



Sommaire

1	Introduction	2
2	Mode d'exploitation.....	2
2.1	La transmission numérique.....	2
2.2	La transmission analogique	3
3	Le codage de l'information numérique.....	3
3.1	L'information à la base	3
3.2	Le code NRZ.....	4
3.3	Le code NRZI	4
3.4	Le code Manchester	4
3.5	Le code Manchester différentiel	5
3.6	Le code de Miller	5
4	Quelques définitions	5
4.1	La Bande Passante (W)	5
4.2	La valence d'une voie	6
4.3	Le moment élémentaire	6
4.4	La vitesse de modulation.....	6
4.5	Le débit binaire	6
4.6	Déformation du signal.....	7
4.7	Le temps de transmission	7
5	Le codage de l'information analogique	7
5.1	Les différentes modulations	7
5.1.1	Modulation et démodulation.....	7
5.1.2	La modulation de fréquence	8
5.1.3	La Modulation d'amplitude	8
5.1.4	La modulation par saut de phase.....	9
5.1.5	Les modulations mixtes	9
5.2	Le multiplexage	9
5.2.1	Le multiplexage fréquentiel.....	10
5.2.2	Le multiplexage temporel.....	10
6	La synchronisation de la communication.....	10
6.1	Transmission asynchrone	11
6.2	Transmission synchrone.....	11
7	Les technologies DSL.....	11



1 Introduction

La couche physique est la couche la plus basse du modèle OSI. Son rôle est de permettre la transmission des données et l'adaptation de cette transmission au support physique. L'objet de ce chapitre est d'étudier les principales techniques de transmission et de codage du signal sur les différents supports. Cette transmission de données a pour rôle de mettre en communication deux ou plusieurs systèmes à travers d'une part un support physique, et d'autre part des protocoles d'échange de données. Cette transmission

2 Mode d'exploitation

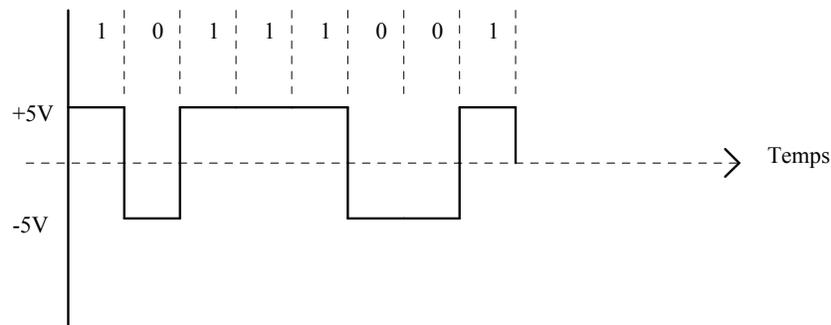
Une ligne de données peut être exploitée de différentes manières.

- Transmission simplex, réalisée entre deux équipements. La transmission ne se réalise que dans un sens et à l'initiative de l'émetteur.
- Transmission semi duplex, réalisée entre 2 équipements dans les deux sens, la transmission se faisant à l'alternat (non simultanément). Le premier élément qui émet est souvent le responsable de la communication ainsi que celui qui l'établit.
- Transmission full duplex réalisée dans les deux sens et en simultanément.

Cette transmission en fonction des supports peut se réaliser soit de façon numérique, soit de façon analogique.

2.1 La transmission numérique

Cette transmission, également appelée digitale (de l'anglais digit) correspond au codage de l'information sous forme d'une succession de 1 et de 0. Ces éléments sont transmis sous forme de signaux électriques dont la valeur est adaptée aux types de composants utilisés.



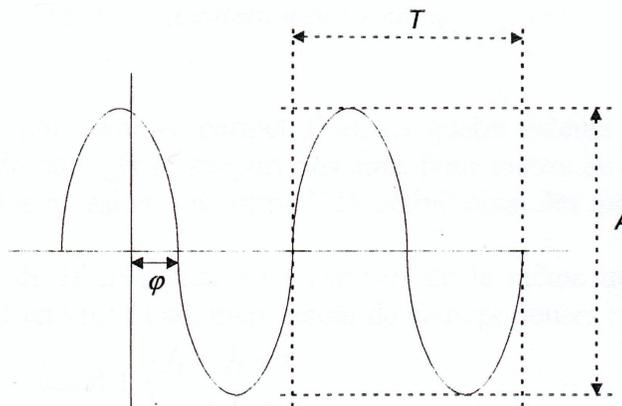


2.2 La transmission analogique

Le signal est représenté par une onde sinusoïdale appelée **ONDE PORTEUSE** de forme

$$s(t) = A \sin (\omega t + \phi)$$

- A est l'amplitude
- ω est la pulsation = $2\pi f$ (où f = fréquence du signal en Hz)
- ϕ est la phase (décalage par rapport à l'origine)
- t est le temps
-



Fréquence f = nombre de périodes T en 1 seconde.

