

II.1. introductions

La première génération de systèmes de communication a été proposée dans les années 1980. Le FDMA (Fréquence Division Multiple Access) était la technique d'accès Multiple utilisée pour créer des canaux physiques. Au début des années 1990, la transmission Numérique a fait son entrée avec le système d'accès très connu, le TDMA (Time Division Multiple Access).

Ce système dit de seconde génération est utilisé dans la norme GSM (Global System for Mobile communication) encore très répandue de nos jours surtout dans les pays en voies de développement.

Le CDMA (Code Division Multiple Access) relève aussi de cette génération mais est utilisé majoritairement par les Etats-Unis. Les signaux GSM et CDMA occupent respectivement 1.25kHz et 1.25 MHz de largeur de bandes, ce qui limite considérablement leur débit. Des évolutions de ses systèmes dits de deuxième génération ont vu le jour en Europe : le GPRS (General Packet Radio Services) améliorerait déjà le débit.

Les systèmes de télécommunication ont connu une évolution spectaculaire lors de la dernière décennie, ayant permis d'offrir un large service de haute qualité aux usagers. C'est au courant de l'année 2002 que nous sommes définitivement entrés dans une nouvelle ère technologique : l'ère du haut débit. On assistait à la naissance des systèmes dits de troisième génération (3G) avec des signaux large bande pouvant aller jusqu'à 5 MHz. L'UMTS (Universel Mobile Télécommunication System) et le W-CDMA (Wideband CDMA) sont les normes de communication de cette génération.

Les débits étant importants, les services comme internet et télévision faisaient leur entrée dans le monde de la téléphonie mobile. Cette évolution spectaculaire a donné un second rôle au téléphone qui devient un outil multimédia grâce à internet.

II.2. Généralités sur les techniques d'accès multiples [13]

Le développement des systèmes de communication est limité par les contraintes sur la capacité de ces systèmes, c'est-à-dire l'augmentation du nombre d'accès simultanés au canal de transmission, surtout parce que le spectre radio disponible est limité, ce qui oblige à utiliser les ressources disponibles plus efficacement. Le défi est de savoir comment transmettre plus de bits par seconde. Un aspect important de cette question est de savoir comment le moyen commun de transmission est partagé entre les utilisateurs. C'est-à-dire le plan d'accès multiple.

Le problème principal de transmission de la téléphonie mobile est le partage de l'espace des canaux de transmission. En effet, l'environnement est le même pour tous les utilisateurs, l'espace des fréquences disponibles est restreint et de plus le milieu est particulièrement bruyé. Pour arranger le tout si j'ose cette expression, les émetteurs se déplacent continuellement. Dans notre environnement, nous échangeons continuellement des informations en utilisant l'interface air. Dans le cas de la téléphonie mobile, on nomme l'interface air «Um». Les trois principales méthodes utilisées pour se partager une même interface sont : La fréquence, le temps ou le code.

La première méthode utilisée par les systèmes analogiques est la répartition en fréquence (FDMA) par la suite, avec les systèmes numériques apparaît la répartition dans le temps (TDMA) et le multiplexage par répartition sur les fréquences orthogonales (OFDM).

Le dernier système est la répartition par étalement spectral (CDMA) où un code permet de répartir l'accès à notre interface unique. Bien que ce soit le dernier utilisé pour les applications civiles, il est connu de longue date par les militaires. Le tableau I.1 qui indique la "Méthode de partage d'une même interface" résume ces trois cas.

D'autres méthodes de multiplexage sont actuellement appliquées dans quelques systèmes de communications. (Par exemple, Space Division Multiple Access - SDMA).

Méthode de multiplexage	Point de synchronisation entre Récepteur et l'émetteur
FDMA	Fréquence
TDMA	Temps
OFDM	Fréquence
CDMA	Code

Tableau II.1 : Méthode de partage d'une même interface.

II.3. Méthodes de multiplexage

Des méthodes de multiplexage sont employées pour diviser les ressources de fréquence limitées dans une cellule entre les différents abonnés et les stations mobiles à l'intérieur d'une cellule. Ce chapitre illustre les trois différentes méthodes qui sont principalement employées Aujourd'hui : Accès multiple par répartition en fréquence (FDMA), accès multiple par répartition Dans le temps (TDMA), accès multiple par étalement spectral (CDMA) [13].

