

## PROJET TUTEURE 2001 - 2002

***Réalisation d'une maquette pédagogique illustrant le transport par WCDMA***

# Licence Professionnelle Réseaux et Télécommunications

**Emmanuel MANISCALCO/ Patrice ANTONELLI**

[emaniscalco@free.fr](mailto:emaniscalco@free.fr) / [antoyoda@caramail.com](mailto:antoyoda@caramail.com)

## PLAN DU RAPPORT

### PLAN DU RAPPORT

#### 1 LES PRINCIPALES MODULATIONS NUMERIQUES

##### 1.1 Introduction

##### 1.2 Modulation par Déplacement d'Amplitude (MDA)

###### 1.2.1 Modulation par tout ou rien :

##### 1.3 Modulation par Déplacement de Phase (MDP)

###### 1.3.1 La modulation "MDP-2"

## **1.4 Modulation par Déplacement de Fréquences (MDF)**

### **1.4.1 MDF binaire à phase discontinue**

## **2 LES TECHNIQUES D'ACCÈS MULTIPLES**

### **2.1 Les différentes méthodes existantes**

### **2.2 L'accès multiple à répartition de codes**

#### **2.2.1 Le saut de fréquence FH – CDMA :**

#### **2.2.2 La séquence directe DS-CDMA :**

## **3 LA PRÉSENTATION DE NOTRE PROJET**

### **3.1 Le cadre :**

### **3.2 Problématique :**

#### **3.2.1 L'étalement par corrélation :**

#### **3.2.2 Problème d'asynchronisme dans le cadre d'un système CDMA**

Il y a différentes approches dans la conception de la DLL aussi bien que différentes architectures. Tous doivent réaliser et maintenir l'alignement des générateurs de code de récepteur et du signal pilote reçu. Il y a trois manières pratiques afin de synchroniser les phases de deux signaux:

### **3.3 La partie conception de l'émetteur**

#### **3.3.1 Synoptique de l'émetteur :**

## **GLOSSAIRE**

## **BIBLIOGRAPHIE**

# 1 LES PRINCIPALES MODULATIONS NUMÉRIQUES

## 1.1 Introduction

La modulation a pour objectif d'adapter le signal à émettre au canal de transmission.

Cette opération consiste à modifier un ou plusieurs paramètres d'une onde porteuse,  $S(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$  centrée sur la bande de fréquence du canal.

Les paramètres modifiables sont : l'amplitude, la fréquence, la phase

Dans les procédés de modulation binaire, l'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui ne prends que deux valeurs possibles. Dans les procédés de modulation M-aire, l'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui prends M valeurs. Ceci permet d'associer à un état de modulation un mot de n digits binaires. Le nombre d'états est donc  $M = 2^n$ . Ces n digits proviennent du découpage en paquets de n digits du train binaire issu du codeur.

Les types de modulation les plus fréquemment rencontrés sont les suivants :

- Modulation par Déplacement d'Amplitude MDA.  
(*Amplitude Shift Keying ASK*).

- Modulation par Déplacement de Phase MDP.  
(*Phase Shift Keying PSK*).

- Modulation par Déplacement de Fréquence MDF.  
(*Frequency Shift Keying FSK*).

Définitions et appellations :

Un *symbole* est un élément d'un alphabet. Si M est la taille de l'alphabet, le symbole est alors dit M-aire. Lorsque M=2, le symbole est dit binaire. En groupant, sous forme d'un bloc, n symboles binaires indépendants, on obtient un alphabet de  $M = 2^n$  symboles M-aires.

La *rapidité de modulation* R se définit comme étant le nombre de changements d'états par seconde d'un ou de plusieurs paramètres modifiés simultanément. Un changement de phase du signal porteur, une excursion de fréquence ou une variation d'amplitude sont par définition des changements d'états.

La *rapidité de modulation*  $R = 1/T$  s'exprime en bauds.

Le *débit binaire* D se définit comme étant le nombre de bits transmis par seconde. Il sera égal ou supérieur a la rapidité de modulation selon qu'un changement d'état représentera un bit ou un groupement de bits.

Le *débit binaire*  $D = 1/T$  s'exprime en bits par seconde.

Pour un alphabet M-aire, on a la relation fondamentale :  $T = nT_b$  soit  $D = nR$ . Il y a égalité entre débit de source et rapidité de modulation uniquement dans le cas d'une source binaire (alphabet binaire).

La qualité d'une liaison est liée au *taux d'erreur par bit* :

$$T.E.B = \frac{\text{Nombre de bits Faux}}{\text{Nombre de bits Transmis}}$$

## 1.2 Modulation par Déplacement d'Amplitude (MDA)

Les Modulations par Déplacement d'amplitude (MDA) sont aussi souvent appelées par leur abréviation anglaise : ASK pour "Amplitude Shift Keying".

Dans ce cas, la modulation ne s'effectue que sur la porteuse en phase  $\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ .  
Il n'y a pas de porteuse en quadrature. Cette modulation est parfois dite mono dimensionnelle.

$$m(t) = \sum_k a_k g(t - kT) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Le signal modulé s'écrit alors :

La forme de l'onde  $g(t)$  est rectangulaire, de durée  $T$  et d'amplitude égale à 1 si  $t$  appartient à l'intervalle  $[0, T[$  et égale à 0 ailleurs.

Rappelons que le symbole  $a_k$  prend sa valeur dans l'alphabet (A1, A2,... AM). Autrement dit, cet alphabet met en évidence les  $n M 2 =$  amplitudes possibles du signal, la valeur  $n$  désignant les groupement de  $n$  bits ou symboles à émettre. Les changements d'amplitude de la porteuse se produiront au rythme  $R$  de la transmission des symboles.

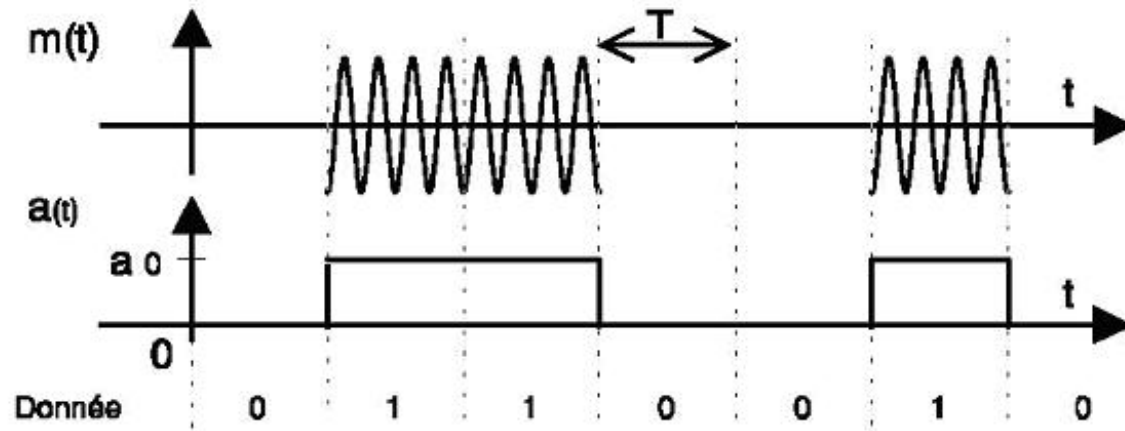
### 1.2.1 Modulation par tout ou rien :

Un exemple de modulation d'amplitude est la modulation (binaire) par tout ou rien encore appelée par son abréviation anglaise : OOK pour "On Off Keying".

Dans ce cas, un seul bit est transmis par période  $T$ , et par conséquent  $n=1$  et  $M=2$ .

Le symbole  $k$  prend sa valeur dans l'alphabet (0, a0). On observe donc sur un chronogramme

des extinctions de porteuse quand  $a_k = 0$ .



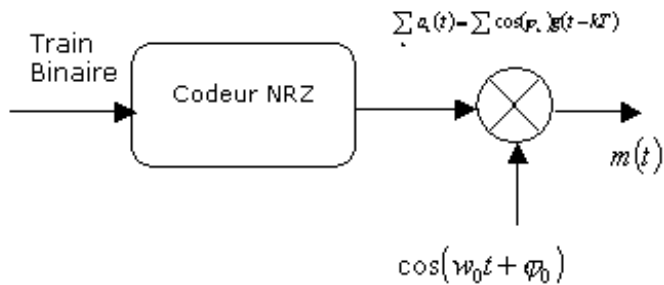
Modulation d'amplitude par tout ou rien (OOK)



Constellation de la modulation d'amplitude par tout ou rien (OOK)

**1.3 Modulation par Déplacement de Phase (MDP)**

1.3.1 La modulation "MDP-2"

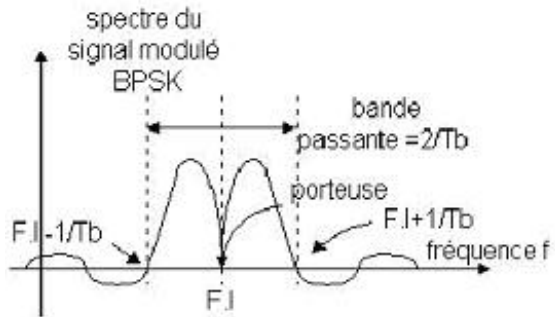


Un exemple de modulation MDP-M est la modulation MDP-2 encore appelée par son abréviation anglaise : BPSK pour "Binary Phase shift Keying".