La transmission de signaux analogiques est réalisée à l'aide d'appareils appelés des Modems.

3 Le codage de l'information numérique

Dans ce type de transmission, l'information est émise sous sa forme initiale (numérique), avec uniquement une amplification et éventuellement une codification. Ce type de transmission est également appelé transmission en bande de base. C'est celle qui est le plus utilisée pour des transmissions courtes (liaisons séries, Ethernet...).

3.1 L'information à la base

Au niveau des composants de transmission dans l'ordinateur, les informations binaires sont codées de façon basique :

Un signal à 1 est codé sous un signal compris entre 2 et 5V

Un signal à 0 est codé autour de 0V.

Ce type de codage qui est le plus simple reste localisé à l'intérieur de la carte mère et n'est pas adapté à une transmission filaire dans la mesure où un signal à 0 est très sensible à toute perturbation électrique. De plus, dans ce type de transmission, un signal nul peut à la fois représenter la transmission d'un 0, mais également l'absence de transmission. Ce qui fait que la reconnaissance d'un message avec ce type de codage reste problématique. Pour palier ces différents problèmes, d'autres codes plus évolués ont été créés.

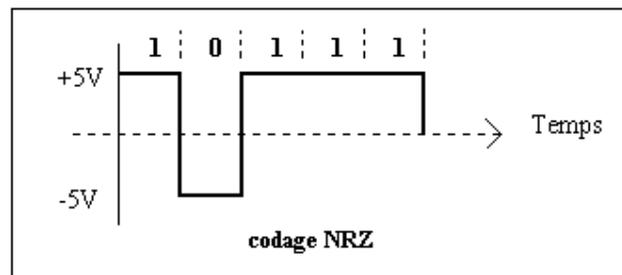


Les principaux sont :

- Le code NRZ (le plus simple)
- Le code Manchester (utilisé sur Ethernet)
- Le code de Miller

3.2 *Le code NRZ*

Le codage NRZ (Non retour à Zéro) code le bit 1 par un signal positif, le bit 0 par un signal négatif.



3.3 *Le code NRZI*

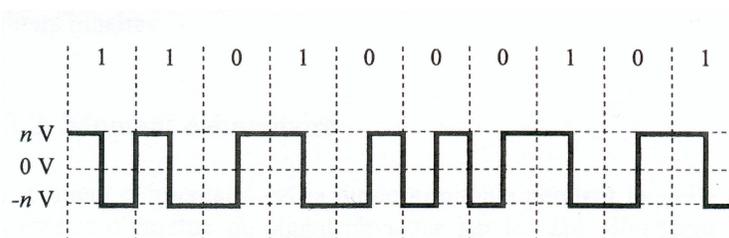
Le code NRZI (No Return to Zero Inverted) est en fait une variante inversée du code NRZ. Un bit 0 est codé par une tension positive, un bit à 1 par une tension négative. Il s'agit du type de transmission utilisé entre autre sur une ligne RS232 avec des niveaux de tensions de + ou - 12 Volts.

L'inconvénient de ces types de codage réside dans la détection et la reconnaissance de longues chaînes de 0 ou de 1.

3.4 *Le code Manchester*

Le code Manchester ou code biphase cherche à amener une réponse au problème précédent. Ce code est basé sur une variation du signal. Il s'agit d'observer la variation du signal entre le début et la fin du temps élémentaire.

- Le bit 1 est codé par une variation de +V à -V
- Le bit 0 est codé par une variation de -V à +V



Ce code est celui adopté pour les réseaux Ethernet.

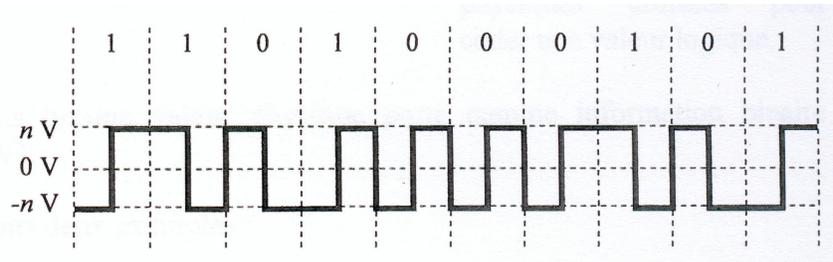


3.5 Le code Manchester différentiel

De la même façon, ce code (biphasé différentiel) est basé sur les transitions du signal.