II.3.1. Fréquence Division Multiple Access (FDMA)

La technique FDMA est divise la gamme de fréquences disponibles en canaux d'une largeur de bande spécifique (bande de fréquence). Durant toute la durée d'une communication, un abonné unique dispose d'une de ces bandes de fréquence sans restriction. Chaque abonné dans une cellule emploie donc une bande de fréquence différente des autres abonnés. De cette façon les bruits indésirable peuvent être évités (ou réduits le plus possible ou selon les exigences) [13].

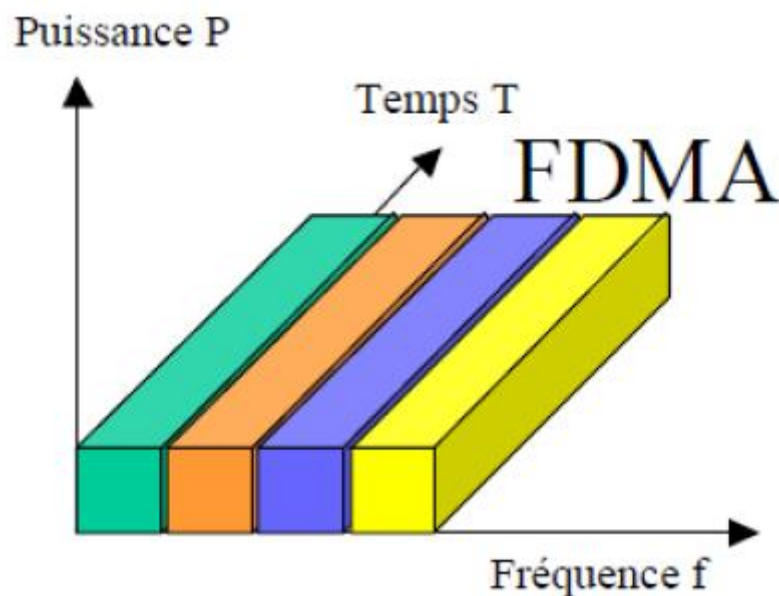


Figure II.1 Frequency Division Multiple Access (FDMA).

Les avantages de FDMA sont :

- Réduction du débit binaire de l'information.

Parce que les systèmes de FDMA emploient des bas débits binaires (long temps de symbole), il y a moins d'interférence (ISI) entre les symboles.

- Les progrès technologiques exigés pour l'exécution sont simples.
- Puisque la transmission est continue, moins de bits sont nécessaires pour la synchronisation et la gestion.

Mais, il y a aussi des inconvénients dans le système FDMA :

- Il ne diffère pas de manière significative des systèmes analogique : amélioration de capacité dépend de la réduction de SNR (rapport signal à bruit, signal to noise ratio).
- Le débit binaire maximum par canal est fixe et petit.
- La bande de garde se réunit entre chaque deux utilisateurs diminue la capacité de système.

Le système exige des filtres à bande étroite, qui ne peuvent pas être réalisés dans la technologie VLSI en augmentant ainsi le coût.

II.3.2. Time Division Multiple Access (TDMA):

La différence de FDMA, une simple bande de fréquences est à la disposition d'un certain nombre d'abonnés avec TDMA. La bande de fréquences est divisée en trame de TDMA de longueur finie. Chaque trame est divisée en n time slots (TS). Chacun de ces n time slots de la trame peut être assigné à un abonné différent. De cette façon, une simple bande de fréquence peut contenir jusqu'à n abonnés. La transmission d'un seul abonné comporte différents time slots assignés cycliquement à l'abonné (généralement un TS par trame ; de plus longs cycles sont également possibles). Avec TDMA, chaque bande de fréquence est uniquement employée par un seul abonné un moment particulier. Ceci empêche la production d'interférences entre différents abonnés (ou réduit le bruit autant que possible ou selon les exigences) [13].