C'est une modulation binaire (un seul bit est transmis par période  $T$ ) :

$n=1, M=2$  et  $\varphi_k = 0$  ou  $\pi$

Schéma de principe modulateur BPSK



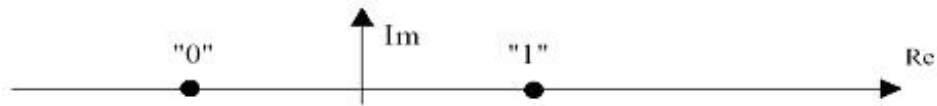
Spectre du signal modulé BPSK

Le symbole  $c_k = e^{j\varphi_k}$  prend donc sa valeur dans l'alphabet  $\{-1, 1\}$ .

Ici, la modulation ne s'effectue que sur la porteuse en phase  $\cos(w_0t + \varphi_0)$ , le signal modulé s'écrit alors pour  $t$  appartenant à

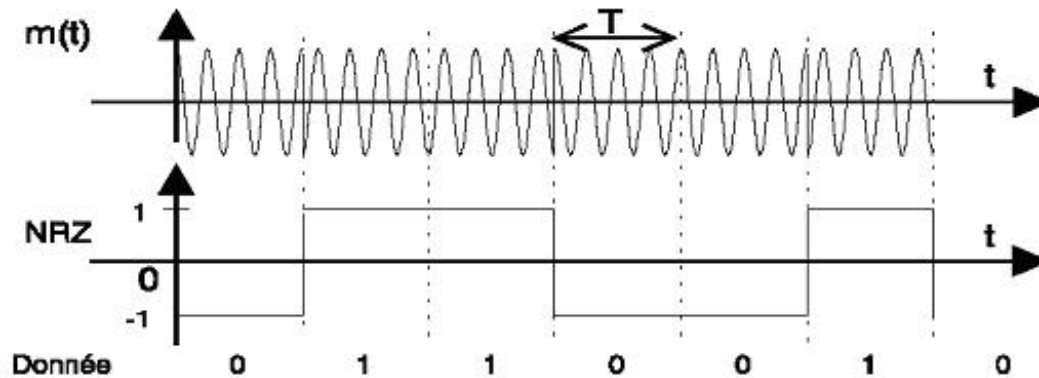
l'intervalle  $[0, T[$  :  $m(t) = \pm A \cos(w_0t + \varphi_0)$

**90% de l'énergie du signal est contenue dans le premier lobe. On limite donc généralement la largeur de canal à ce premier lobe.**



Constellation de la modulation de phase MDP-2

## ❖ Chronogramme de LA "MDP-2"



#### 1.4 Modulation par Déplacement de Fréquences (MDF)

Les Modulations par Déplacement de fréquence (MDF) sont aussi souvent appelées par leur abréviation anglaise : FSK pour "Frequency Shift Keying".

Le signal modulé  $m(t)$  peut s'écrire :  $m(t) = \text{Re} \left[ e^{j\phi(t)} \cdot e^{j(\omega_0 t + \varphi_0)} \right]$

Une propriété de la modulation par déplacement de fréquence est d'avoir une enveloppe constante :  $e^{j\phi(t)} = Cte$

L'expression du signal modulé par déplacement de fréquence s'écrit aussi plus simplement, et en prenant  $\varphi_0 = 0$  par :  $m(t) = \cos(\omega_0 t + \phi(t)) = \cos(2\pi f_0 t + \phi(t))$

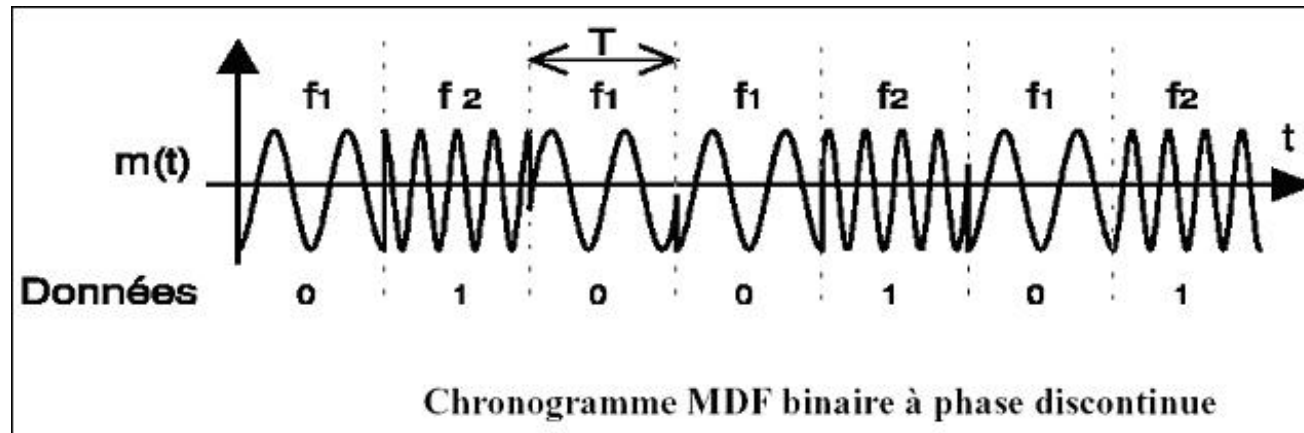
C'est la **dérivée** de la phase  $\phi(t)$  qui est reliée de façon simple (linéaire) à la valeur des symboles, le tout constituant une relation non linéaire.

##### 1.4.1 MDF binaire à phase discontinue

Dans le cas d'une MDF binaire,  $a_k$  prend sa valeur dans l'alphabet  $\{-1, 1\}$  en fonction de la donnée "0" ou "1" à transmettre. Un chronogramme est présenté figure 29 où l'on observera



les discontinuités de phase.



Dans un intervalle de temps donné  $[kT, (k+1)T]$ , la fréquence instantanée

$$f(t) = f_0 + \frac{\Delta f}{2} a_k$$

devient :  $f_1 = f_0 - \frac{\Delta f}{2}$  ou  $f_2 = f_0 + \frac{\Delta f}{2}$ .

La fréquence centrale s'écrit  $f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$  et l'excursion de fréquence est  $\Delta f = |f_1 - f_2|$

L'expression du signal modulé est:

$$m(t) = \cos\left(2\pi\left(f_0 \pm \frac{\Delta f}{2}\right)t\right)$$

## 2 LES TECHNIQUES D'ACCÈS MULTIPLES

### 2.1 Les différentes méthodes existantes

Le canal radio est fondamentalement un moyen de diffusion. C'est pourquoi un signal transmis par un utilisateur peut potentiellement être reçu par tous les autres utilisateurs situés dans la zone couverte par l'émetteur. Bien que cette possibilité soit très intéressante pour certaines applications, comme la radiodiffusion ou la télédiffusion, elle requiert un contrôle des accès rigoureux en communications mobiles.

L'objectif des communications mobiles est de fournir des canaux de communications à la demande entre un terminal mobile et une station de

base qui connecte l'utilisateur à l'infrastructure du réseau fixe. Les critères de conception de tels systèmes incluent la capacité, la complexité et la qualité de service. Tous ces critères sont influencés par la méthode utilisée pour fournir l'accès multiple. Quoiqu'il en soit, l'inverse est vrai : les méthodes d'accès doivent être choisies avec soin à la lumière de l'importance relative des critères de conception ainsi que des caractéristiques des systèmes.

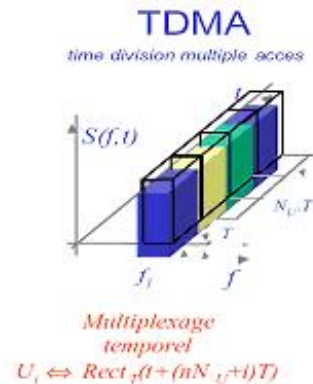
On distingue plusieurs types de systèmes de communication multi-utilisateurs. Un premier type est un système d'accès multiple avec lequel un grand nombre d'utilisateurs partagent un canal de communication commun pour transmettre l'information à un récepteur. Un deuxième type de communication mobile est un réseau de diffusion dans lequel un émetteur simple envoie de l'information à de multiples récepteurs.

