

Khannous Hedi & Hammemi Nacim

Sujet : Modulation\Demodulation d'un signal QAM

Compte rendu

MODULATION\DEMODULATION QAM:

INTRODUCTION:

Pour s'assurer de bien assimiler le cours de “ théorie des signaux et systèmes ”, nous sommes appelés à réaliser un projet assigné par notre professeur . Nous allons dans la suite nous intéresser à la modulation du signal et sa démodulation avec la méthode QAM .

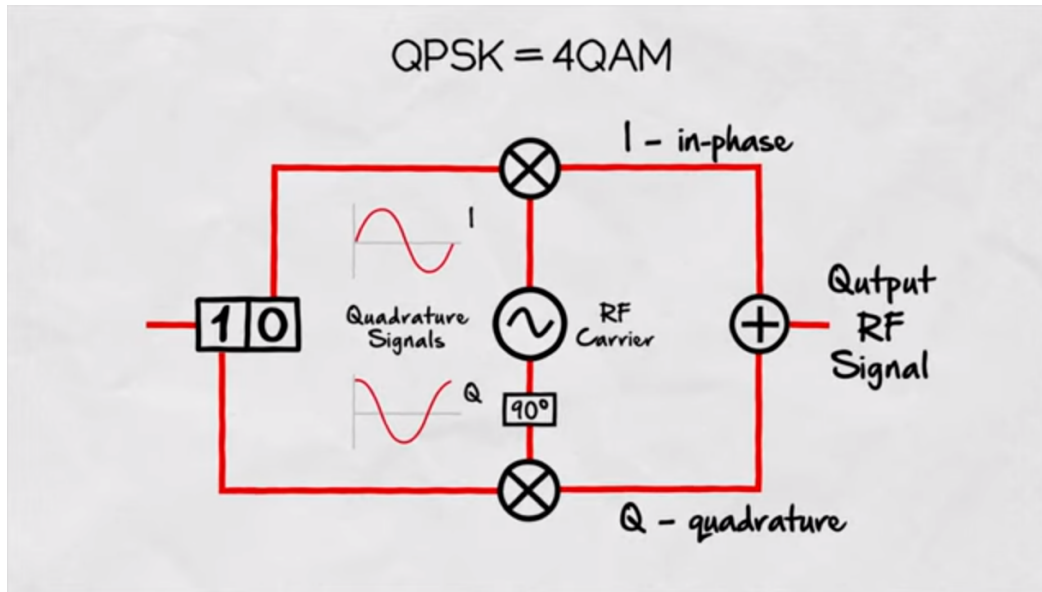
MODULATION QAM :

La modulation d'amplitude en quadrature (en anglais, quadrature amplitude modulation : QAM) est une forme de modulation d'une porteuse par modification de l'amplitude de la porteuse elle-même et d'une onde en quadrature (une onde déphasée de 90° avec la porteuse) selon l'information transportée par deux signaux d'entrée.

Cette approche permet de doubler sa bande passante effective et de doubler le débit binaire .

QAM est également utilisé avec impulsion AM (PAM) dans les systèmes numériques, comme les applications sans fil.

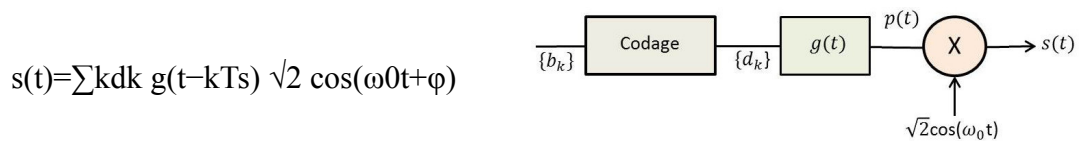
Un modulateur QAM fonctionne comme un traducteur, aidant à traduire les paquets numériques en un signal analogique pour transférer les données de manière transparente.