- Le bit 0 est codé par une transition en début du temps élémentaire
- Le bit 1 est codé de la même façon par une transition en milieu du temps élémentaire

La transition réalisée dans tous les cas en milieu du temps élémentaire permet de garder une synchronisation entre l'émetteur et le récepteur.



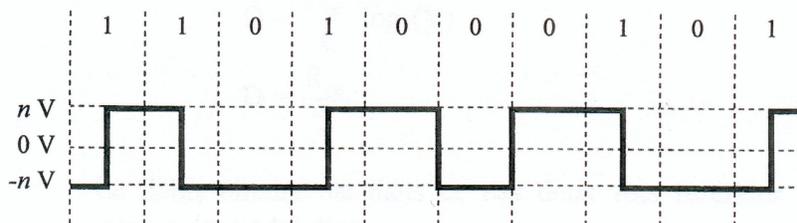
Ce code est celui utilisé dans la norme 802.5

3.6 Le code de Miller

Le code de Miller est également basé sur une codification à partir des transitions du signal

- Le bit 0 est codé par l'absence de transition pendant le temps élémentaire
- Le bit 1 est codé par une transition

Pour éviter le problème de synchronisation lié aux longues séquences de 0, une transition en cas de succession de 0 est réalisée en début de chaque temps élémentaire.



4 Quelques définitions

4.1 La Bande Passante (W)

La principale caractéristique d'une voie de transmission (câble, fibre optique, etc.) est sa bande passante. C'est l'intervalle de fréquences à l'intérieur duquel les signaux seront correctement transmis.

Pour transmettre des signaux numériques (signal "carré") il faut que la ligne de transmission possède une grande bande passante. Les signaux analogiques utilisent une bande passante plus étroite. Le RTC (Réseau Téléphonique commuté) offre un intervalle de fréquence de 300 à 3400 Hz, ce qui limite la bande passante à 3,1 kHz.



4.2 La valence d'une voie

Un codage associe une valeur physique (un signal électrique) à une valeur logique (un signal binaire). La valence notée V est le nombre de valeurs que peut prendre l'état physique à un instant t .

Par exemple, dans les cas précédents, on parle de bivalence : Le signal peut prendre 2 valeurs de tension $+V$ ou $-V$

4.3 Le moment élémentaire

C'est la durée élémentaire pendant laquelle il est nécessaire d'émettre le signal physique sur le câble afin qu'il soit reconnu par le récepteur. Ce temps s'exprime en secondes. On parle également de temps d'horloge. Le moment est noté T_m

4.4 La vitesse de modulation

C'est le nombre de valeurs physiques émises par secondes. La vitesse de modulation (ou Rapidité de Modulation) se note R_m et s'exprime en bauds.

$$R_m = \frac{1}{T_m}$$

La vitesse de modulation correspond au nombre d'états physiques que l'interface peut émettre par seconde.

4.5 Le débit binaire

Egalement appelé vitesse de transmission, c'est le nombre de valeurs logiques transmises par seconde. Il est noté D et s'exprime en bits/s

$$D = \frac{R_m}{k} \log_2(V)$$

k correspond au nombre de valeurs physiques utilisées pour coder une information.

Exemple concret :

Le code NRZ permet de transmettre 1 bit pour une tension donnée (+ ou - V).

- $k = 1$
- $V = 2$

Dans ce cas $D = R_m$. Le débit est égal à la vitesse de modulation

Dans le cas des codes Manchester, il est nécessaire de lire les 2 valeurs reçues pendant le temps élémentaire afin de constater les transitions. Dans ce cas, $R_m = 2 * D$. La vitesse de modulation est double du débit.

Dans la pratique, la capacité maximale (avec un taux d'erreurs tolérable) d'une ligne téléphonique est de 2400 Bauds soit 9600 bps en codant quatre bits par signal, 14400 bps en codant six bits par signal ou 28 800 bps en codant douze bits par signal.