Les techniques d'accès multiples en système de radio-mobile sont basées sur l'isolation des différents signaux utilisés lors de diverses connections. Le support des transmissions parallèles en liaison montante ou descendante est appelé **Accès Multiple**.

Les domaines couramment utilisés pour fournir les accès suivants :

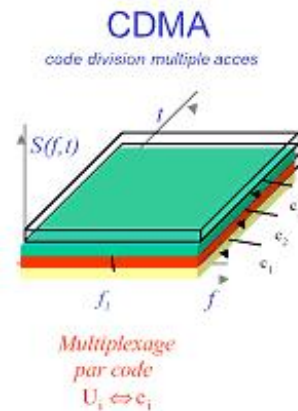
### **Domaine temporel :**

Des signaux peuvent être transmis sur des périodes temporelles ne se recouvrant pas. Les signaux occupent donc la même bande de fréquence, mais peuvent être aisément séparés par leurs instants d'arrivée. Cette méthode est appelée le TDMA (Time Division Multiple Access).



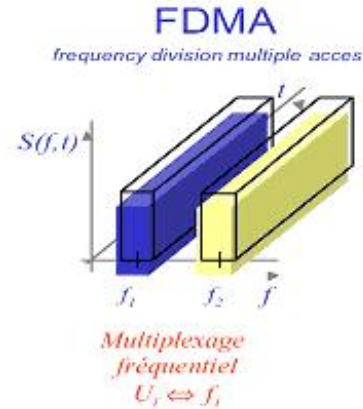
### **Domaine des codes :**

Dans la méthode CDMA (Code Division Multiple Access), les différents utilisateurs émettent des signaux très peu corrélés entre eux. Des corrélateurs peuvent être donc utilisés pour extraire les signaux individuels d'un mélange de signaux qui sont émis au même instant et sur la même bande de fréquence.



**Domaine fréquentiel :**

Des signaux occupant des bandes de fréquences ne se recouvrant pas, peuvent être aisément séparés. Des signaux peuvent donc être transmis sans interférer les uns avec les autres. Cette méthode est appelée le FDMA (Frequency Division Multiple Access)



La préférence que l'on a d'une méthode par rapport à une autre dépend largement des caractéristiques globales du système à concevoir. Aucune méthode d'accès multiple n'est universellement préférable aux autres.

L'avantage du CDMA est encore plus important si on considère un système multi cellule. Dans un système classique, il faut allouer différentes bandes de fréquence dans les cellules voisines. Supposons une

configuration à 7 cellules. La bande totale doit être 7 fois plus importante que dans le cas d'une seule cellule. En CDMA toutes les cellules utilisent la même bande fréquentielle.

La technique d'accès multiple que nous allons étudier par la suite est le **CDMA**.

## 2.2 L'accès multiple à répartition de codes

Le CDMA est une méthode d'accès multiple à un médium de communication par répartition de code : Plusieurs usagers ont alors accès à un canal commun et peuvent l'utiliser simultanément jusqu'à une certaine limite d'usagers actifs définie par la tolérance, la capacité, du système.

Le CDMA correspond à ***l'Accès Multiple à Répartition de Codes***.  
(Code Division Multiple Access)

C'est une technologie d'étalement du spectre qui est utilisée depuis longtemps par les militaires pour sa résistance à l'interférence et pour le niveau de sécurité qu'elle offre. C'est une technique qui consiste à redistribuer et étaler le signal sur une très grande largeur de bande, jusqu'à le rendre « invisible » idéalement, pour les autres utilisateurs de la même largeur de bande. Au récepteur, l'opération d'étalement exécutée au transmetteur est répétée pour dé-étaler le signal en bande de base (ou une fréquence intermédiaire) tandis que les autres signaux transmis (interférence) sont perçus par le récepteur comme étant du bruit.

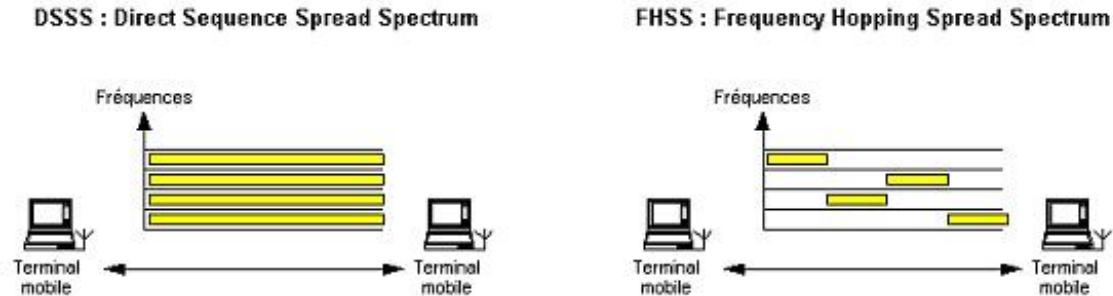
Les systèmes CDMA emploient des signaux Large Bande possédant de bonnes propriétés de corrélation, ce qui signifie que la sortie d'un filtre adapté au signal d'un utilisateur est petite si ce n'est pas le bon utilisateur. Ces systèmes sont souvent appelés « systèmes à spectre étalé » (Spread Spectrum Systems).

Il existe deux façons de faire de l'étalement spectral :

- FH / CDMA (Frequency Hopping)

- DS / CDMA (Direct Sequencing)

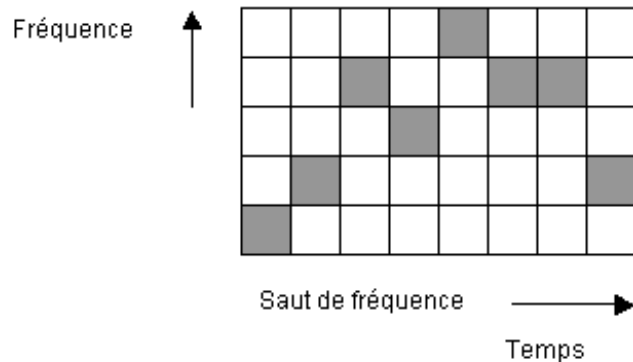
Nous développerons les deux premières techniques, car ceux sont les plus utilisées  
Et nous nous attarderons sur la DS-SS qui sera utilisée pour notre étude.



### 2.2.1 Le saut de fréquence FH – CDMA :

Dans **le protocole CDMA par saut de fréquence**, la fréquence porteuse du signal d'information modulé n'est pas constante et change périodiquement. Pendant des intervalles de temps  $T$ , la porteuse reste la même, mais après chaque intervalle de temps, la porteuse saute vers une autre (ou éventuellement la même). Le schéma de sauts est régi par le code.

L'occupation fréquentielle d'un système à étalement de spectre par saut de fréquence diffère considérablement d'un système d'étalement de spectre par séquence directe. Un système DS occupe la totalité de la bande lors de la transmission, alors qu'un système FH n'en utilise qu'une petite partie, mais la localisation de cette partie diffère lors de la transmission.



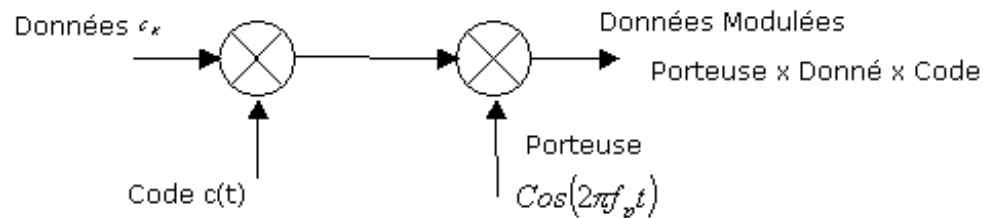
*Figure 1 : Occupation temps / fréquence du signal FH.*

### 2.2.2 La séquence directe DS-CDMA :

Dans ***l'étalement de spectre par séquence directe***, une séquence d'étalement pseudo aléatoire haut débit module le signal transmis de telle façon que le signal résultant ait la même largeur de bande que le débit de la séquence d'étalement. Les inter corrélations des signaux sont donc largement déterminées par les inter corrélations des séquences d'étalement elles-mêmes. Les signaux CDMA sont clairement superposés en temps et en fréquence, mais ils sont séparables par les formes de leur séquence d'étalement.

Une conséquence immédiate de ces observations est que les systèmes CDMA ne nécessitent pas de synchronisation aussi fine entre les utilisateurs que le TDMA. De la même façon, ils ne nécessitent pas de plan de fréquence puisque les fréquences sont toutes réutilisées dans les zones couvertes.

