

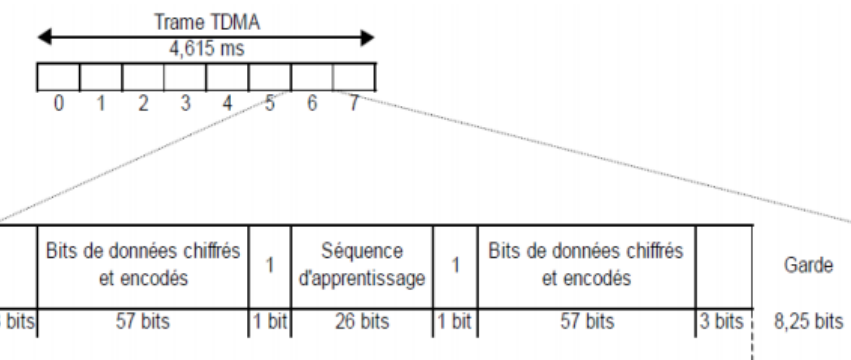
TP 3 : Accès Multiple par Codage (Code Division Multiple Access)

OBJECTIFS :

Le but de ce TP est d'étudier les différentes techniques d'étalement de spectre à savoir TDMA, FDMA et le CDMA. Le principe du CDMA ainsi que l'utilisation des différentes séquences sont élaborées. Enfin la couche physique de l'UMTS (Release 99) est étudiée afin de comprendre comment sont mis en œuvre les différents blocs pour accroître la capacité du système et améliorer le support pour différents services.

EXERCICE 1 : Techniques d'accès multiples (TDMA, FDMA, CDMA)

- 1) Expliquer le principe du TDMA. Illustrer avec un schéma
- 2) On considère un système de communication (Le GSM) fonctionnant selon le principe de TDMA. La trame du GSM dure environ 4.6 ms et est divisée en $N=8$ time slots.
 - a) Quelle est la durée d'un time slot ?
 - b) Sachant qu'un terminal émet 116 bits sur la durée du time slot, quel est le débit sur ce canal ?
 - c) Pour éviter le chevauchement entre deux terminaux, le GSM utilise un temps de garde ou le Timing Advance (TA) qui correspond au temps aller-retour de propagation.



- d) En déduire le débit sur ce canal.

On s'intéresse maintenant à l'étalement de spectre par CDMA.

- 3) Expliquer le principe du CDMA. Illustrer avec un schéma
- 4) Expliquer la différence entre CDMA, FDMA et TDMA. Quel est l'étalement le plus approprié pour améliorer les performances d'un système de communication ?
- 5) On considère maintenant un paquet de 424 symboles BPSK. Ces données sont étalées au moyen d'une séquence de longueur $L=64$. La durée du paquet étant égale à 6 ms.
 - a) Quel est alors le temps symbole correspondant ?
 - b) En déduire le temps chip.

EXERCICE 2 : Simulation CDMA

Dans cet exercice, on étudie le CDMA pour une modulation BPSK. Les trains binaires considérés sont à valeurs dans $\{\pm 1\}$. On considère en premier lieu un train binaire noté : $a(kT_b)$ expression dans laquelle k représente un entier positif et T_b représente la durée d'un bit, soit donc l'inverse du débit R_b exprimé en bits/s : $T_b = \frac{1}{R_b}$

On peut formaliser l'opération d'étalement par une séquence aléatoire PN (Pseudo Noise) de longueur N , comme le filtrage du signal binaire suréchantillonné par les éléments de la séquence.

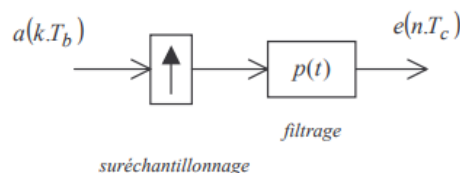
On introduit ainsi le signal suréchantillonné :

$$a(iT_c) = \begin{cases} a(kT_b) & \text{si } i = kN \\ 0 & \text{si } i \neq kN \end{cases}$$

avec T_c qui représente le temps chip et $T_b = NT_c$.

Le signal étalé par les N éléments de la séquence $p(0.T_c), p(1.T_c), \dots, p((N-1).T_c)$ s'écrit alors :

$$e(nT_c) = \sum_{i=0}^{N-1} p(i.T_c) \cdot a((n-i)T_c)$$



En considérant toujours la modulation BPSK avec une fonction de mise en forme $g(t)$, le signal modulé en bande de base s'obtient par suréchantillonnage et filtrage.

