



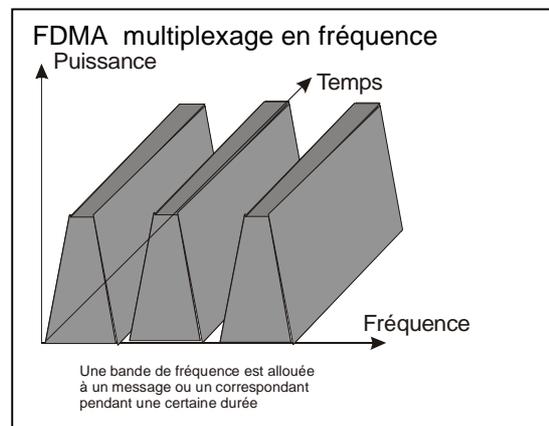
LES TECHNIQUES DE MULTIPLEXAGE

La bande de fréquence est une ressource rare qu'il faut utiliser à bon escient et partager entre tous les utilisateurs. Il est donc nécessaire de transmettre simultanément sur un même canal le plus grand nombre de messages possibles. On fait appel pour cela aux techniques de multiplexage. On considère 3 techniques de découpage du spectre alloué, ou plus précisément du plan temps – fréquence :

Multiplexage en fréquence (FDMA , frequency Division Multiple Access)

C'est la technique la plus ancienne qui était la seule lorsque le téléphone était purement analogique. A chaque interlocuteur, ou chaque message, est alloué une bande de fréquence. En pratique le message est utilisé pour moduler (à l'origine en amplitude, parfois avec suppression de porteuse) une fréquence porteuse. Les différentes porteuses ainsi modulées sont juxtaposées et l'ensemble transmis sur le canal.

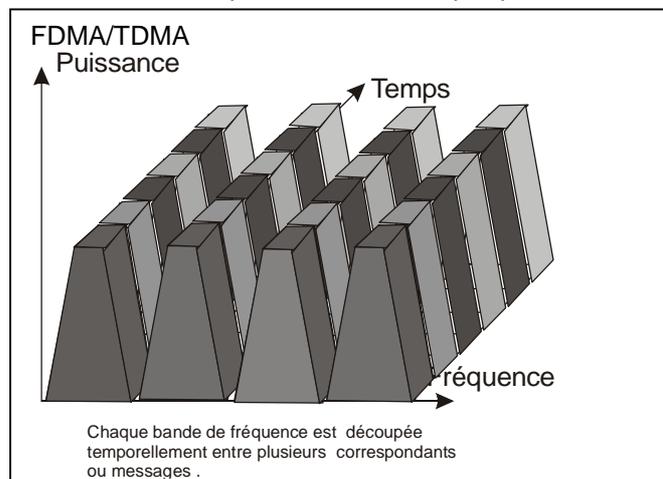
A la réception des filtres sélectifs isolent les différentes porteuses qui sont démodulées. Si les fréquences porteuses sont parfaitement connues ou restituées, il est possible d'effectuer une démodulation cohérente (synchrone).



Multiplexage temporel (TDMA Time Division Multiple Access)

Chaque correspondant ou message occupe la totalité de la bande mais pendant un temps très court. C'est la technique retenue pour le système MIC que nous avons cité plus haut. Les échantillons issus d'un message sont intercalés avec ceux des autres, un tri se fait à la réception.

La ressource spectrale étant rare, les deux techniques sont généralement combinées. La bande totale est partagée en plusieurs sous bandes autour de porteuses, et chaque porteuse est partagée en temps entre plusieurs utilisateurs.





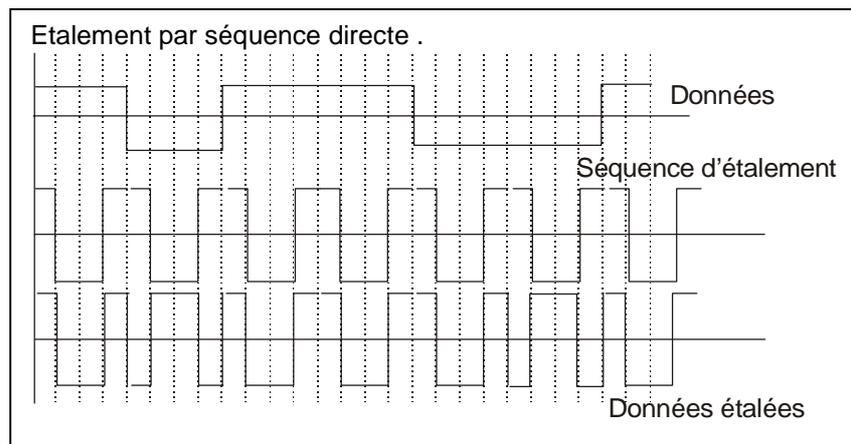
Techniques d'étalement de spectre (CDMA Code Division Multiple Access)

Tous les utilisateurs ou messages ont accès simultanément à la totalité de la bande , ils sont distingués à la réception grâce à des codes distincts pour chacun d'entre eux .