Dans le protocole **DS-CDMA**, le signal de données est directement modulé par un signal de code numérique comme on l'entend dans le cas général est omise et le signal de données est directement multiplié par le code et le signal résultant module la porteuse large bande. C'est de cette multiplication que le CDMA par séquence directe tient son nom.



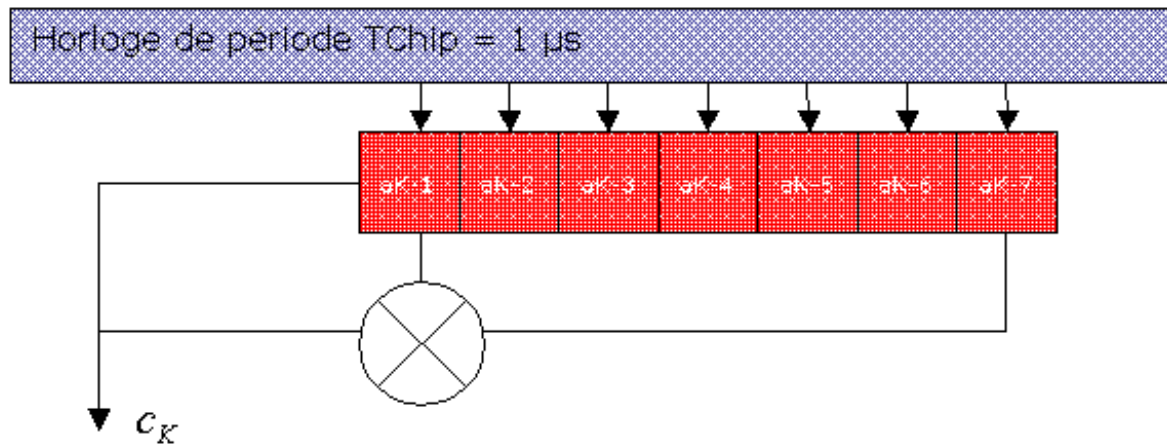
*Figure 2 : Diagramme d'un émetteur DS-CDMA*

### **2.2.2.1 Génération de la source pseudo aléatoire (GPA) qui fournit le code Chip :**

Un générateur pseudo-aléatoire produit une suite de longueur connue, de zéros et de uns logiques. Il est dit aléatoire car cette suite est arbitraire. Cependant, lorsque la suite arrive à son terme, le générateur ne s'arrête pas de fonctionner. La séquence déjà transmise est à nouveau reproduite. D'où le qualificatif de pseudo-aléatoire.

**Exemple:** 1 1 1 0 0 1 0   1 1 1 0 0 1 0   1 1 1 0 0 1 0   1 1 1 0 0 1 0   1 1 1 0 0 1 0   .....

Notre source sera une suite binaire synchrone nommée  $\alpha^x$  obtenues par registres à décalage bouclés selon la structure classique. Le nombre d'étage N du registre est fixé par connexions la plus décalé a droite ( pour le 74HCT164 – A0 + A7), les décalages se font a droite au rythme d'une horloge de période T ou Tbit. Nous avons choisit la combinaison qui entraîne le déroulement de la séquence de longueur maximum presentant toutes les combinaisons possibles écrite avec Nbits.



Le générateur de symboles binaires pseudo aléatoire dit GPA.

Il fournit les valeurs binaires  $c_x$  au débit de  $\frac{1}{T_{Chip}}$   
(voir annexe Liaisons des générateur de Hamming)





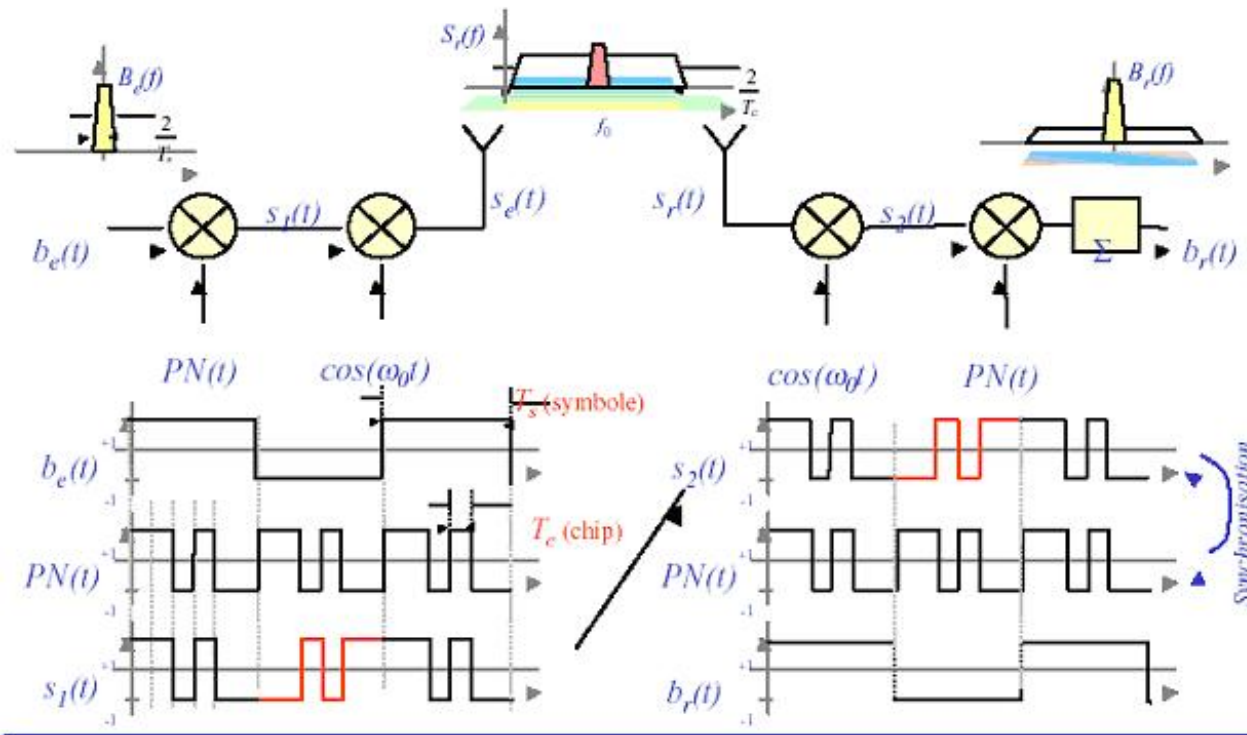


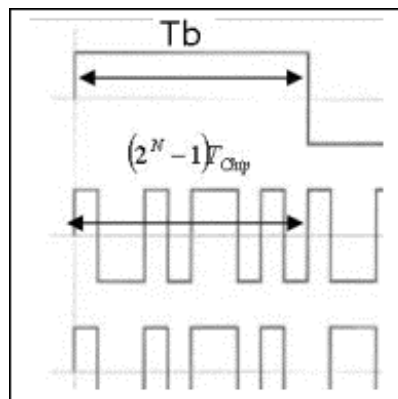
Figure 4 : Chronogramme Emetteur/Récepteur DS-CDMA

Le signal de données binaire module une porteuse. La porteuse modulée est alors modulée par le code. Ce code consiste en un nombre de bits ou « chips » pouvant prendre les valeurs +1 ou -1.

Pour obtenir l'étalement désiré du signal, le débit « chip » du signal de code doit être plus grand que celui du signal d'information.

$$\frac{1}{T_b} = \frac{1}{(2^N - 1)} \cdot \frac{1}{T_{chip}} \quad \text{dans notre étude } N=7, \text{ d'où}$$

$T_b = 7648 \text{ bit/s}$ , objectif fixé au départ pour transmettre de la voie.



*Figure 4 :  
Génération  
d'un signal  
étaillé*

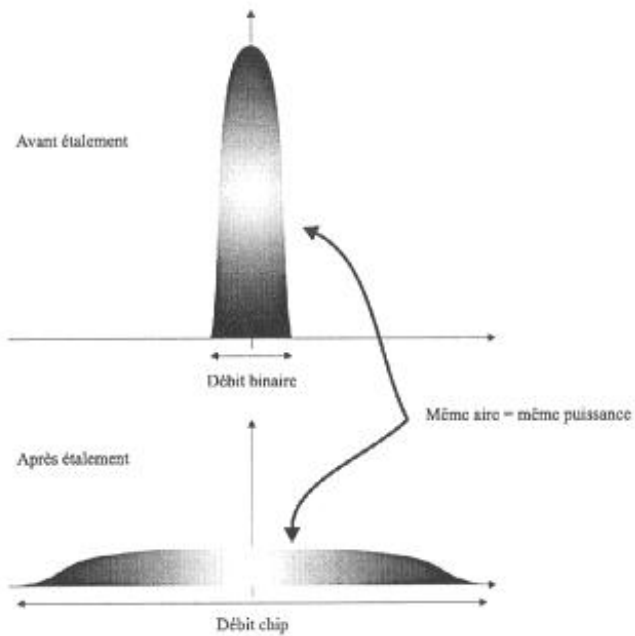
Dans les systèmes de communications mobiles à N utilisateurs, l'ensemble des signaux de chaque utilisateur est sommé soit dans le canal soit dans la station de base. Le signal obtenu est un signal étaillé de même bande que chacun des signaux.