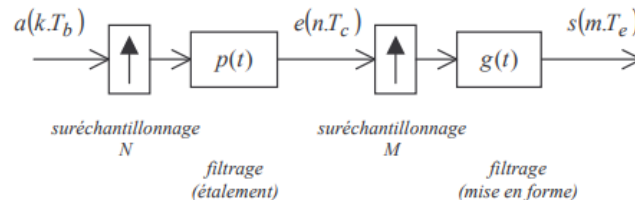
On introduit alors le signal suréchantillonné $e(mT_e)$:

$$e(mT_e) = \begin{cases} e(nT_e) & \text{si } m = nM \\ 0 & \text{si } m \neq nM \end{cases}$$

avec T_e qui représente le temps échantillon

Le signal filtré $s(mT_e)$ défini au rythme échantillon, s'écrit :

$$s(mT_e) = \sum_{q=0}^Q q(q.T_e) . e(mT_e - qT_e)$$



- 1) On prendra $T_e=1$ et le facteur de suréchantillonnage $M=4$. Générer et afficher un train binaire aléatoire de longueur $L = 10$.
- 2) Générer et afficher une séquence d'étalement de longueur $N= 8$.
- 3) Etaler le signal et afficher le signal résultant.
- 4) En utilisant une fonction porte, faire une mise en forme du signal étalé. Afficher le graphique obtenu.

Rappel de la fonction porte

$$g(qT_e) = \begin{cases} 1 & \text{si } q \in [0, M - 1] \\ 0 & \text{si } q \notin [0, M - 1] \end{cases}$$

On considère maintenant un filtre $g(t)$ en cosinus surélevé,

$$g(qT_e) = \frac{\sin\left(\frac{\pi qT_e}{T_c}\right)}{\frac{\pi qT_e}{T_c}} \left[\frac{\sin\left(\beta \frac{\pi qT_e}{T_c}\right)}{1 - 4\left(\frac{\beta qT_e}{T_c}\right)^2} \right]$$

- 5) Afficher la réponse impulsionnelle du filtre en racine de cosinus surélevé avec un roll-off factor $\beta=0.3$.
- 6) En utilisant le filtre en racine de cosinus surélevé, faire une mise en forme du signal étalé. Afficher le graphique obtenu.

EXERCICE 3 : Codes de Walsh Hadamard

On considère maintenant 10 utilisateurs avec chacun son propre train binaire.

- 1) Comment s'écrit le signal CDMA résultant à partir de l'expression donnée dans l'exercice 2 ?
- 2) Générer et afficher chacun des trains binaires des 10 utilisateurs.

- 3) Expliquer les séquences de Walsh Hadamard
- 4) A partir des séquences de Walsh Hadamard, constituer le mélange des signaux et étaler le signal résultant. Effectuer une mise en forme du signal étalé avec la fonction porte donnée dans l'exercice 2. Afficher le signal résultant.

EXERCICE 4 : Codes de Gold et ML

- 1) Générer et afficher une séquence ML de taille $N=63$.
- 2) Trouver la fonction d'autocorrélation et afficher le graphique correspondant à la séquence générée.
- 3) Générer deux séquences de paires préférées suivant un code de Gold de taille $N=63$.
- 4) Afficher la fonction d'inter-corrélation de ces paires préférées.
- 5) Comparer les séquences de Gold et ML.

EXERCICE 5 : Etude de la norme UMTS Release 99

La troisième génération de réseaux mobiles (3G) regroupe deux familles de technologies ayant connu un succès commercial : l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), issu du GSM et largement déployé autour du globe, et le CDMA2000, issu de l'IS-95 et déployé principalement en Asie et en Amérique du Nord. Les interfaces radio de ces deux familles reposent sur des caractéristiques techniques proches, notamment un schéma d'accès multiples à répartition par les codes (AMRT) ou CDMA (Code division Multiple Access). La première version de l'UMTS est la Release 99 et est basée sur la technologie W-CDMA (Wideband CDMA ou CDMA large bande). Cette dernière est basée sur une technique d'accès multiples CDMA et supporte les deux schémas de duplexage FDD et TDD (Time Division Duplexing). Le schéma ci-dessous correspond à la couche physique implémentée par Mathworks utilisant les blocks Simulink et les fonctions Matlab. Le but est d'étudier cette couche physique en détaillant les blocs utilisés ainsi que les paramètres.

Pour cela, récupérer la couche physique dans Simulink. Lancer la simulation et afficher les différents graphiques

- 1) Quels sont les paramètres utilisés pour l'étalement de spectre ? Afficher les séquences avant et après étalement.
- 1) Afficher les différents spectres. Quelle est la bande passante résultante utilisée par cette norme ?
- 2) Qu'est-ce qu'un récepteur Rake ? Comment est-il défini dans ce modèle ? Donner les différents paramètres.