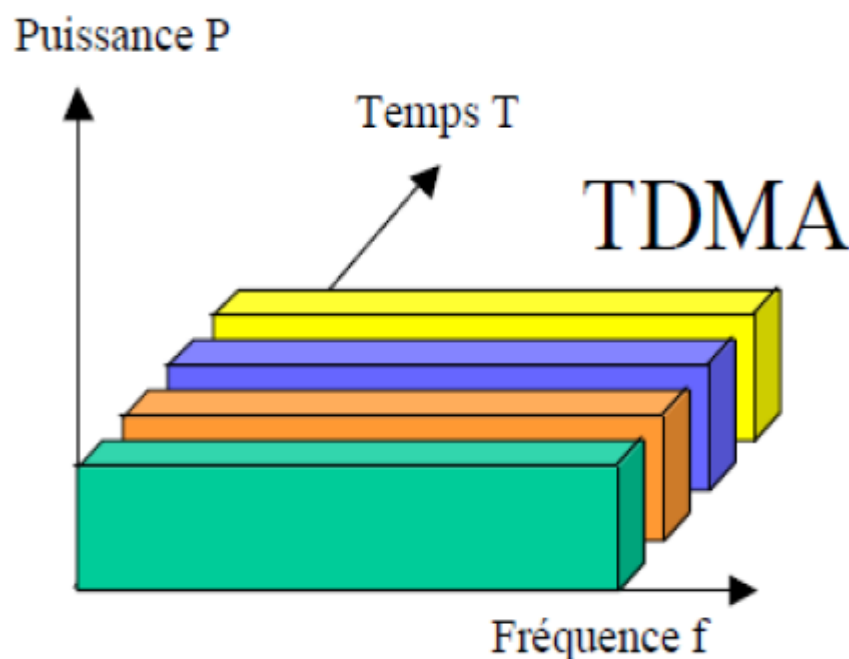


Figure II.2 Time Division Multiple Access (TDMA).

Il y a un certain nombre d'avantages du système TDMA :

- Peut soutenir des bursts ou le trafic variable de débit binaire.
- Aucune bande de garde requise pour le système à large bande.
- Aucun filtre à bande étroite requis pour le système à la large bande.

Mais, il y a aussi d'inconvénients :

- Le débit binaire élevé du système à large bande exige l'égalisation complexe.
- Complexité au niveau du mobile.
- En raison du mode de fonctionnement de Burt, un grand nombre de bit aérien pour la synchronisation et l'encadrement sont exigés.
- Le temps de garde entre chaque deux utilisateur est exigé dans chaque fente pour s'adapter aux inexactitudes de temps en raison d'instabilité d'horloge.

II.3.3. Orthogonal Frequency Division Multiple (OFDM)

La modulation multi-porteuse est une solution des problèmes posés dans la transmission sur les canaux multi trajets ; Son principe de base est de transmettre simultanément plusieurs symboles en parallèle sur différentes porteuses ; ceci par la décomposition de la bande spectrale allouée à la transmission Δf , entre les différentes porteuses peut occuper une bande de fréquence inférieure à la bande de cohérence du canal, cette modulation multi-porteuse [14].

On à l'expression du signal OFDM $U(t)$ est :

$$U(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \sum_{K=0}^N C_{K,n} C(t - nT) e^{j2\pi f_K t}$$

Or :

$C_{K,n}$: Symbole numérique transmis sur la $k^{ème}$ porteuse et dans le $n^{ème}$ symbole OFDM (forme Complexe à cause de la constellation).

$C(t-nT)$: Le signal de mise en forme du symbole d'information (rectangulaire).

f_k : La fréquence de la porteuse $K^{ème}$.

$e^{j2\pi f_K t}$: C'est la porteuse K .

Parmi les avantages de cette technique, on peut citer :

- L'utilisation parfaite des ressources fréquentielles dû à l'orthogonalité des sous-porteuses.
- Les signaux OFDM sont robustes au bruit.
- La simplicité d'égalisation grâce à l'utilisation de l'intervalle de garde.

- Un très grand débit d'émission par rapport à la technologie d'une porteuse unique.

Mais, il y a aussi d'inconvénients :

Le problème majeur de la technologie OFDM réside sur la présence des pics qui sont des symboles temporels à fortes amplitudes, Ceci crée des contraintes énormes sur les amplificateurs et conduit à une consommation de puissance importante. En plus, le problème de la synchronisation qui induit un décalage entre les symboles.

II.3.4. Code Division Multiple Access (CDMA)

Contrairement à OFDM, TDMA et à FDMA, les abonnés différents peuvent employer la même bande de fréquence en même temps avec CDMA. Chaque abonné possède un code unique (dans la cellule) à cette fin. L'émetteur lie l'information originale avec le code. L'information codée est alors transmise au-travers de l'interface par radio. L'information originale est régénérée dans l'unité de récepteur en utilisant le même code de manière synchrone [13].