4.6 Déformation du signal

Les principales déformations que peut subir un signal sont :

- **L'affaiblissement** (diminution de la puissance du signal)
- **Les distorsions** d'amplitude et de phase
- **Les bruits** (bruit blanc et bruit thermique)

4.7 Le temps de transmission

C'est le temps T_t en secondes qui s'écoule entre le début et la fin de la transmission d'un message sur une ligne physique.

$$T_t = \frac{L}{D} \quad \text{L représente la longueur du message en bits, D le débit binaire.}$$

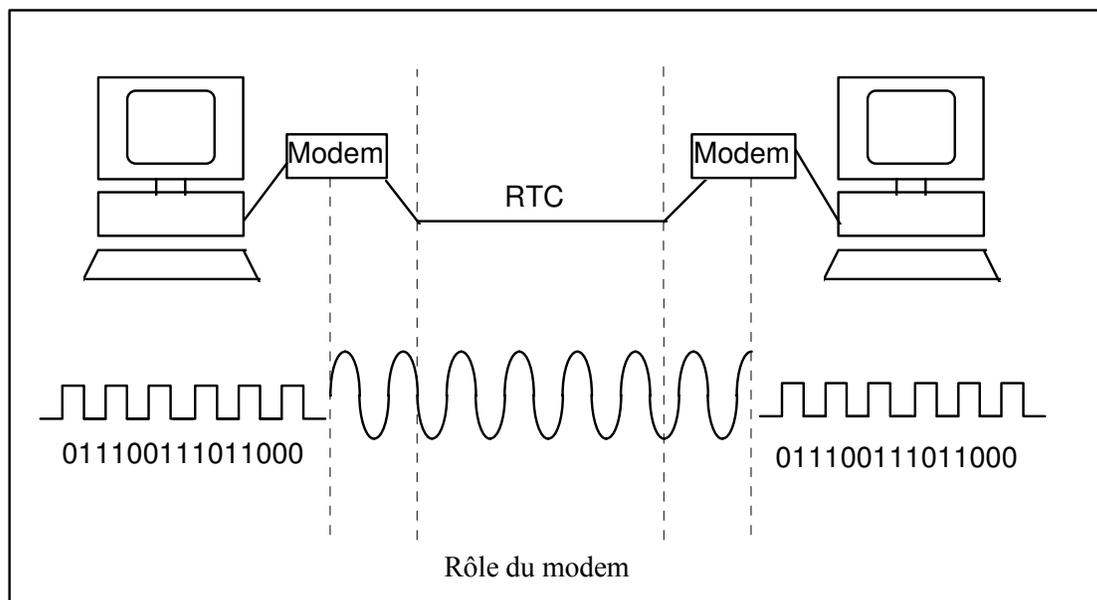
5 Le codage de l'information analogique

5.1 Les différentes modulations

5.1.1 Modulation et démodulation

Les limites de la transmission en bande de base sont fixées par les supports de transmission et par la distance. Au delà d'un certain seuil, des dégradations sont observées, ce qui fait que la transmission ne peut plus être réalisée sans erreurs.

Il apparaît donc nécessaires d'utiliser d'autres types de transmission. Cet autre type est réalisé par une transformation analogique du signal. Cette transformation est assurée à l'aide d'appareils appelés Modem.



Un Modem réalise les 2 opérations :

- Modulation : transformation du signal numérique en analogique
- Démodulation : transformation du signal analogique en numérique



Cette transformation par MODEM est réalisée par modulation du signal analogique selon trois méthodes possibles :

- Modulation de Fréquence
- Modulation d'Amplitude
- Modulation de Phase

5.1.2 La modulation de fréquence

Cette modulation est également appelée saut de fréquence (FSK Frequency Shift Keying). Elle s'appuie sur l'utilisation de 2 fréquences pour représenter les 2 valeurs binaires

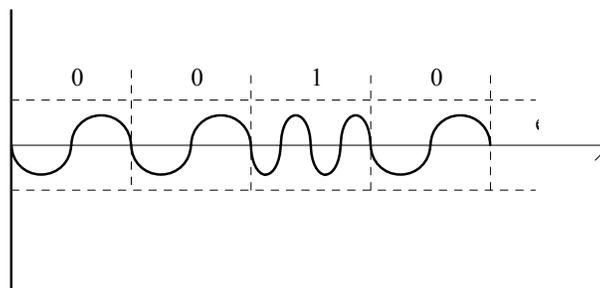
- $0 \rightarrow f_1$
- $1 \rightarrow f_2$

f_1 et f_2 sont choisies telles que

- $f_1 = f_0 - x$
 - $f_2 = f_0 + x$
- f_0 est appelée la fréquence porteuse.

La norme V21 permet d'utiliser 4 valeurs de fréquences avec 2 fréquences porteuses, ce qui permet de réaliser une communication full duplex.