Après émission du signal, le récepteur utilise une démodulation cohérente pour dé-étailler le signal, en utilisant une séquence de code générée localement.

Pour être capable d'effectuer l'opération de dé-étalement, le récepteur ne doit pas seulement connaître la séquence de code utilisée pour étailler le signal, mais il est nécessaire que le code du signal reçu et le code généré au récepteur soient parfaitement synchronisés. Cette synchronisation doit être accomplie au début de la réception et maintenue jusqu'à ce que l'ensemble du signal soit reçu.

Voyons ensuite l'effet de l'étalement sur la densité spectrale de puissance du signal :

Après multiplication du signal d'information par la séquence d'étalement, le code, un signal à spectre étaillé est généré. L'étalement ne change pas la puissance du signal, mais la densité spectrale de puissance est réduite.



*Figure 5 : Densité spectrale de puissance MDP-2 avant et après étalement*

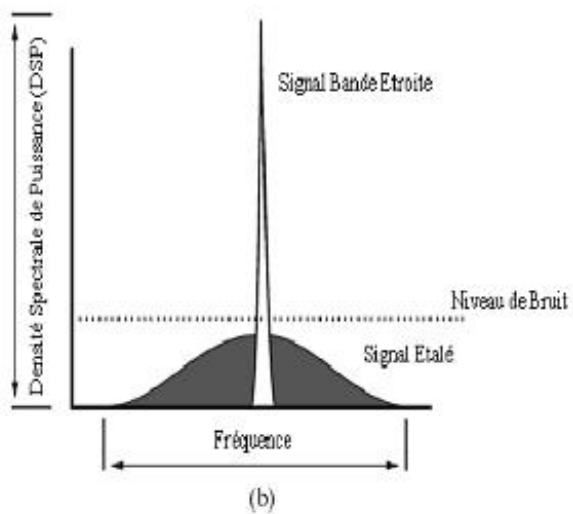


Figure 4 : Comparaison de signaux classique et à spectre étalé

L'étalement de spectre consiste à répartir l'énergie radioélectrique émise sur une bande de fréquence plus large que celle réellement nécessaire à la transmission du signal utile. Ce dernier apparaît alors comme un bruit avec une densité spectrale constante sur l'intégralité de la bande occupée, comme le montre la figure 4.

-  
-  
-

Pour un système de communication à  $N$  utilisateurs, chaque utilisateur recevra un code différent. Deux codes de deux utilisateurs différents devront être décorrélés et chaque code de chaque utilisateur devra être normalisé.

Dans le cas d'un *système CDMA classique*, nous effectuons lors de la démodulation la corrélation du signal reçu, représentant les signaux de tous les utilisateurs, avec le code de l'utilisateur concerné.

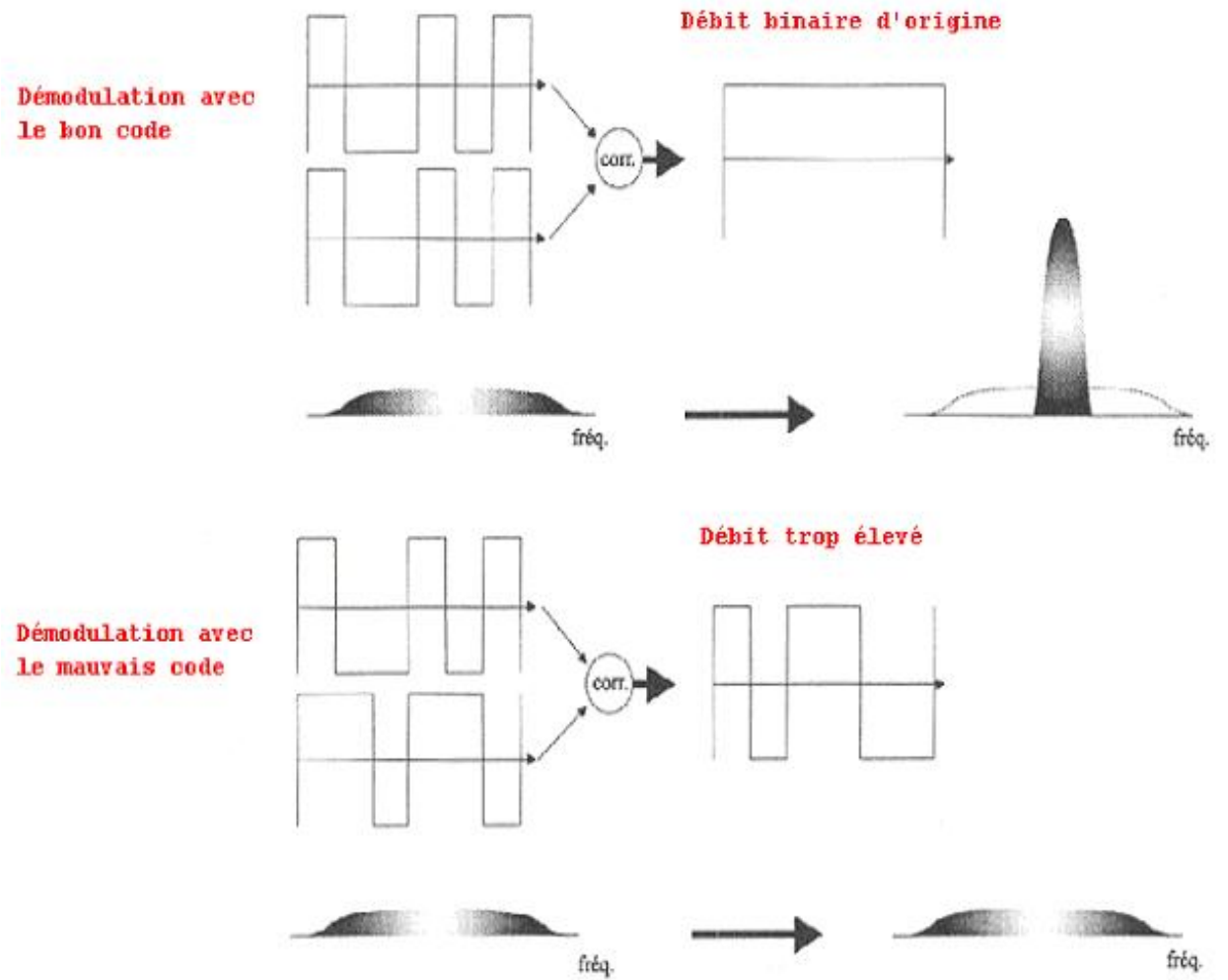
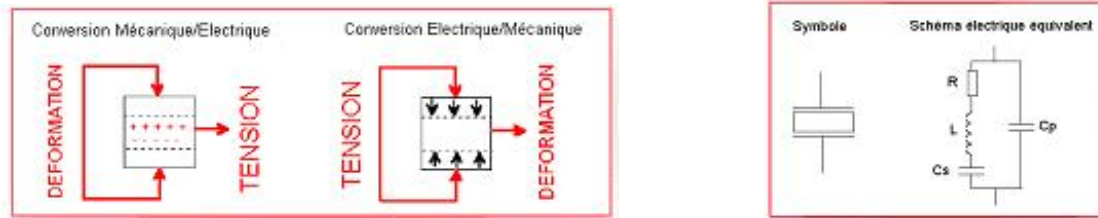


Figure 6 : Démodulation en fonction du code utilisé, dans le cas d'un système CDMA classique.