Le code-Division Multiple Access (CDMA) méthode a attiré une grande attention ces dernières années en raison de certains avantages par rapport aux méthodes FDMA, TDMA et OFDM. Ces avantages comprennent la capacité élevée, soft Handover, la résistance à trajets multiples, et ainsi de suite.

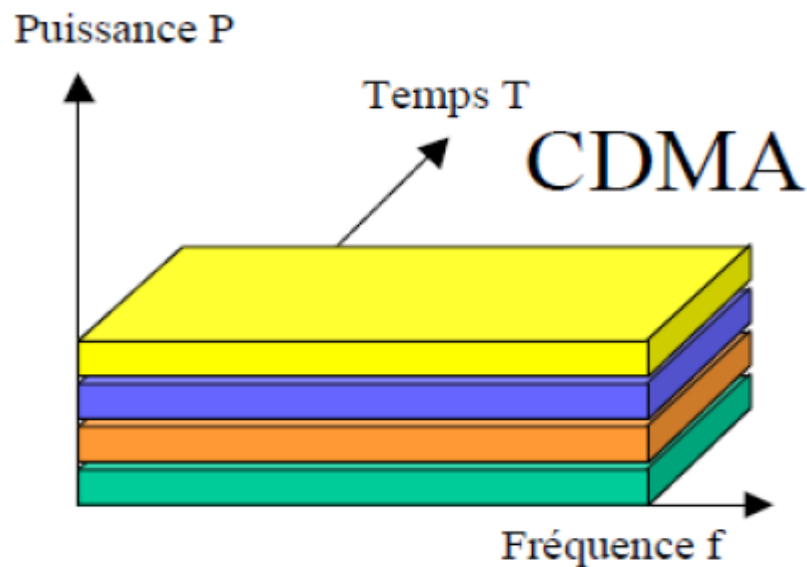


Figure II. 3. Code Division Multiple Access (CDMA).

II.4. Type de CDMA (Code Division Multiple Access)

Des signaux peuvent être étalés avec CDMA en utilisant un certain nombre de méthodes différentes. Les trois méthodes CDMA utilisées le plus généralement sont les suivantes : TH-CDMA, FH-CDMA et DS-CDMA. Voir figure II.4, "Type de CDMA".

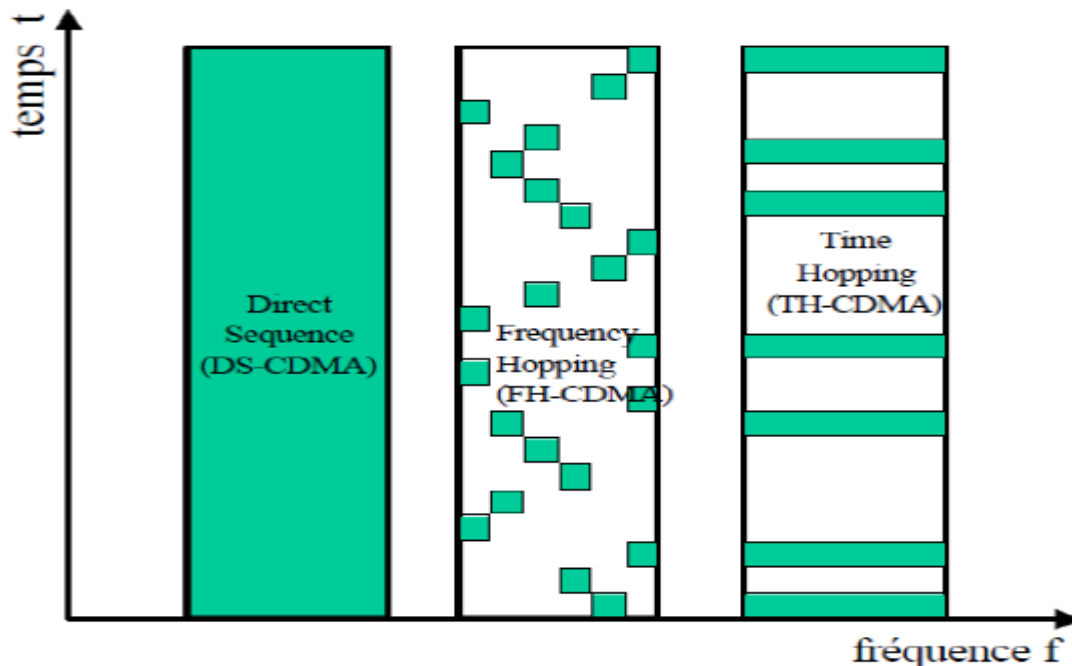


Figure II.4 : Type de CDMA.