Il existe plusieurs techniques d'étalement de spectre , nous ne traiterons ici que l'**étalement par séquence directe** . (DS CDMA Direct Sequence CDMA)

Etalement par séquence directe

Il s'effectue par produit entre le signal bande de base et une séquence d'étalement beaucoup plus rapide .C'est ce que montre la figure ci dessous pour laquelle la séquence d'étalement



est seulement 4 fois plus rapide que le flot de données .

Chaque utilisateur possède son propre code d'étalement et l'ensemble est mélangé pour constituer le signal transmis .

Soit $s_1(t)$ le signal bipolaire décrivant la suite de bits et $c_1(t)$ le code d'étalement , le signal transmis est $u(t)=s_1(t).c_1(t)$.Dans le cas où plusieurs signaux sont émis simultanément :

$$u(t) = \sum_k s_k(t).c_k(t)$$

Notez que cette somme n'est pas un signal binaire mais analogique .

Désétalement

La récupération des données de chaque utilisateur n'est possible que si les différentes séquences ont des propriétés particulières, elles **sont orthogonales** .

Définition du produit scalaire .

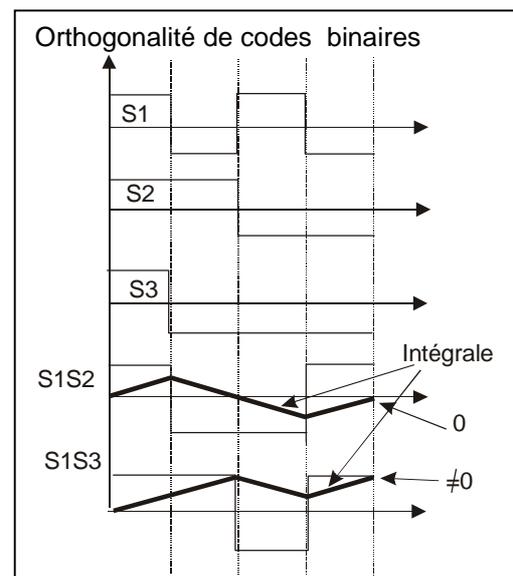
Si deux séquences binaires sont définies dans intervalle temporel D , leur produit scalaire est défini par l'intégrale .

$$\langle s_1 | s_2 \rangle = \int_D s_1(t).s_2(t)dt$$

Par exemple les deux séquences s_1 et s_2 de 4 zones représentées sur la figure ci dessous sont orthogonales , alors que s_1 et s_3 ne le sont pas .

Séquences de Walsh

Il existe plusieurs méthodes pour construire des séquences binaires orthogonales entres elles . Les





fonctions de Walsh sont les plus souvent utilisées.

Les fonctions de Walsh sont à l'origine des fonctions à deux niveaux ± 1 définies dans l'intervalle $\pm 1/2$

Elles peuvent être fabriquées aisément à partir des matrices de Hadamar , définies de la façon suivante .

$$(H_1) = (1)$$

$$(H_{2n}) = \begin{pmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{pmatrix}$$

C'est à dire pour les premières :

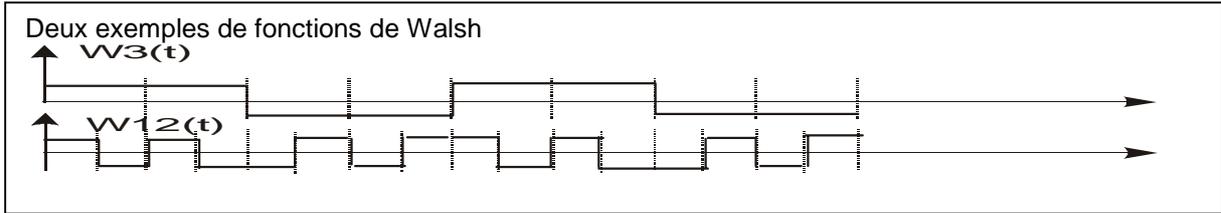
$$(H_2) = \begin{pmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$(H_4) = \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{pmatrix}$$

$$(H_8) = \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$(H_{16}) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ -1 & -1 & +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ -1 & +1 & +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

etc...