### 2.2.2.2 Génération des Horloges à 1MHz et 10.7MHz.

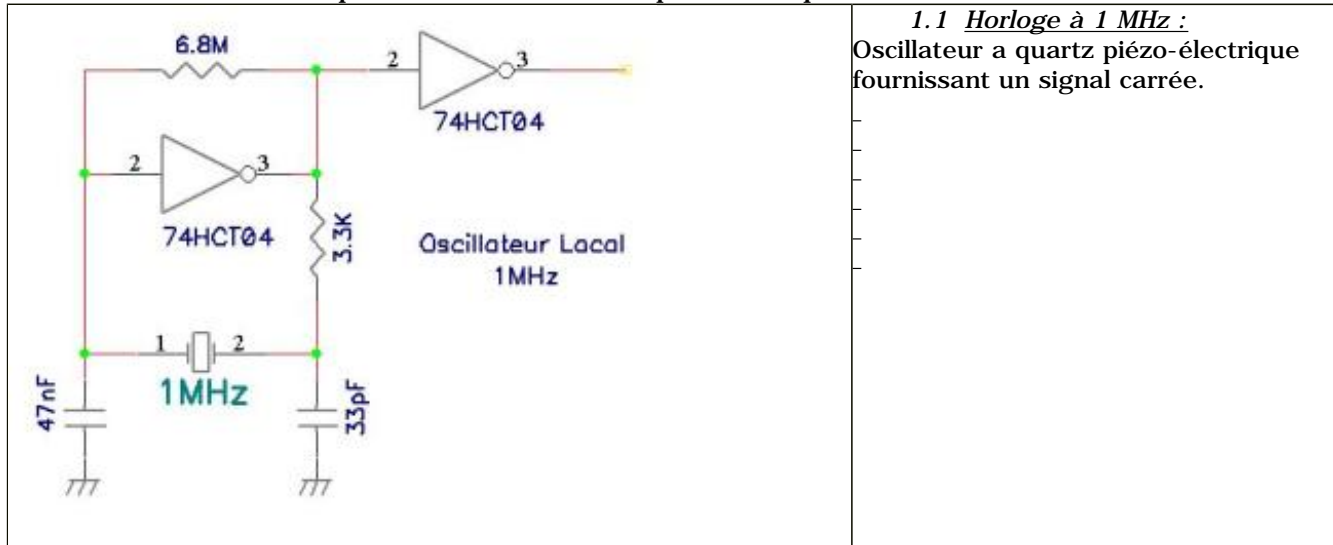
#### 2.2.2.2.1 Technologie du composant piézo-électrique Quartz

Le quartz est un cristal de roche naturel de silice. Lorsqu'une lame de quartz subit une déformation, ses faces se couvrent de charges électriques de signes contraires. La différence de potentiel ainsi créée est d'autant plus élevée que la déformation est importante. Ce phénomène est appelé piézo-électricité. Il permet d'obtenir une conversion mécanique-électrique.



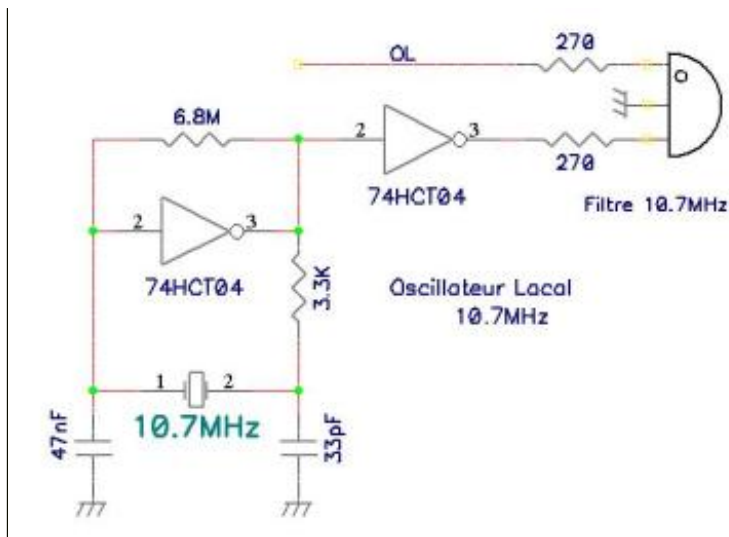
**Schéma équivalent d'un Quartz**

La piézo-électricité est un phénomène réversible. Lorsqu'une tension est appliquée entre les faces de la lame de quartz, elle produit une déformation du cristal. Lorsque la tension appliquée entre les deux faces de la lame de quartz est alternative, celle-ci vibre. Pour une certaine fréquence, l'amplitude de la vibration devient très importante, le cristal entre en résonance. La fréquence de résonance dépend des dimensions de la lame, plus celle-ci est mince plus la fréquence est élevée.



#### 1.1 Horloge à 1 MHz :

Oscillateur a quartz piézo-électrique fournissant un signal carrée.



### 1.2 Horloge à 10.7 MHz

Même montage, suivi d'un filtre sélectif passe bande de fréquence central  $f_0 = 10.7\text{MHz}$ . ceci afin de transformer notre signal carré, en un signal sinusoïdale.

## 3 LA PRÉSENTATION DE NOTRE PROJET

### 3.1 Le cadre :

Le sujet de notre projet est le suivant :

« Réalisation d'une maquette pédagogique illustrant le transport par WCDMA. La maquette devra illustrer les mécanismes exploités lors du partage multi utilisateurs d'un canal unique radiofréquence, par Wireless Code Division Multiple Access. Les caractéristiques seront compatibles avec l'instrumentation du Génie Electrique, dans le domaine des hautes fréquences ( $Z_c = 50\Omega$ ). Outre la maquette, deux documents seront produit : un descriptif technique en vue de production de six exemplaires, et d'un document pédagogique guidant les élèves dans la compréhension des mécanismes WCDMA. »

Le déroulement proposé est le suivant :

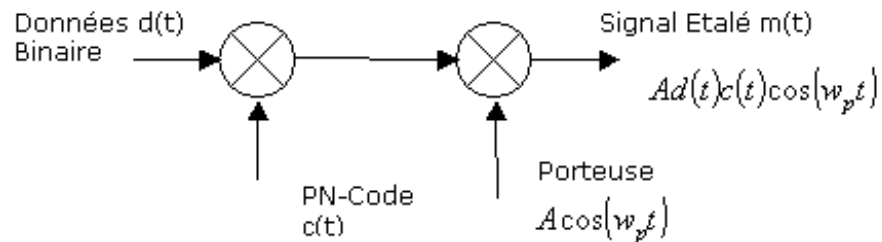
S08	Recherche, tri de documents, premières lectures et analyses.
S09	Mécanismes des GPA et M-Séquences, et de la DLL
S10	Architecture DLL, choix des composants, alimentation etc.
S11	Expérimentation, validation du synchronisme pour divers codes, intercorrelation, récupération Tchips, etc.
S12	Approche de l'architecture de la DS-SS : la source, le canal, le récepteur
S13	Recherche et achat de composants réalistes compatibles 50Ω
S14	Réalisation du module débrossage de la porteuse et de récupération de Tchips
S15	
S16	Architecture de l'injection de données $T_b = N$ Tchips et de la récupération des données.
S17	La démodulation par boucle de Costas ou multiplication ?

S18	Construction, validation
S19	
S20	
S21	
S22	

## 3.2 Problématique :

### 3.2.1 L'étalement par corrélation :

L'étalement de spectre par corrélation se fait en multipliant le signal à étaler avec le PN-Code. Notons ici que l'on utilise la même technique pour moduler la donnée et pour l'étalement (sauts de phases). Il est possible de faire des systèmes hybrides utilisant des techniques différentes (saut de fréquences pour moduler la donnée et saut de phases pour l'étalement, par exemple). Mais ces systèmes sont peu utilisés car ils augmentent la complexité sans accroître les performances.





Dans le cas où la même technique est utilisée pour réaliser les deux fonctions (étalement et modulation), il est alors possible d'étaler le signal une fois modulée (a) ou bien d'étaler l'information puis de la moduler (b). Dans les deux cas, le résultat est le même.

