



**HAL**  
open science

# Agrégation en fréquence de signaux QPSK-OFDM avec une seule chaîne de transmission RF

B C Abdi Abyaneh, B C Huyart, Jean-Christophe Cousin

► **To cite this version:**

B C Abdi Abyaneh, B C Huyart, Jean-Christophe Cousin. Agrégation en fréquence de signaux QPSK-OFDM avec une seule chaîne de transmission RF. Journées Nationales Micro-ondes, Jun 2015, bordeaux, France. hal-01375390

**HAL Id: hal-01375390**

**<https://hal.science/hal-01375390v1>**

Submitted on 3 Oct 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Agrégation en fréquence de signaux QPSK-OFDM avec une seule chaîne de transmission RF

M. Abdi Abyaneh<sup>1</sup>, B. Huyart<sup>1</sup> et J.C.Cousin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LTCI CNRS (UMR 5141), Département COMELEC, 46 rue Barrault 75634 Paris cedex 13, FRANCE  
mohammad.abdi-abyaneht@telecom-paristech.fr

### Résumé

L'Agrégation en Fréquence (AF) est une des méthodes proposées par le groupe 3GPP pour atteindre une bande passante de 100 MHz exigée par le standard Long Term Evolution-Advanced (LTE-A). Afin de s'affranchir des problèmes liés aux interférences dues aux multitrajets, la modulation Orthogonal Frequency Division Multiplexed (OFDM) est le moyen utilisé dans cette norme. Dans cet article, nous présentons une nouvelle approche pour générer les bandes agrégées en fréquence avec la modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)-OFDM en utilisant qu'une seule chaîne de transmission.

### 1. Introduction

Le débit prévu en lien descendant dans la normalisation LTE-A est de 3Gbps. L'Agrégation en Fréquence (AF) est l'une des techniques suggérées afin d'atteindre ce débit. AF permet d'augmenter la capacité de transmission en agrégeant des bandes de fréquence continues ou discontinues dans la bande de fréquences 450MHz à 3.6GHz. Plusieurs méthodes d'AF sont décrites dans la littérature ; une manière de générer deux bandes AF est basée sur le principe de créer un signal OFDM très large bande, de la fréquence minimale de la première bande à la fréquence maximum de la deuxième bande, puis d'éteindre les sous porteuses OFDM. Dans ce cas la transformation de Fourier rapide (FFT) est d'une très grande longueur si les signaux agrégés en fréquences sont assez espacés [1]. Park et al [2], décrivent trois architectures pour générer des signaux agrégés en fréquence: deux utilisent une chaîne d'émission pour chaque bande. La troisième crée deux signaux agrégés en fréquence avec une seule chaîne d'émission dans le cas où les bandes de fréquences sont contigües.

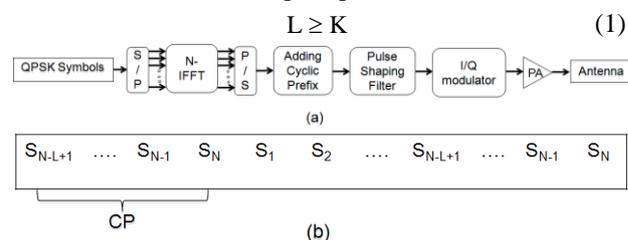
La solution proposée dans cet article est basée sur nos travaux antérieurs [3] sur la génération de plusieurs signaux Continuous Wave (CW) à partir d'un seul oscillateur local et d'un modulateur IQ ( In phase & Quadrature).

La section 2 traite la structure et la génération de signal QPSK-OFDM et décrit les différentes étapes de modulation ainsi que la synchronisation temporelle des données. La section 3 donne la méthode pour agréger

les signaux. Dans la section 4, la conclusion de ce travail est élaborée.

