

Travaux Dirigés Modulation numérique

On se propose d'étudier un système de transmission radio par faisceaux hertziens (transmission en visibilité directe, sans trajets multiples), qui utilise des canaux de largeur 14 MHz, dans la bande de 13 GHz. Pour un débit binaire de 40 Mbit/s, la modulation utilisée est une modulation QAM16.

La figure 1 donne le schéma de l'émetteur appelé hétérodyne et la figure 2 le diagramme de constellation de la modulation. Le signal de mise en forme $g(t)$ dans l'émetteur situé après la conversion numérique/analogique est une porte de durée égale à la durée du symbole émis.

Question 1. Rappelez ce qu'est une modulation QAM et donnez l'expression mathématique représentant le signal émis par un modulateur QAM (expression utilisant les amplitudes appliquant sur les deux ondes en phase et en quadrature).

Question 2. Localisez sur le schéma le bloc standard réalisant la modulation QAM16 (correspondant à la somme de deux modulations d'amplitude).

Question 3. Donnez la forme mathématique du signal émis par les oscillateurs locaux appelés OL.

Question 4. Expliquez le rôle du deuxième bloc qui suit le bloc standard. En particulier, quel est le rôle du deuxième mélangeur sur lequel est appliqué le signal d'oscillateur local OL_2 ? (Expliquez en le justifiant mathématiquement l'effet de sa multiplication dans le domaine temporel par un signal OL sur le spectre d'un signal $s(t)$)

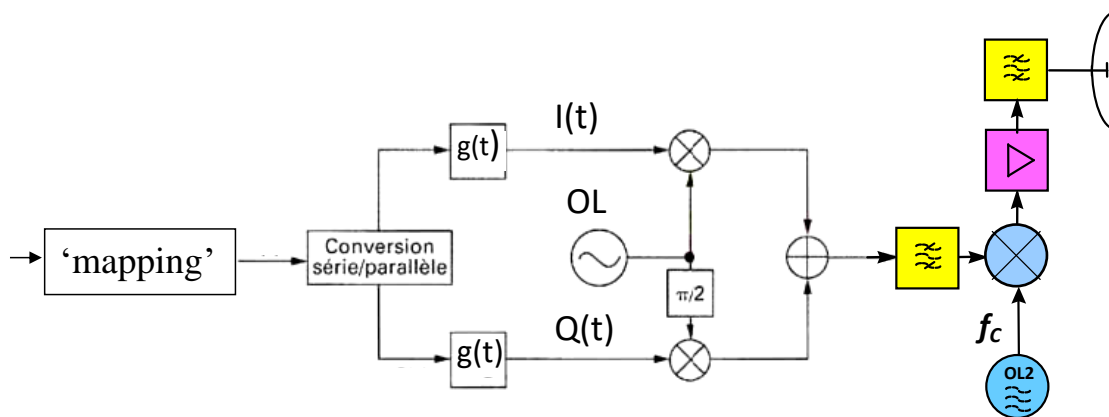


Figure 1 : Emetteur de faisceaux hertziens

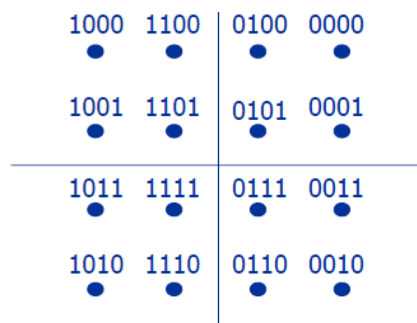


Figure 2 : Diagramme de constellation de la modulation QAM16.

Question 5. Que vaut le débit symboles de cet émetteur ? En vous aidant du diagramme de constellation, tracez l'évolution des signaux $I(t)$ et $Q(t)$ pour la séquence de bits suivantes : 100101011101. On supposera que les niveaux varient entre $-0,75V$ et $0,75V$.

Question 6. Les signaux $I(t)$ et $Q(t)$ sont-ils des signaux en bande de base et si oui, de quel type ? Donnez l'allure de leur densité spectrale de puissance en la justifiant.

Question 7. Avec des niveaux compris entre $-0,75V$ et $0,75V$, si l'on mesure les puissances sur des charges de $50\ \Omega$, quelle est la puissance moyenne de chacun de ces signaux émis en dBm ? (On rappelle que la puissance instantanée est égale au produit courant.tension. La valeur d'une puissance en dBm est égale à 10 fois le logarithme à base 10 de la valeur de cette puissance exprimée en mW).