Modulation d'amplitude en quadrature : cas du 4QAM

SIGNAL MODULE:

Rappelons le schéma de principe de la modulation d'impulsion en amplitude (MIA) et l'expression mathématique correspondante:

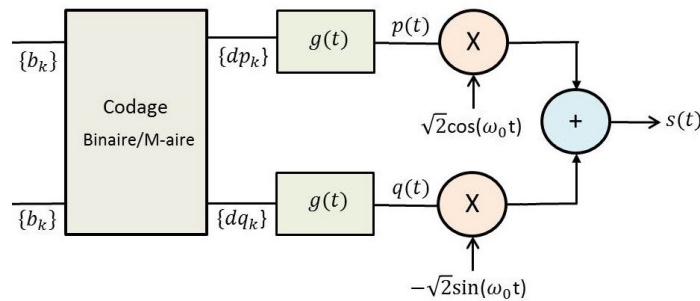


Cette modulation des deux porteuses en quadrature (QAM) a pour expression mathématique :

$$p(t) \sqrt{2} \cos(\omega_0 t + \varphi) - q(t) \sqrt{2} \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

En ayant posé :

$$p(t) = \sum_k d p_k g(t - kT_s) \sqrt{2} \quad ; \quad q(t) = \sum_k d q_k g(t - kT_s) \sqrt{2}$$



DÉMODULATION QAM :

Au niveau du récepteur, les deux signaux modulant peuvent être démodulés en utilisant un démodulateur cohérent. Un tel démodulateur multiplie séparément le signal reçu par un sinus d'une part et par un cosinus d'autre part. Les deux multiplications vont produire respectivement les estimations des voies $I(t)$ et $Q(t)$. Grâce à la propriété d'orthogonalité des deux porteuses utilisées, il est possible d'extraire les deux signaux modulant de manière indépendante.

Dans un cas idéal, la voie $I(t)$ est démodulée en multipliant le signal reçu par un signal en cosinus :

$$\begin{aligned} r_i(t) &= s(t) \cos(2\pi f_0 t) \\ &= I(t) \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) + Q(t) \sin(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) \end{aligned}$$

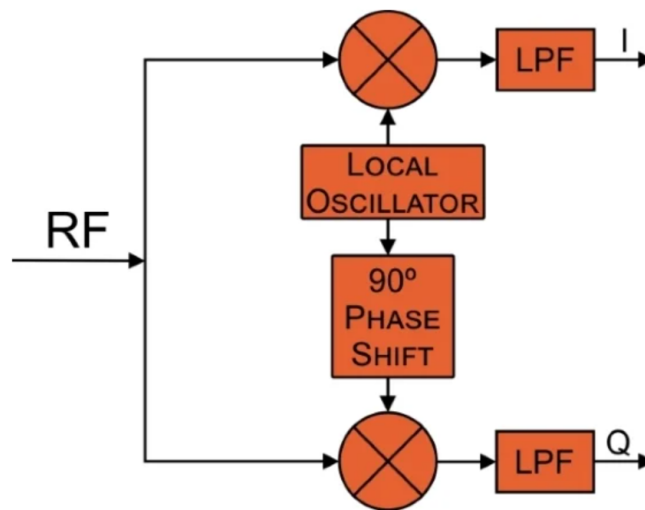
En utilisant les identités trigonométriques, il vient que :

$$\begin{aligned} r_i(t) &= \frac{1}{2} I(t) [1 + \cos(4\pi f_0 t)] + \frac{1}{2} Q(t) \sin(4\pi f_0 t) \\ &= \frac{1}{2} I(t) + \frac{1}{2} [I(t) \cos(4\pi f_0 t) + Q(t) \sin(4\pi f_0 t)] \end{aligned}$$

On applique un filtre passe-bas sur le signal $r_i(t)$, ce qui supprime les composantes de haute fréquence $4\pi f_0 t$, et laisse seulement le terme $I(t)$. On remarque que ce signal n'est pas affecté

par la voie $Q(t)$, ce qui montre bien que la voie $I(t)$ peut être reçue indépendamment de la voie $Q(t)$.

De manière analogue, la réception de la voie $Q(t)$ se fait en multipliant le signal reçu $s(t)$ par un "sinus".



