

Prof. : K. GHOU MID

Année universitaire 2015 – 2016

5^{ème} année : Génie Électronique & Informatique Industrielle (GEII)

Module : Réseaux Sans Fil et Ingénierie Cellulaire

Contrôle # 2

Durée d'examen 1 heure 30 minutes : 14 h - 16 h 30

(Documents autorisés)

Janvier 2016

Exercice - 1 -	Exercice - 2 -	Total
/ 10	/ 10	/ 20

Bonne chance ...

Ex-1- Réseau 3G, UMTS, DSSS-CDMA.

Dans un système 3G on considère la transmission des données numériques au débit binaire $R_b = 1\text{Mbit/s}$. La transmission est effectuée en utilisant la technique DSSS-CDMA (Direct Sequence Spread Spectrum - Code Division Multiple Access) avec une modulation BPSK (Binary Phase Shift Keying) sur une fréquence porteuse $f_p = 20\text{MHz}$ selon la figure suivante :

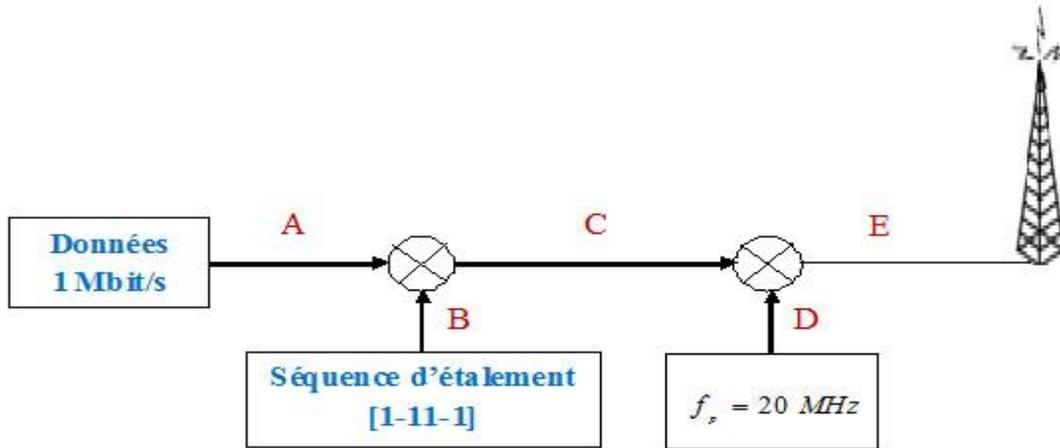


FIGURE 1 – Schéma simplifié de la transmission des données numériques par la technique DSSS-CDMA.

1. Quels sont les types de handover rencontrés dans le système UMTS ? Les comparer par rapport à ceux des générations antérieurs.
 2. Calculer la valeur du débit chips par secondes R_c , puis en déduire la valeur du temps chips T_c .
 3. Donner la forme temporelle du signal aux points A, B, C, D et E.
 4. Donner la forme fréquentielle du signal aux points A, B, C, D et E. Noter bien les graduations sur l'axe des abscisses (axes des fréquences).
 5. Quel est le nombre maximal d'utilisateurs K_{Max} pour garantir une probabilité d'erreur $P_e = 2.10^{-3}$ pour un rapport moyen $\frac{E_b}{N_o} = 6\text{dB}$?
5. On considère quatre utilisateurs qui transmettent quatre notes A, B, C et D étalées par les séquences de la matrice d'Hadamard H_4 . On reçoit alors les valeurs suivantes : 8, 6, -2, 4.
- 6-1. Rappeler les quatre séquences C_0, C_1, C_2 et C_3 (selon les colonnes j) de la matrice d'Hadamard d'ordre 4. Puis vérifier l'orthogonalité entre ces séquences.
 - 6-2. Quelles sont les valeurs des quatre notes ?
 - 6-3. Esquisser le signal CDMA à utilisateurs multiples correspondant aux notes trouvées dans la question précédente.

Ex-2- Réseau 4G, Standard LTE, Technique OFDMA.

Dans la norme LTE les ressources radio unitaires dans l'espace temps/fréquence sont divisées en Ressource Blocs (RB) physique (Physical Resource Blocks). Chaque RB transporte 84 (7 symboles x 12) symboles OFDM dans 180 kHz (15 kHz x 12) toutes les 0,5 ms durée d'un time slot (voir la figure 2). La technique adaptative 'Modulation and Coding Scheme (MCS)' utilisée dans cette norme associe à chaque RB une modulation (QPSK, 16-QAM ou 64-QAM) et un taux de codage ($k/n = 1/2, 2/3$ ou $3/4$) afin de protéger les données avant leurs transmissions radio.