### 2. GENERATION D'UN SIGNAL QPSK-OFDM

Les canaux de propagation sont l'une des principales causes limitant les débits lors de communications numériques sans fil. Ces canaux sont affectés par les problèmes d'interférences dues aux multi-trajets et les Interférences Entre Symboles (IES). Une méthode permettant de réduire l'impact des trajets multiples est d'employer une modulation dite OFDM. Dans ce cas le signal à transmettre couvrant une bande de fréquence B est divisé en N signaux (sous-bandes) couvrant chacun une bande de fréquence égale à B/N. La Figure 1.a présente le schéma synoptique de la génération de signaux OFDM-QPSK. Les symboles QPSK sont injectés dans un convertisseur série-parallèle pour être traités par un algorithme de FFT inverse (IFFT) de taille N, ce qui numériquement crée les N sous-bandes. Après ce traitement les symboles sont reconvertis sous format série. Afin d'éliminer les interférences entre symboles dues aux effets des multi-trajets, on ajoute des préfixes cycliques (CP) c.à.d. on ajoute les L derniers symboles transmettre au début de chaque symbole OFDM (Figure 1.b). Le choix de L dépend au nombre de coefficients du filtre (K) qui représente le canal:



**Figure 1. (a) Génération d'un signal OFDM. (b) Ajouter la préfix cycliques au début d'un symbole OFDM.**

Afin de retrouver correctement la séquence envoyée, on a synchronisé le système en envoyant quelques données prédéfinies pour l'émission et la réception.

#### 2.a. Synchronisation temporelle

La synchronisation temporelle entre l'émetteur et le récepteur est réalisée à l'aide d'une séquence d'apprentissage (TS) [4]. Cette séquence a la

particularité que ses deux moitiés sont identiques et les zéros sont envoyés sur les sous-bandes paires et les symboles QPSK sur les sous-bandes impaires, Tableau 1 [4]. En réception, on utilise un algorithme de l'erreur quadratique moyenne minimale (MMSE) adapté au récepteur basé sur une architecture de démodulateur triphasé (TPD) [5]. La synchronisation fréquentielle est assurée ici par une horloge commune à 10 MHz. Dans la suite, ces symboles QPSK-OFDM sont modulés sous forme des signaux agrégés en fréquences

### 3. L'agrégation en fréquences d'un signal QPSK-OFDM

Il s'agit ici de moduler le signal QPSK-OFDM, défini dans la section 2, avec les signaux CW présentés dans [3]. On peut écrire le signal en bande de base du signal agrégé en fréquence sous cette forme:

$$I(t) + jQ(t) = (I_{\text{OFDM}}(t) + jQ_{\text{OFDM}}(t)) \cdot (I_3(t) + jQ_3(t)) \quad (2)$$

Où  $I_{\text{OFDM}}(t)$  et  $Q_{\text{OFDM}}(t)$  sont les composants en phase et en quadrature du signal QPSK-OFDM, respectivement.  $I_3(t)$  et  $Q_3(t)$ , donnés par (2) et (3) sont les composantes en bande de base en phase et en quadrature permettant de générer trois signaux CW à partir d'un seul signal OL de fréquence  $f_{c3}$  et un modulateur [3]. Afin de transposer les signaux agrégés en fréquences aux fréquences RF  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$  ( $f_1 < f_2 < f_3$ ), il faudra multiplier (2) par  $e^{j2\pi f_{c3} t}$ .

$$I_3(t) = (1 + 2\cos(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t)) \cos(2\pi \frac{f_1 + f_2 - 2f_3}{4} t) \quad (3)$$

$$Q_3(t) = (-1 + 2\cos(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t)) \sin(2\pi \frac{f_1 + f_2 - 2f_3}{4} t) \quad (4)$$

$$f_{c3} = \frac{f_1 + f_2 + 2f_3}{4} \quad (5)$$

Il est important que la période de signaux CW en bande de base ( $I_3(t) + jQ_3(t)$ ) ait le plus petit commun multiple des composantes fréquentielles de  $I_3(t) + jQ_3(t)$ . Si cette période n'est pas respectée, le signal généré présente une discontinuité en phase ce qui a pour effet d'élargir le spectre et de créer des signaux parasites.

En plus, il faut noter que le taux d'échantillonnage de signaux CW en bande de base ( $I_3(t) + jQ_3(t)$ ) est différent de celui du signal OFDM. D'après le critère de Nyquist le taux d'échantillonnage pour nos signaux CW doit être 2 fois celui de la bande passante.

$$f_s \geq 2\Delta f \quad (6)$$

Où  $\Delta f = f_3 - f_1$ .

On suppose ici que le même signal OFDM de bande passante  $B$  va être réparties sur les 3 bandes centrées en RF  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$  Mais Comme  $B$  est plus petit que  $\Delta f$  il faut sur-échantillonner le signal QPSK-OFDM avec un facteur de  $\Delta f/B$ .