On fait des essais de transmissions en envoyant différentes séquences de bits commençant par les octets suivants :

- Séquence a : 01010000 ...
- Séquence b : 11000010 ...
- Séquence c : 11110000 ...
- Séquence d : 00011101 ...

Question 8. La figure 3 montre le début de la simulation temporelle du signal émis à la sortie du bloc modulateur standard pour une des séquences : laquelle ?

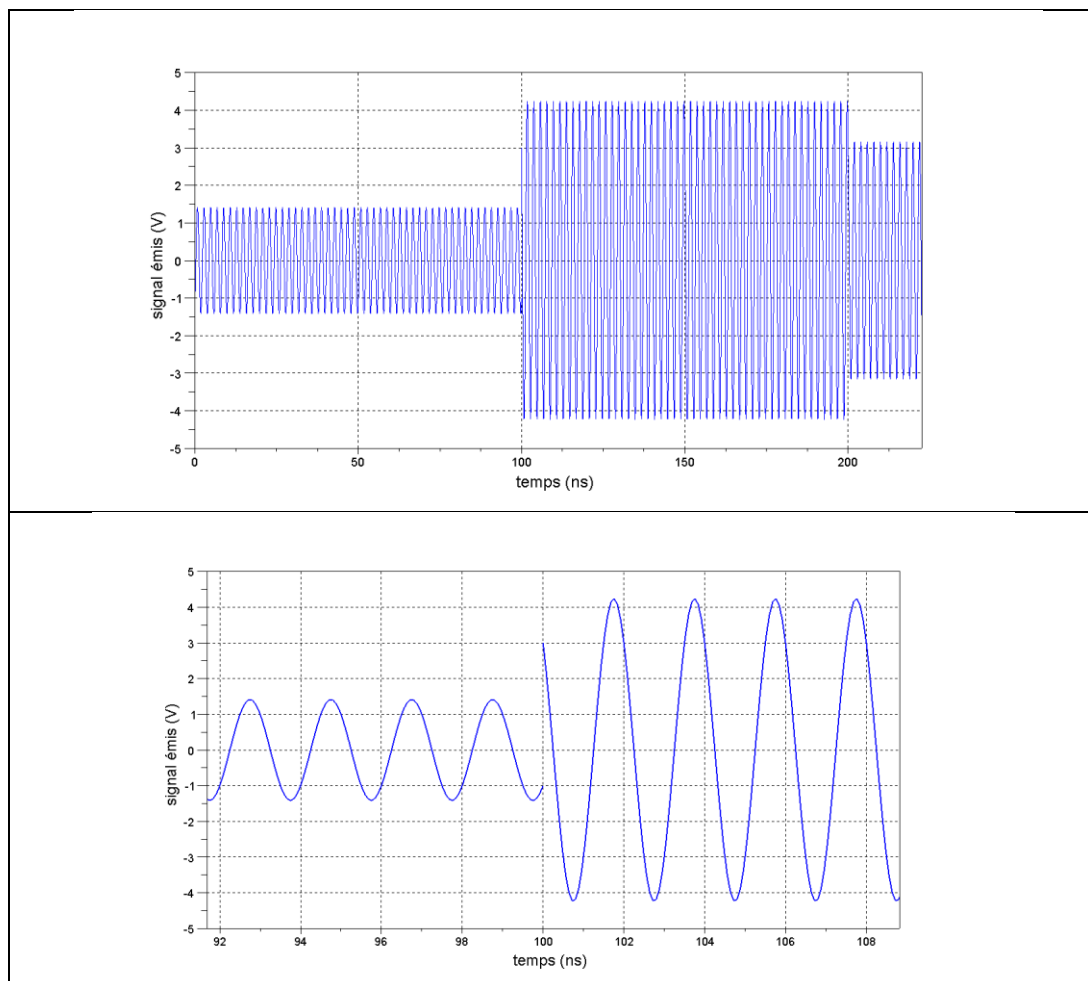


Figure 3 : Simulation temporelle du signal émis (début et 'zoom' sur un instant)

Question 9. *Quelle est la fréquence de la porteuse modulée à ce niveau ? Dessiner l'allure du spectre du signal émis. Que remarquez-vous par rapport à la bande du canal de 14 MHz ?*

Question 10. *Donner la valeur de la fréquence du signal OL2.*