II.4.1. Multiplex temporel CDMA (TH-CDMA)

En utilisant le multiplex de temps, le signal d'information n'est pas transmis sans interruption dans la méthode de TH-CDMA (Time Hopping CDMA). Au lieu de cela, l'information est transférée par flashes.

Le temps de la transmission par rafales est indiqué par le code de propagation. TH-CDMA a été développé à la fin des années 1940 comme première méthode de CDMA, et a été utilisé à des fins militaires.

II.4.2. La méthode du saut de fréquence CDMA (FH-CDMA)

La fréquence porteuse du signal d'information est changée constamment avec le FH-CDMA (Frequency hopping). Une fois considéré sur une plus longue période, FH-CDMA est une méthode à bande large comme TH-CDMA et DS-CDMA. Le changement de la fréquence porteuse est indiqué par le code d'étalement.

Un exemple de l'utilisation civile de FH-CDMA est la prétendue norme de Bluetooth. Bluetooth permet la transmission d'information aux débits élevés pour de petites distances dans l'intervalle de fréquence autour de 2,4 GHz sans licences.

II.4.3. Le mode direct CDMA (DS-CDMA)

Dans DS-CDMA (Direct Séquence CDMA), l'information d'usagé est étalée directement en joignant un code d'étalement (dans les systèmes digitaux 2G et 3G). Ceci a comme conséquence la transmission continue du signal (contrairement à TH-CDMA) à bande large dans la bande de fréquence entière (contrairement à FH-CDMA). DS-CDMA est utilisé par exemple pour IS-95 et pour le système par satellite Global Start. Le système 3G UMTS est basé sur DS-CDMA [13].

II.4.3.1. Étalement de spectre

Les techniques d'étalement de spectre sont des méthodes par lesquelles l'énergie générée à une ou plusieurs harmoniques est délibérément étalée, ou distribuée dans le domaine des fréquences ou le domaine du temps. C'est une technique par laquelle un signal est transmis sur une bande passante considérablement plus large que la bande nécessaire pour que l'ensemble des fréquences composant le signal original ne soient transmises par des méthodes classiques de modulation. Cette technique diminue le risque d'interférences avec d'autres signaux reçus tout en garantissant une certaine confidentialité. L'étalement par pseudo-bruit (en utilisant des séquences de pseudo-bruit), et les combinaisons de ces techniques sont des formes d'étalement de spectre. Cette technique est réapparue dans les années. Elle est par exemple utilisée par les systèmes de positionnement par satellites signal original ne soient transmises par des méthodes classiques de modulation. Cette technique diminue le risque d'interférences avec d'autres signaux reçus tout en garantissant une certaine confidentialité. L'étalement de spectre utilise généralement une séquence ressemblant à du bruit pour étaler le signal de bande étroite en un signal de relative large bande. Le récepteur régénère le signal original en corrélant le signal reçu avec une réplique de cette séquence. Deux motivations sont à l'origine de cette technique : en premier lieu, résister aux efforts ennemis pour brouiller le signal, puis cacher la communication elle-même. De nos jours, l'aspect partage d'une même fréquence par plusieurs utilisateurs (accès multiple) est l'une de ses principales applications. Par ailleurs, l'étalement de spectre facilite les transmissions numériques dans les cas d'interférences par trajets multiples. Le saut de fréquence, l'étalement par séquence directe 1960GPS, GLONASS), les liaisons cryptées militaires, les communications de la navette spatiale avec le sol, et plus récemment dans les liaisons sans fil 3G UMTS (W-CDMA) et le Wifi (IEEE 802.11b) et Bluetooth [14].

II.4.3.2. Principes de l'étalement de spectre

L'étalement de spectre (en anglais Spread spectrum) est une technique par laquelle plusieurs utilisateurs peuvent être présents simultanément sur une même bande de fréquence.

