient $4^2=16$ combinaisons différentes.

Cette fois-ci, la variation de chaque symbole se fait en phase et en amplitude avec 2 valeurs possibles sur chaque axe

64QAM:

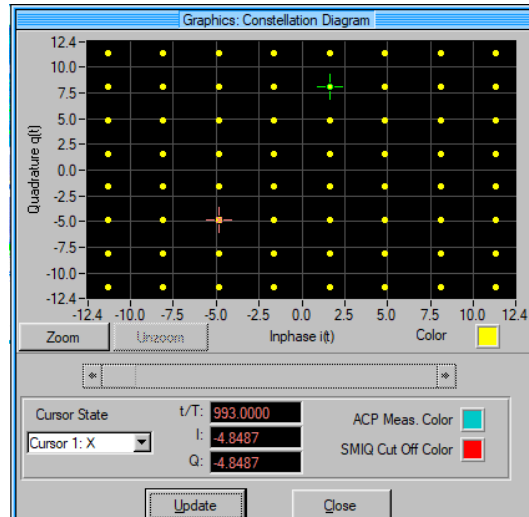


Fig 6- Diagramme de constellation de QAM-64 sans trajets multiples

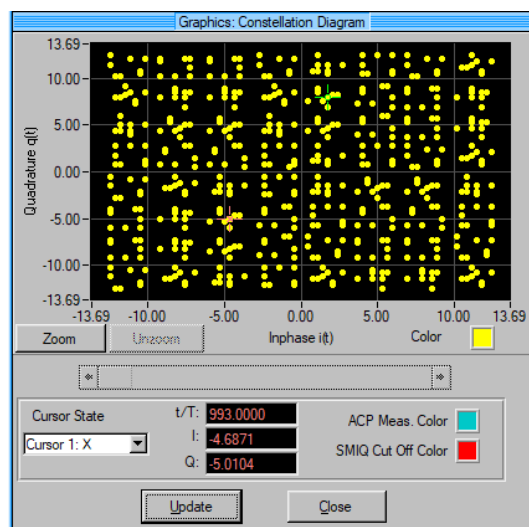


Fig 6- Diagramme de constellation de QAM-64 avec trajets multiples

Si deux symboles 64QAM consécutifs se mélangent, quel est le nombre de combinaisons possibles ?

Si un QAM code n bits, deux symboles consécutifs codent donc $2 \times n$ bits.

En changeant les paramètres de simulations comme indiqué ci-dessous, justifiez que la 64-QAM reste encore sans erreur, malgré ce défaut.

Data Source = PRBS 15 et Modulation settings -> sequence length = 100 000 symboles

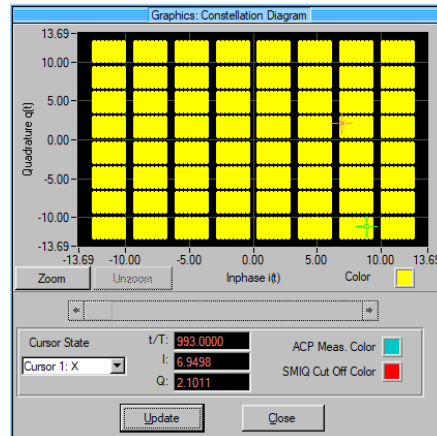


Fig 6- Diagramme de constellation de QAM-64 avec trajets multiples et avec PRBS15 et 100 000 symboles de longueur de séquence

On observe maintenant tous les symboles possibles avec trajets multiples ainsi que les frontières de décision.

Conclusion

Durant ce TP nous avons utilisé le logiciel WinIQSIM pour étudier différents types de modulations et nous allons également étudier la partie théorique de ces modulations, nous avons pu voir si nos connaissance théorique était bel et bien à jour et sinon nous avons revus nos lacunes, et nous avons appris à utiliser le logiciel WinIQSIM.