Démodulateur de signal QAM

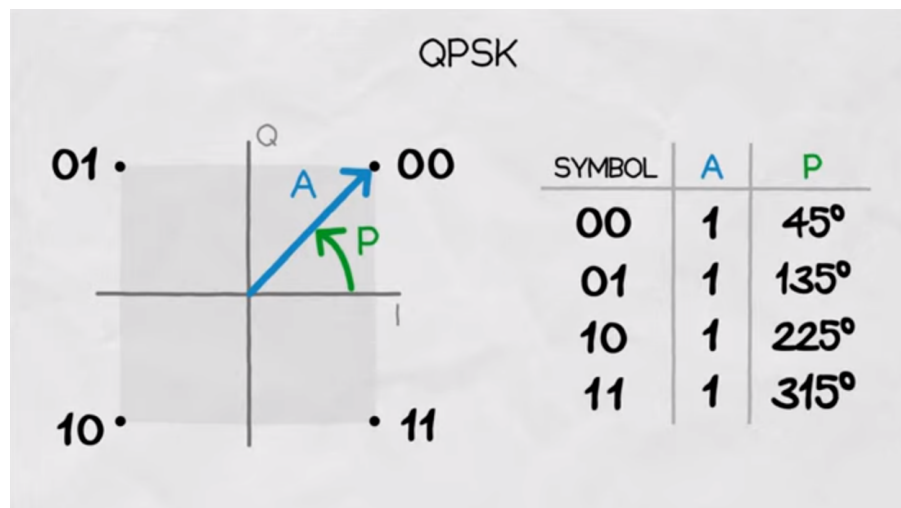


Diagramme IQ

Diagramme IQ contient l'information sur le signal modulé ,son amplitude A et sa phase P

Dans cette figure il montre les différents signaux possibles pour la 4QAM .

NOTRE PROJET :

Nous allons faire la modulation 256QAM et la démodulation d'un signal en utilisant matlab , un ordre élevé de QAM est utilisé pour obtenir un débit de données plus rapide en supposant que le lien a un très bon Eb/No sinon des erreurs de données seront présentes .

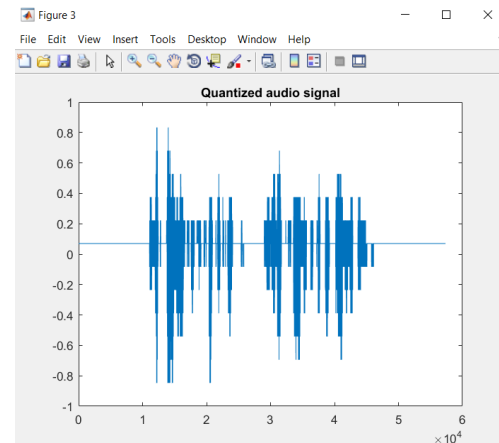
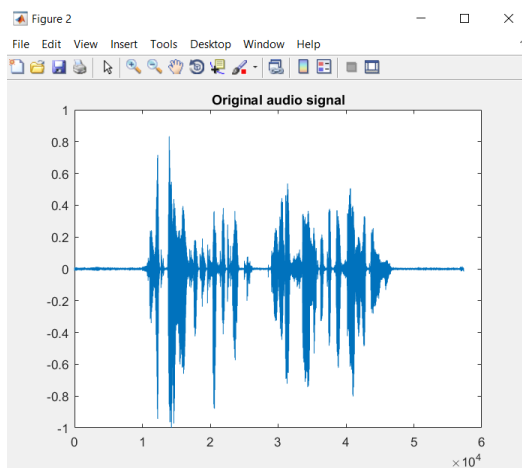
La première étape commence par lire le signal ,faire l'échantillonnage à une fréquence Fs et enregistré les valeurs dans un vecteur y , ensuite nous calculons le pas auquel sera quantifié le signal et nous enregistrons les valeurs des pas dans x , enfin nous quantifions le signal et nous enregistrons dans y1 .

```

clc
clear
close all
M=256;
[y, Fs] = audioread('qam.wav'); %L'audio est enregistré dans y et échantillonné a la fréquence Fs
max_value = max(y); %valeur max de l'audio
min_value = min(y); %valeur min de l'audio
l=12;
x = []; %vecteur
step_size = (max_value - min_value)/(l); %calcul du pas
i = min_value;
while ((i>=min_value) && (i<=max_value)) %calcul des valeurs du pas
    x = [x,i];
    i = i + step_size;
end
for i=1:length(y) %quantification
    for j=1:(length(x)-1)
        if((y(i)>=x(j)) && (y(i)<=x(j+1))) %vérifier la marge dans la quelle se trouve chaque valeur de y
            y1(i) = x(j+1); %échantillon quantifié
        end
    end
end
end

```

Voici le signal originale et le signal quantifié :



La deuxième étape est l'encodage :

```

y2 = zeros(1,length(y1)); % va contenir le signal encodé
for i = 2:length(x)
for j = 1:length(y1)
    if(x(i)==y1(j))
        y2(j) = i-2;
    end
end
end
end

```

La troisième étape est la modulation :