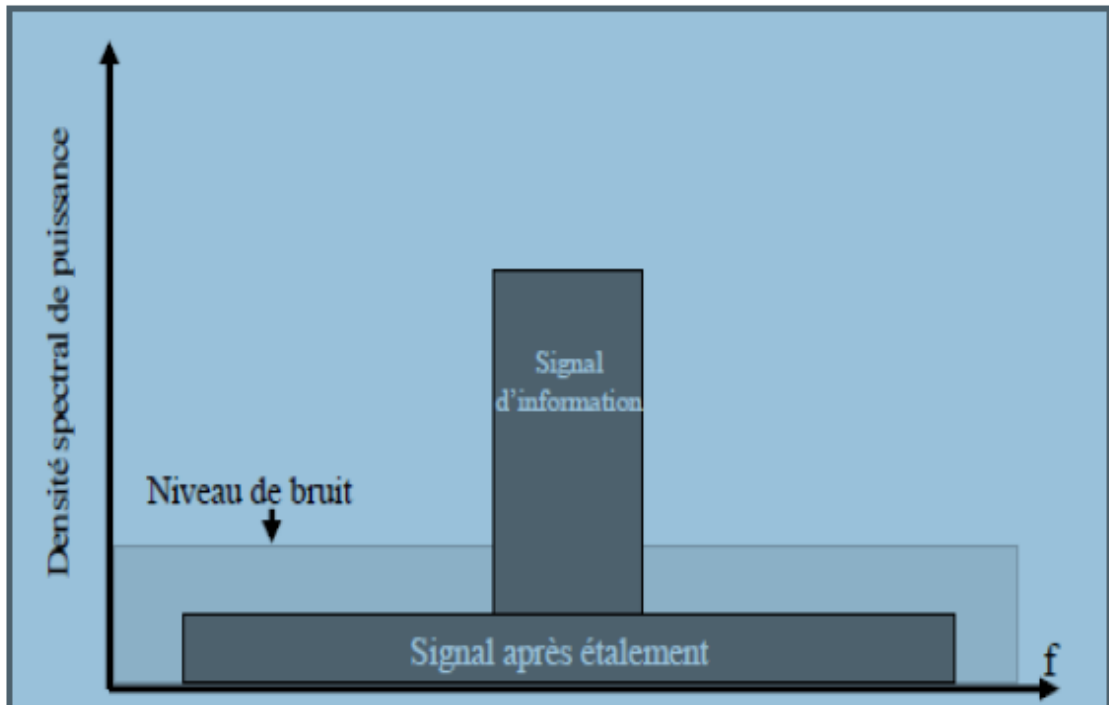


Figure II.5 : Principe conceptuel de l'étalement de spectre.

L'étalement de spectre peut être défini de la façon suivante : « L'étalement de spectre est une technique qui permet de transmettre un signal d'information sur une largeur de bande plusieurs fois supérieure à la largeur de bande minimale que le signal demande ». Pour cette raison, l'étalement de spectre est aussi considéré comme une forme de modulation. Dans un système à étalement de spectre, le signal transmis est « étalé » à partir d'un code indépendant du message d'information. Après s'être synchronisé avec l'émetteur, le récepteur doit utiliser ce même code pour « dés étaler » le signal et pouvoir par la suite récupérer le message d'information [14].

II.4.3.3. Principes du DS-CDMA

Dans un système DS-CDMA, le signal d'information est directement modulé par une séquence. En réalité, cette séquence est un code qui possède des propriétés statistiques particulières comme nous allons le montrer ci-après. Dans la figure I.6 nous décrivons un exemple simple pour expliquer les principes de l'étalement de spectre. Nous supposons que la longueur du code d'étalement est de huit. Comme la figure II.6 la montre, dans l'émetteur le signal d'information des utilisateurs 1 et 2 est étalée avec un code d'étalement unique pour

chaque utilisateur (nous appelons le débit du signal d'information « débit symbole » et le débit de signal étalé « débit chip »). En fait, la séquence de données après l'étalement a un Débit très supérieur à celui du débit avant l'étalement. Le débit chip est équivalent au débit symbole du signal d'information multiplié par la longueur du code d'étalement. Après étalement, les chips des utilisateurs 1 et 2 sont additionnées pour générer un signal mixte (multiplexage) et transmis sur le canal radio. Dans le récepteur, le signal est multiplié par le même code d'étalement utilisé dans l'émetteur. Le fait de multiplier le signal reçu par la même séquence permet de ne garder que le signal d'information. Cette procédure de désétalement n'est possible que si le récepteur est parfaitement synchronisé temporellement avec l'émetteur. Après la multiplication, les signaux sont intégrés sur la durée du symbole pour récupérer le signal d'information [14].