1. La technique de modulation multiporteuse OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) présente plusieurs avantages, en plus elle est immunisée contre l'interférence entre symboles dans les domaines temporel et fréquentiel :
 - 1-1. Pourquoi dans la 4G cette technique n'est utilisée que sur la voie descendante ?
 - 1-2. Pour la voie montante, Quelle technique a été retenue ?
2. Quels sont les débits théoriques offerts par les standards LTE et LTE-Advanced ?
3. Quel est le rôle du préfixe cyclique dans la modulation OFDM ? Quel est son effet sur le débit de transmission dans la norme LTE ?
4. À partir de la technique adaptative MCS et du rôle du préfixe cyclique, expliquer comment le standard LTE adapte le niveau de modulation et de codage en fonction des conditions radio pour chaque terminal mobile ? Argumenter selon les deux exemples suivants :
 - * une transmission dans un canal caractérisé par des 'multitrajets, fading Rayleigh, effet Doppler, dispersion, NLOS, ...'.
 - * une transmission dans des bonnes conditions.

On considère dans ce calcul le cas MCS où la modulation et le codage choisis sont 64-QAM et 4/3 respectivement.

5. Calculer pour ce couple de modulation et de codage l'efficacité spectrale du système LTE exprimée dans un premier temps en 'symbole OFDM/s / Hz', puis exprimée en 'bit/s / Hz'.
6. Montrer à partir de la formule de Schannon sur la capacité $\left(C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \right)$ qu'il faut assurer un rapport signal sur bruit minimal $\left(\frac{S}{N} \right)_{min}$ sur la liaison radio, puis calculer sa valeur en dB.
7. Refaire les deux dernières questions dans le cas d'une modulation QPSK associée à un taux de codage 1/2. Conclure.

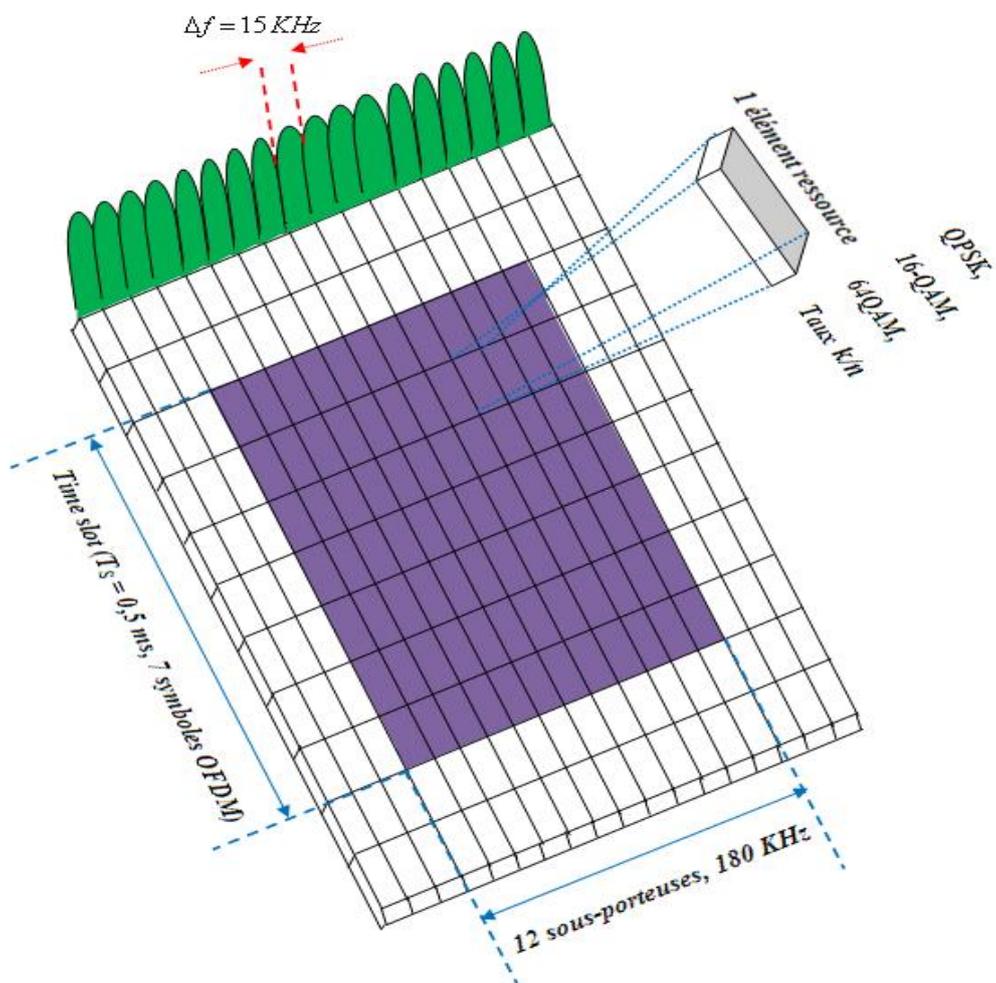


FIGURE 2 – Schéma simplifié d'un Physical Resource Blocks de la norme LTE.