Supposons que  $c(t)$  est une séquence NRZ prenant ses valeurs dans l'alphabet  $\{-1, +1\}$ .

et que  $sd(t)$  est un signal DBPSK comme suit :  $p(t) = a(t) \cos[\omega_0 t + \theta(t)]$

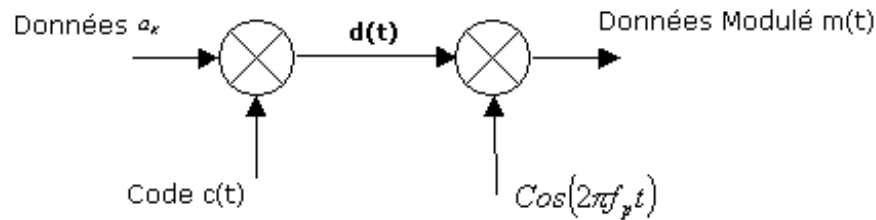
où  $\omega_0$  représente la pulsation de la fréquence porteuse,

$a(t)$  est l'enveloppe constante d'une porteuse de puissance  $P$  et  $\theta(t)$  la phase de modulation faisant des sauts de  $180^\circ$  codant l'information transmise en différentiel ( $d(t)$ ), il apparaît alors que le signal peut aussi être exprimé de la manière suivante :  $p(t) = A \cos(\omega_p t)$

$$m(t) = A d(t) c(t) \cos(\omega_p t)$$

Une fois étalé, le signal à transmettre est noté :

### 3.2.2 Problème d'asynchronisme dans le cadre d'un système CDMA



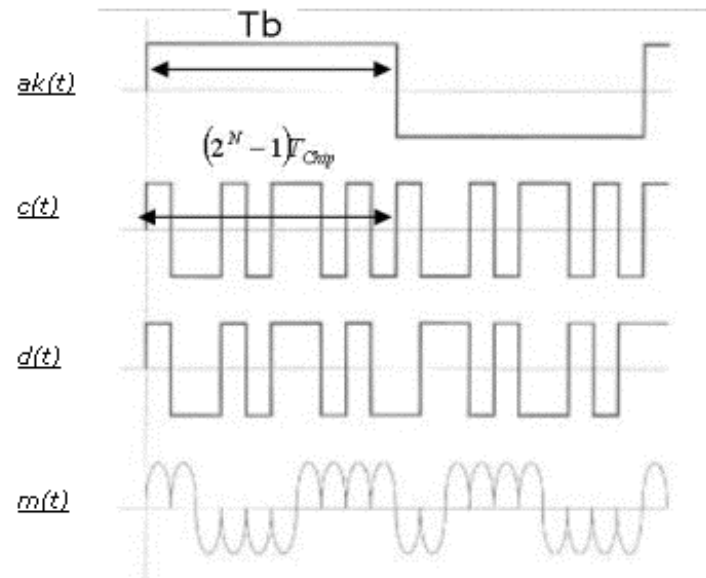
*Figure 8 : Modélisation de l'émetteur d'un système CDMA classique*

Le signal binaire d'information  $a_k$  (données) est additionné avec une séquence binaire pseudo-aléatoire ou code d'étalement  $c(t)$ . Le débit binaire du code d'étalement est très supérieur au débit binaire des données elles-mêmes, ce qui provoque le phénomène d'étalement de spectre. Le signal binaire résultant  $a(t)$  module ensuite une porteuse, par exemple MDP-2.

Cette technique est classiquement désignée sous l'appellation d'étalement de spectre par séquence directe (DS-SS : Direct Séquence Spread Spectrum).

L'opérateur OU exclusif est d'ailleurs équivalent à un produit ordinaire (en logique positive).

-



-

Lors de son passage dans le canal, le terme de signal utile émis se trouve atténué et affecté d'un retard  $T_d$ . En réception, on supprime le code d'étalement, en effectuant le produit du signal reçu avec une version locale  $c(t - T_d)$  du code d'étalement.

On obtient le signal : 
$$p(t) = A_0' \cdot c(t - T_d) \cdot c(t - T_d) \cdot d(t - T_d) \cdot \cos(\omega_0(t - T_d))$$

Ce dernier est identique au code émis à un décalage temporel près. Nous ne récupérons bien que le signal d'entrée que si le code local est exactement synchrone avec le code d'émission ( $T_d = T_d$ ).

On peut alors écrire :  $c(t - T_d) \cdot c(t - T_d) = 1$

Par conséquent, on a :  $p(t) = A_0 \cdot d(t - T_d) \cdot \cos(\omega_0(t - T_d)) = \text{signal initial}$

### **3.2.2.1 Architecture d'une DLL Delay Locked Loop.**

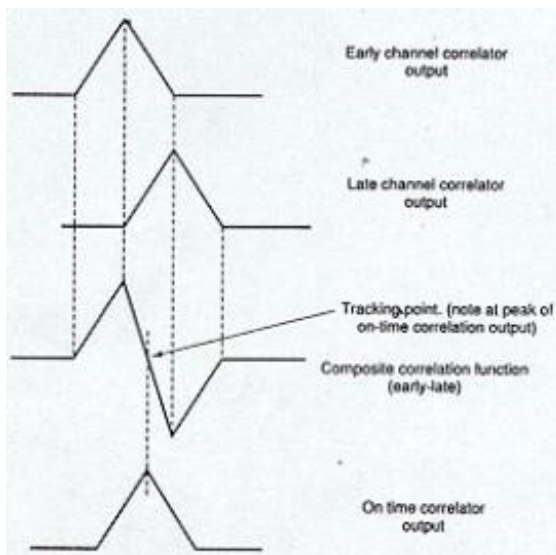
Il y a différentes approches dans la conception de la DLL aussi bien que différentes architectures. Tous doivent réaliser et maintenir l'alignement des générateurs de code de récepteur et du signal pilote reçu. Il y a trois manières pratiques afin de synchroniser les phases de deux signaux:

1. Changer la fréquence de l'horloge de référence dans le récepteur. comme la boucle conventionnelle de verrouillage de phase.
2. Changer la phase de la référence. Dans un cas d'un récepteur de CDMA elle signifie ajuster les transitions d'horloge de morceau à la subsistance alignée avec le pilote reçu.
3. Changer la phase du signal reçu. Ceci peut être réalisé en prélevant l'entrée à un taux plus élevé (horloge de morceau de 8 ou 16 x).

Une part du travail a porté sur les modules dédiés à la corrélation et à l'organe de synchronisation, en particulier l'organe DLL (Delay Lock Loop) qui permet la génération du code (local) et sa synchronisation avec le signal reçu. Son principe repose sur la corrélation des codes entre eux. Si le signal reçu est modulé avec un code différent du code local (corrélation faible) alors la DLL ne fournit pas le code local et l'information ne peut être démodulée. Dans le cas contraire, l'information est démodulée.

Après l'acquisition initiale, le récepteur de spectre de diffusion doit maintenir la synchronisation en dépistant des changements de l'horloge de code du PN de l'émetteur. Les circuits exigés sont connus pendant une boucle de cheminement, car elle dépiste les variations de fréquence de base du code de l'émetteur. Sans boucle de cheminement une synchronisation sera perdue comme émetteur et les horloges de code du récepteur PN tendront à dériver à part.

Chaque code de PN est employé dans des corrélateurs séparés (avance et retard). Le résultat de la corrélation entre un signal direct entrant et le code du récepteur PN est les morceaux triangulaires d'une fonction. La synchronisation des deux signaux corrélés (chacun avec une forme d'onde triangulaire de corrélation) sont produits avec leurs crêtes de corrélation séparées par retard entre les codes tôt et en retard du récepteur PN.



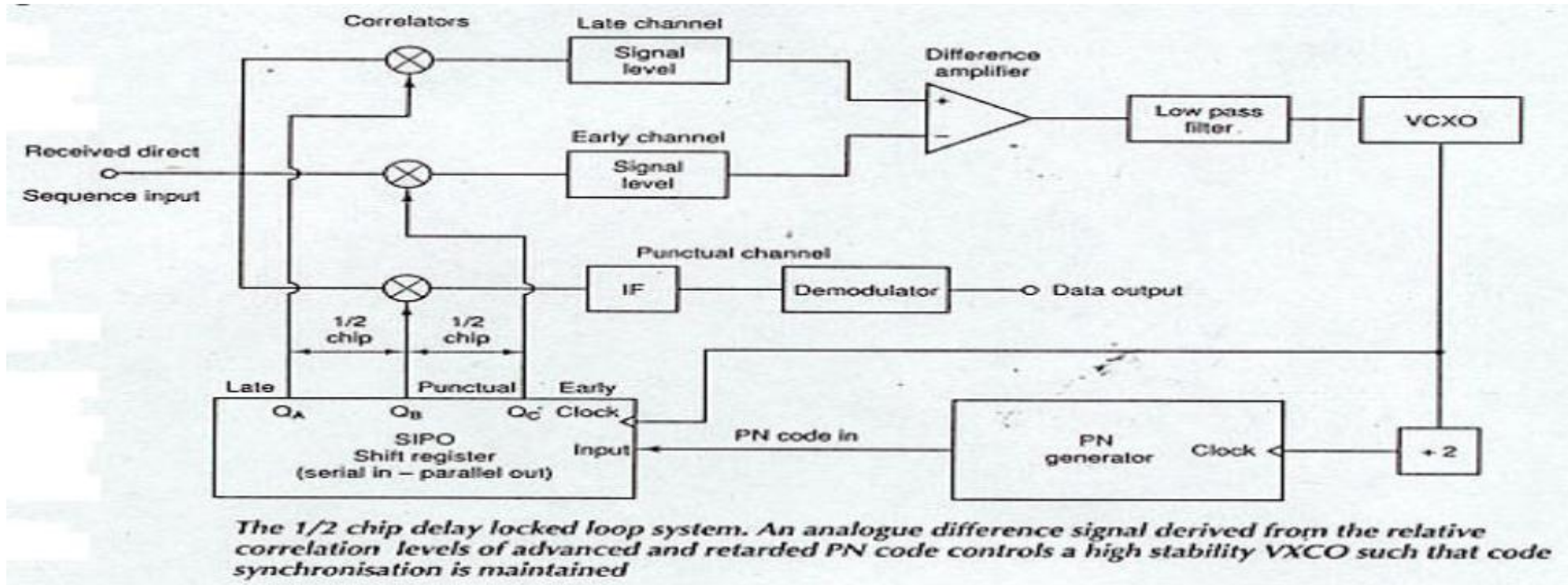
Si les deux signaux de corrélation sont additionnés dans un amplificateur de différence et filtrés, alors une fonction de corrélation composée est produite. Cette fonction de corrélation composée a une région linéaire entre ses valeurs maximum et minimum.