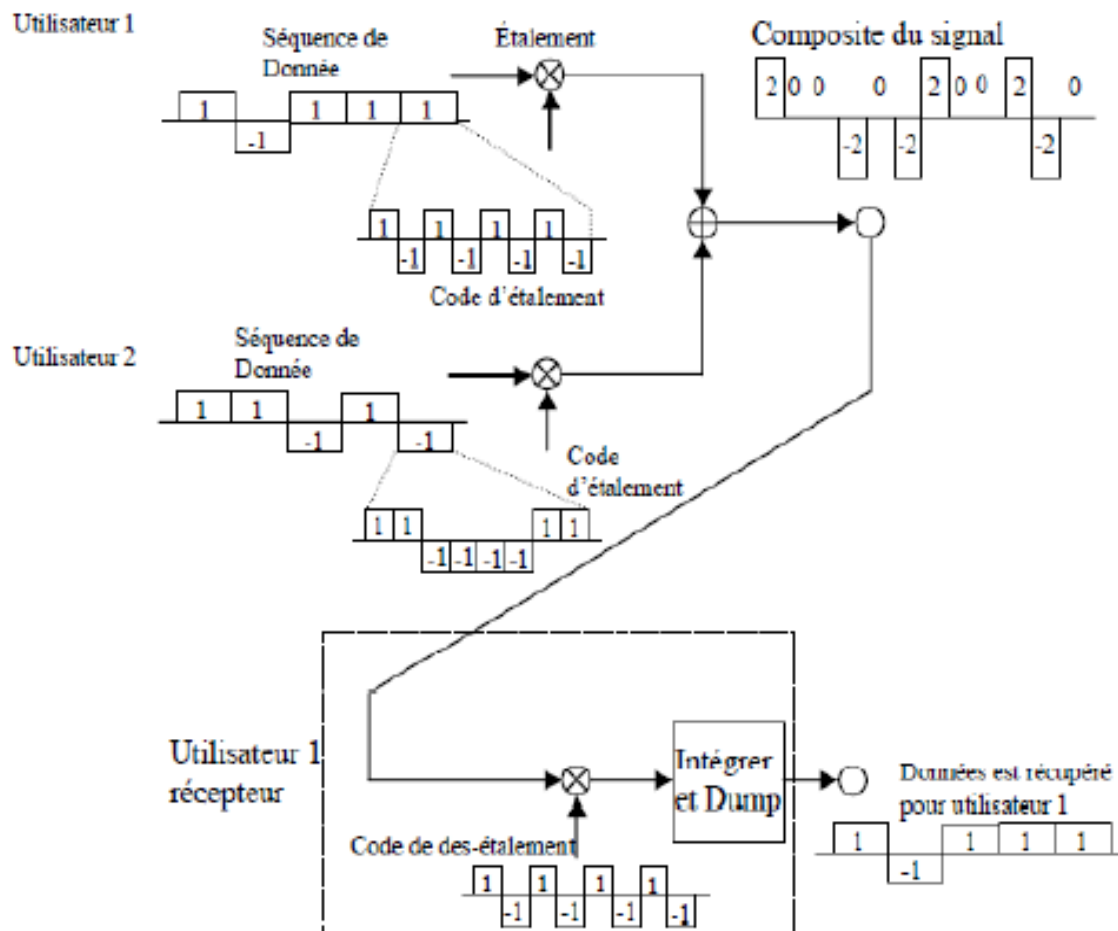


Figure II.6 : Exemple d'étalement de spectre

II.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons rappelé les différentes techniques d'accès multiples telles que FDMA, TDMA, OFDM et CDMA, qui sont les plus utilisées dans le domaine des communications radio fréquences. Nous avons donné plus de détails sur CDMA et ses versions, et en particulier sur DS-CDMA. Ces techniques d'accès multiples présentent des inconvénients et des avantages, par exemple FDMA et TDMA sont connues par le problème de limitation de capacité de multiplexage. Par contre, la capacité du système DS-CDMA est liée au nombre de codes disponibles.