Sur la figure 2, nous présentons une application de notre méthode. Les données I/Q de (1) sont générées sous Matlab® et envoyées au générateur de signaux vectoriels Agilent N5172B. Les trois signaux QPSK-OFDM, avec  $L=8$ ,  $N=32$  et une bande passante de 1.35 MHz, sont générés aux fréquences de 2.8 GHz, 2.82 GHz et 2.86 GHz

avec un niveau de puissance de -25dBm. La chaîne d'émission ne comprend pas d'amplificateur de puissance et le modulateur IQ du générateur N5172B est utilisé dans sa zone de fonctionnement linéaire

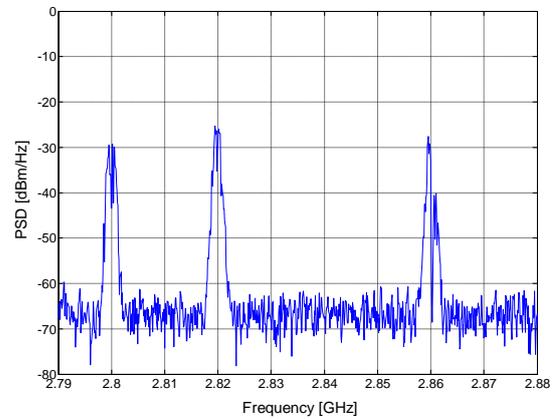


Figure 2. Les trois signaux QPSK-OFDM agrégés en fréquence avec un bande passante de 1MHz aux fréquences de 2.8 GHz, 2.82 GHz et 2.86 GHz

Numéro de sous-bande	Séquence d'apprentissage
1	-0.707- 0.707j
2	0
3	0.707- 0.707j
4	0
5	-0.707- 0.707j
6	0
7	0.707- 0.707j
8	0

Tableau 1. Illustration de la séquence d'apprentissage

Nous présenterons les résultats sur les constellations QPSK obtenues après démodulation par un récepteur TPD.

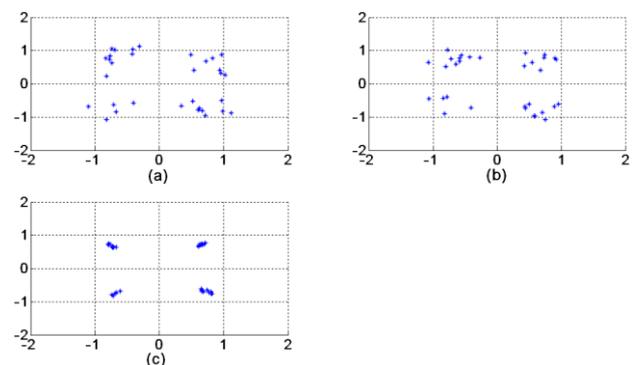


Figure 3 (a) La constellation des symboles envoyé par le signal centré à 2.8 GHz. (b) La constellation des symboles envoyé par le signal centré à 2.82 GHz. (c) La constellation des symboles envoyé par le signal centré à 2.86 GHz

### 4. Conclusion

L'agrégation en fréquence est la méthode de transmission proposée pour le standard LTE-A. Dans ce papier nous présentons une méthode pour générer 3

signaux QPSK-OFDM agrégées en fréquence avec une seule chaîne de transmission. La faisabilité de cette méthode est démontrée par une réalisation pratique.

## 5. Bibliographie

- [1] F. Nordström et al, *Wireless communication methods and receivers for receiving and processing multiple component carrier signals*. Google Patents, 2011.
- [2] C. S. Park et al « Carrier aggregation for LTE-advanced: design challenges of terminals », *Commun. Mag. IEEE*, vol. 51, n° 12, p. 76–84, 2013.
- [3] M. Abdi Abyaneh, et al, « Multiple RF Continuous-Wave Generation Using a Single Signal Generator for Carrier Aggregation in LTE-Advanced », in *European Microwave Conference (EuMC)*, Rome, Italy, 2014.
- [4] T. M. Schmidl et al, « Robust frequency and timing synchronization for OFDM », *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, n° 12, p. 1613-1621, déc. 1997.
- [5] G. Neveux et al, « Wide-band RF receiver using the “five-port” technology », *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 53, n° 5, p. 1441-1451, sept. 2004.