Si cette fonction de corrélation composée est employée pour commander la fréquence de base du code du récepteur (par exemple en conduisant un oscillateur commandé de tension) et le récepteur dépistera

l'horloge du code de l'émetteur à un point à mi-chemin entre les valeurs maximum et minimum de la fonction de corrélation composée.

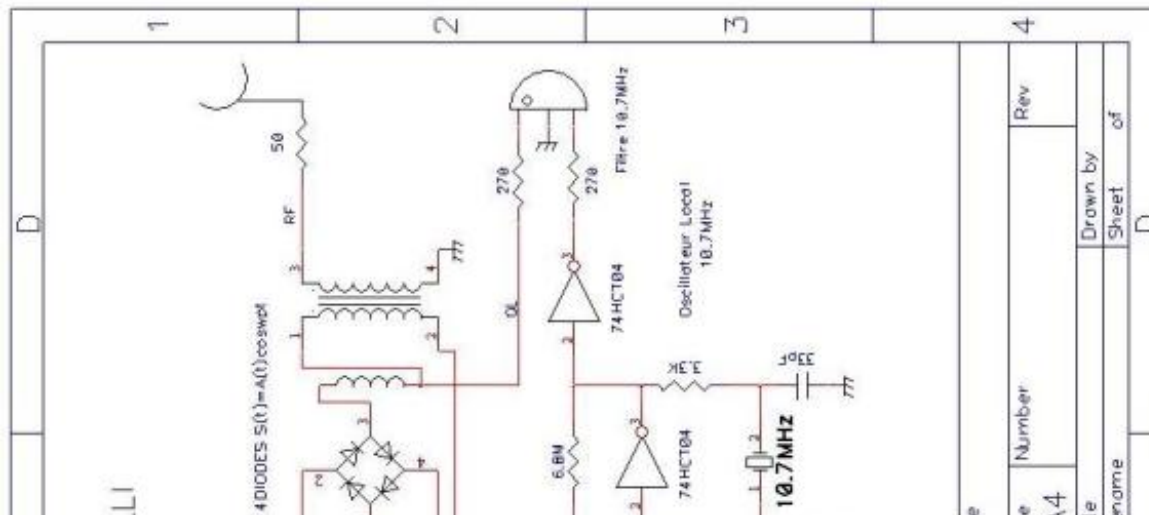
Une solution optimale est d'avoir un troisième canal de corrélateur d'ordre de la période active PN (ponctuel) pour le rétablissement de signal, avec des corrélateurs avance et retard, fournissant simplement le cheminement pour garder le canal de période active au milieu de la fenêtre de corrélation.

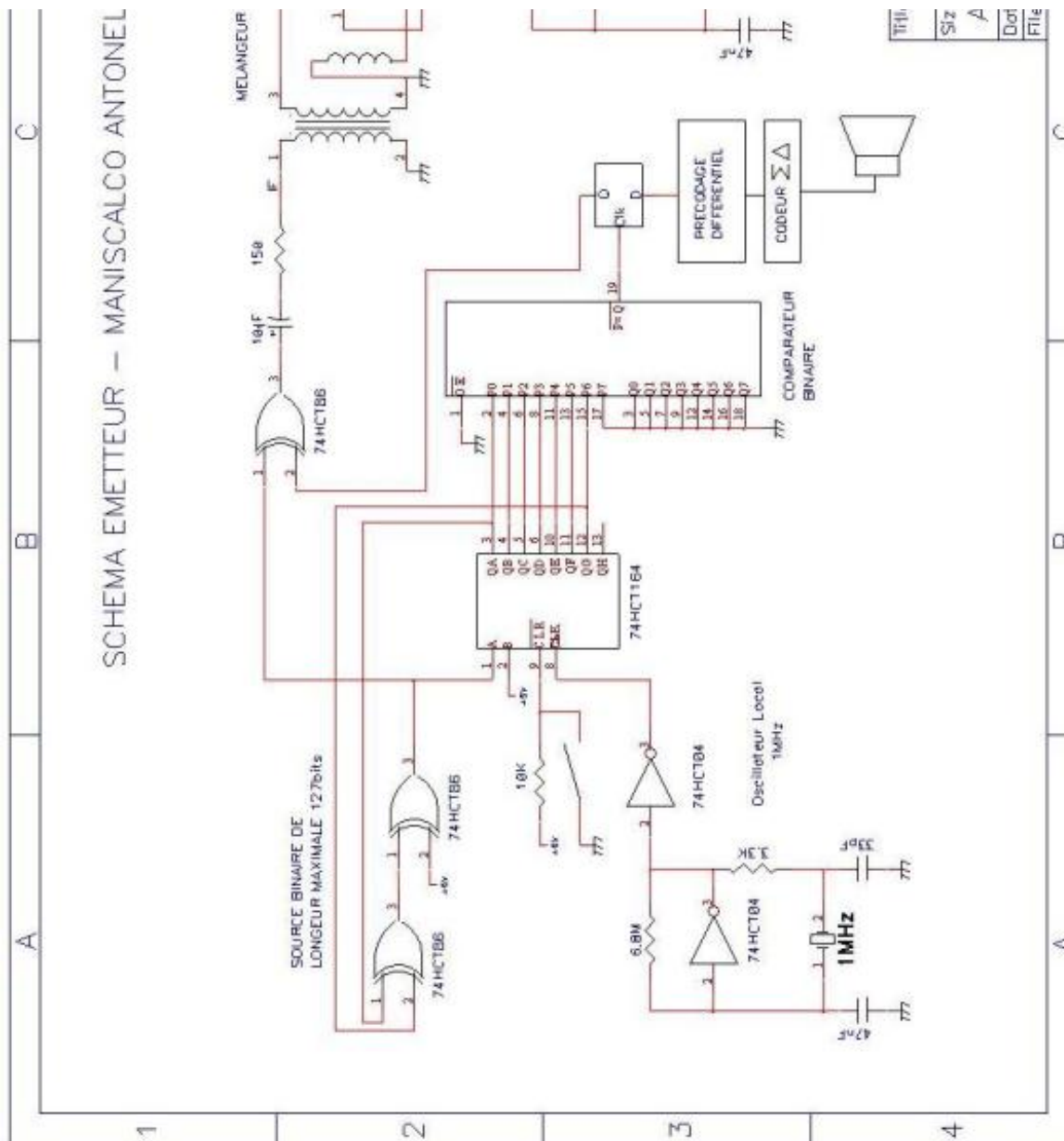
Une telle approche fournit un signal de sortie de façon optimale corrélé pour la démodulation suivante de données :



### 3.3 La partie conception de l'émetteur

#### 3.3.1 Synoptique de l'émetteur :





## GLOSSAIRE

Voilà un petit glossaire qui contient quelques brèves explications sur des termes rencontrés lors de notre étude.

- CDMA :** Code Division Multiple Access  
En français : Accès Multiple à Répartition de Codes (AMRC)
- FDMA :** Frequency Division Multiple Access  
En français : Accès Multiple à Répartition de Fréquence (AMRF)
- TDMA :** Time Division Multiple Access  
En français : Accès Multiple à Répartition Temporelle (AMRT)
- W-CDMA :** Wideband CDMA

## BIBLIOGRAPHIE

Ecole Nationale Supérieure  
d'Electronique, Informatique  
et Radiocommunications de Bordeaux

<http://www.enseirb.fr/>

Ecole polytechnique de  
l'Université de Nantes.

<http://www.ireste.fr/>

Pages dédiées à la formation dans les  
domaines de la physique appliquée  
des techniques de télécommunications du  
traitement analogique et numérique du  
signal

<http://www.ta-formation.com>

Les composants piézo-électriques

<http://www.ac-nancy-metz.fr/>

<http://www.ac-nancy-metz.fr/pres-etab/lycom/electro/Electro-cours/quartz.htm#4>