Une fonction de Walsh est fabriquée en recopiant une ligne de ces matrices génératrices. On appelle séquence de la fonction de Walsh le nombre de transitions rencontrées, par exemple la troisième ligne de la matrice H8 donne la suite : +++--- qui possède 3 transitions de + à - ou inversement, il s'agit donc de W_3 .

On pourra vérifier que toutes les séquences ainsi créées sont orthogonales entre elles et ortho-normées, (le carré scalaire est égal à 1).

Le signal reçu dans le cas le plus général est :

$$u(t) = \sum_k s_k(t) \cdot c_k(t)$$

le récepteur de numéro j recherche le message qui lui est destiné en multipliant u par la séquence locale :

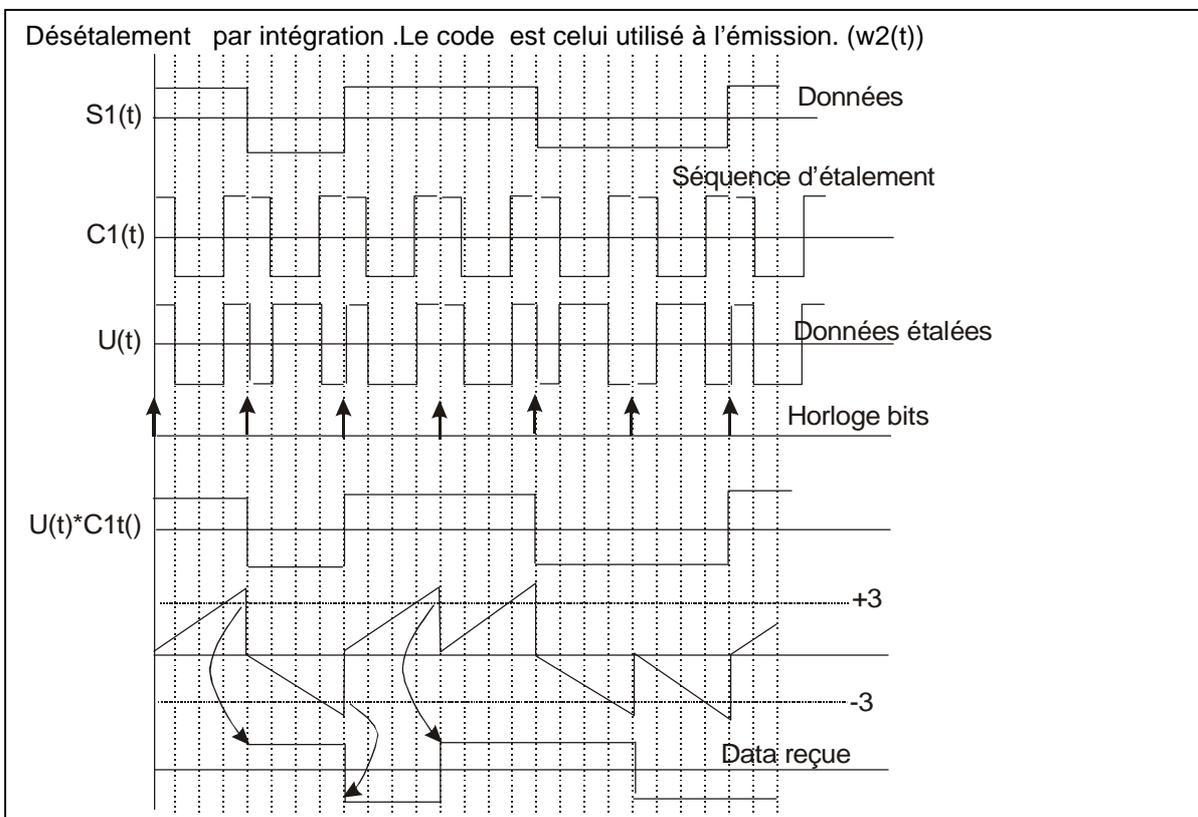
$$\left\langle \sum_k s_k(t) \cdot c_k(t) \middle| c_j(t) \right\rangle = s_j(t)$$

tous les produits scalaires $\langle c_j | c_k \rangle$ étant nuls sauf pour $k=j$.