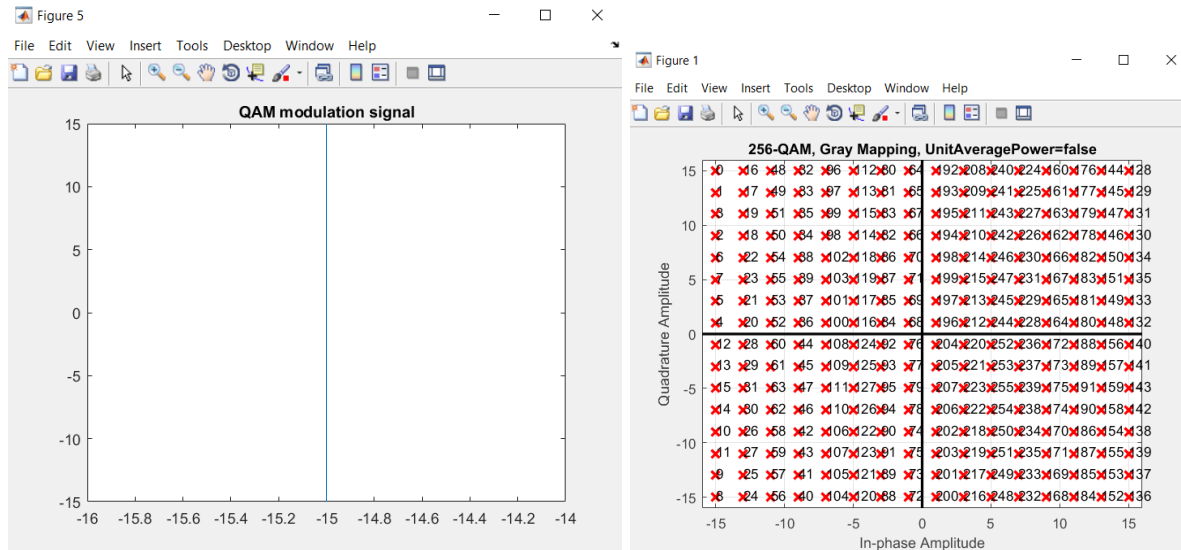
M représente l'ordre de modulation . ici 256 .

```

qam = qammod(y2,M,'PlotConstellation',true);
figure(5)
plot(qam)
title('QAM modulation signal');

```

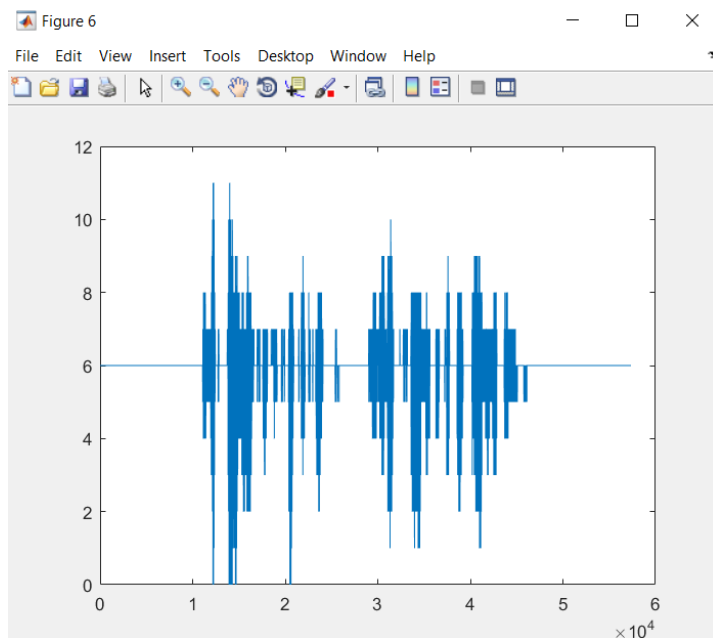
Voici le signal modulé et son diagramme de constellation :



La dernière étape est la démodulation .

```
demodulated =qamdemod(qam,M) ;
figure(6)
plot(demodulated)
```

Voici le signal démodulé :



On remarque que le signal modulé correspond au signal quantifié .

BIBLIOGRAPHIE:

<https://fr.fmuser.net/content/?7002.html>

<https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/QAM>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_d%27amplitude_en_quadrature#:~:text=La%20modulation%20d%27amplitude%20en,transport%C3%A9e%20par%20deux%20signaux%20d%27

<https://claude-gimenes.fr/signal/communications-numeriques/-iv-modulation-d-amplitude-en-quadrature-maq-qam>

<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/quadrature-amplitude-modulation-types-8qam-16qam-32qam-64qam-128qam-256qam.php>

<https://www.mathworks.com/help/comm/ref/qammod.html>