Cette opération de décorrélation est difficile dans le cas d'un signal à codes multiples superposés, elle nécessite d'abord une parfaite synchronisation assurant la disponibilité d'une horloge bit parfaite.

Si un seul signal est envoyé à la fois le signal u est binaire et le produit scalaire peut être effectué par intégration. C'est ce que montre la figure suivante.

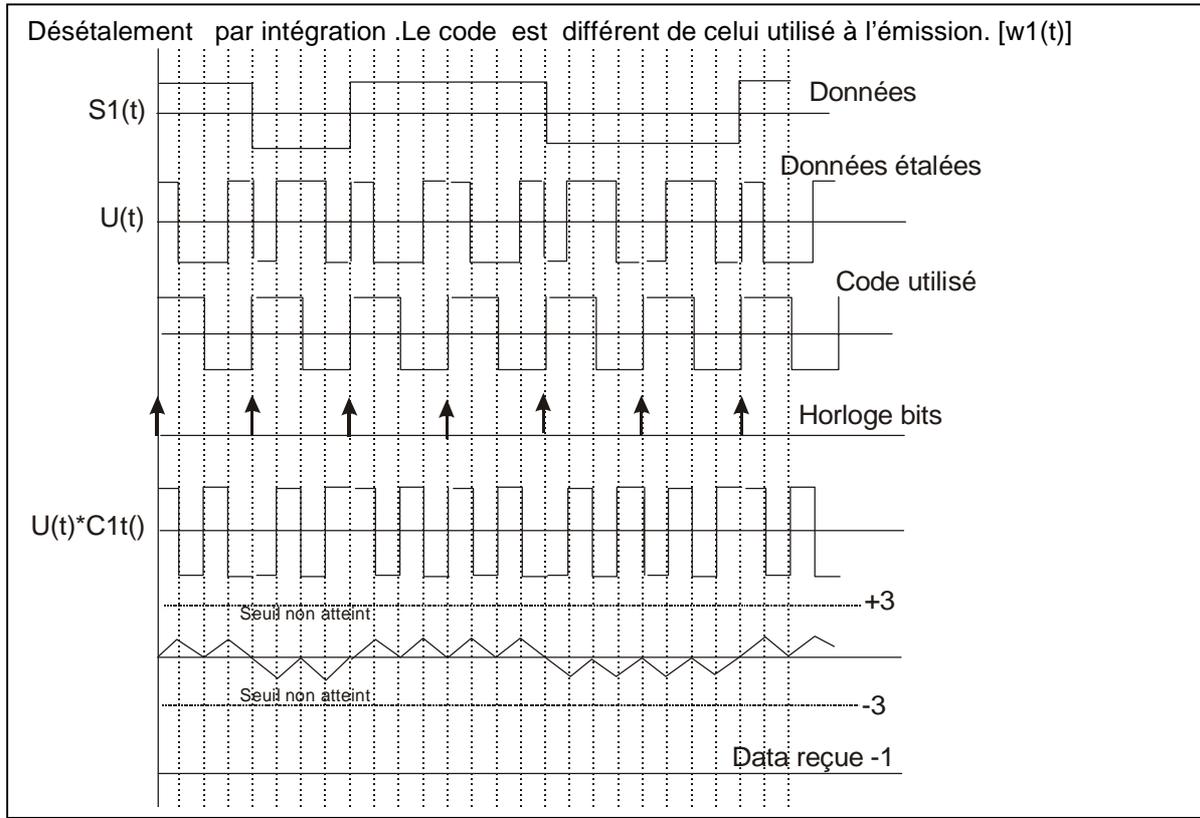
Le signal u(t) reçu est multiplié par la séquence code et le résultat appliqué à un intégrateur remis à zéro à la fin de chaque période bit. On notera que le signal identifié est retardé d'une



période bit puisque le résultat de l'intégration n'est disponible qu'à la fin de la période bit.



Si le code utilisé est différent de celui qui a servi au codage le seuil n'est pas atteint et le comparateur de sortie ne délivre que des zéros, c'est le cas de la figure ci dessous .



Dans le cas ou plusieurs messages étalés avec des codes différents sont superposés, le problème est beaucoup plus complexe et ne sera pas exposé ici .

La technique d'étalement de spectre est utilisée par le système de téléphone mobile en fonction aux USA et sera exploité dans le futur UMTS , téléphone de 3eme génération dont on parle beaucoup en ce moment .