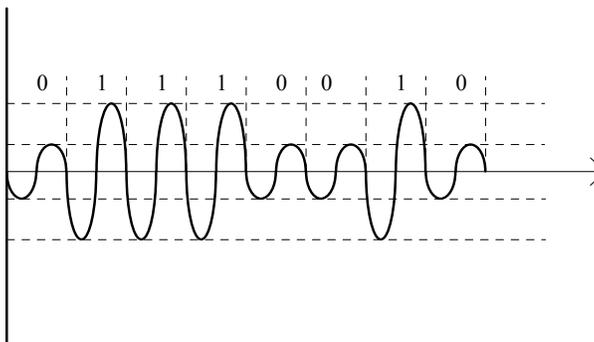
Numérique	Analogique
0	Fréquence f_1
1	Fréquence f_2



5.1.3 La Modulation d'amplitude

Cette modulation (AM Amplitude Modulation) s'appuie sur l'utilisation de 2 amplitudes pour coder les 2 valeurs du signal. Dans ce cas, une seule fréquence est utilisée pour transmettre l'information.

Numérique	Analogique
0	Amplitude A_1
1	Amplitude A_2

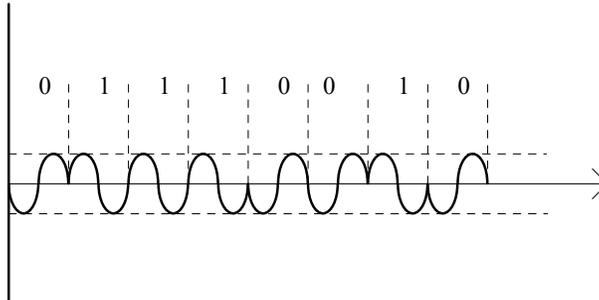




5.1.4 La modulation par saut de phase

Cette modulation (PSK = Phase Shift Keying) utilise la phase du signal, mais surtout le déphasage afin de coder les différentes valeurs du signal.

Numérique	Analogique
0	Phase 1
1	Phase 2



Cette modulation PSK peut être utilisée sur 4 phases différentes pour émettre les bits 2 par 2 afin de doubler le débit binaire sur la ligne sans augmenter la rapidité de modulation. La modulation par saut de phase est définie par la norme V22 du CCITT

5.1.5 Les modulations mixtes

Il est également possible de combiner ces différentes techniques de modulation afin d'augmenter le débit binaire des lignes de transmission sans augmenter la rapidité de modulation. Ces mixages sont normalisés par le CCITT :

La norme V29 définit une modulation par saut de phase sur 8 valeurs et d'amplitude sur 2 valeurs (PSK/AM). Cette modulation permet de définir 16 valeurs logiques sur une seule valeur physique, ce qui permet d'atteindre un débit binaire de 9600 bits/s pour une rapidité de modulation de 1200 bauds.

5.2 Le multiplexage

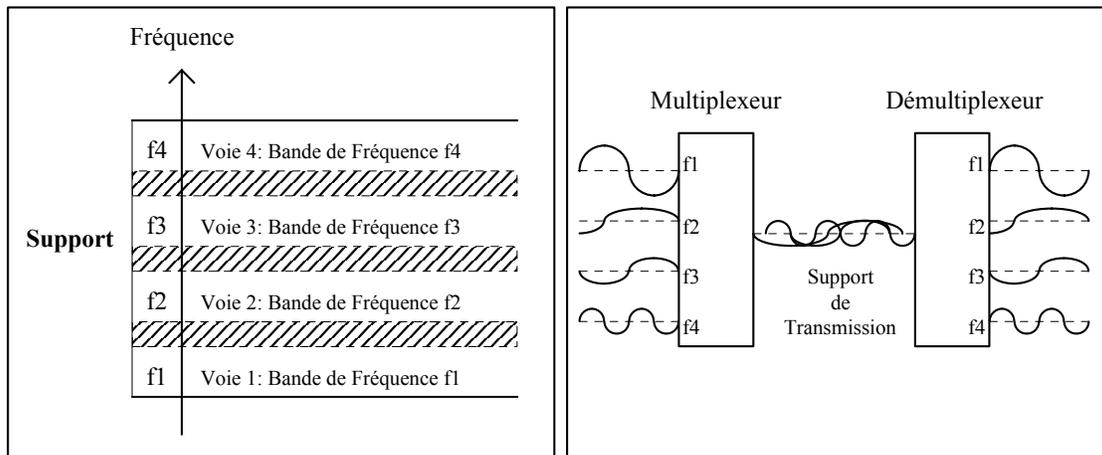
Le multiplexage consiste à partager un support de transmission en plusieurs liaisons virtuelles. Ce partage peut être réalisé

- Pour réaliser une communication full duplex
- Pour mettre en place plusieurs canaux de communication "indépendants"



5.2.1 Le multiplexage fréquentiel

Le multiplexage fréquentiel consiste à découper la bande passante permise par le câble en plusieurs bandes de fréquences. Le nombre de fréquences possibles est directement fonction des caractéristiques du câble.

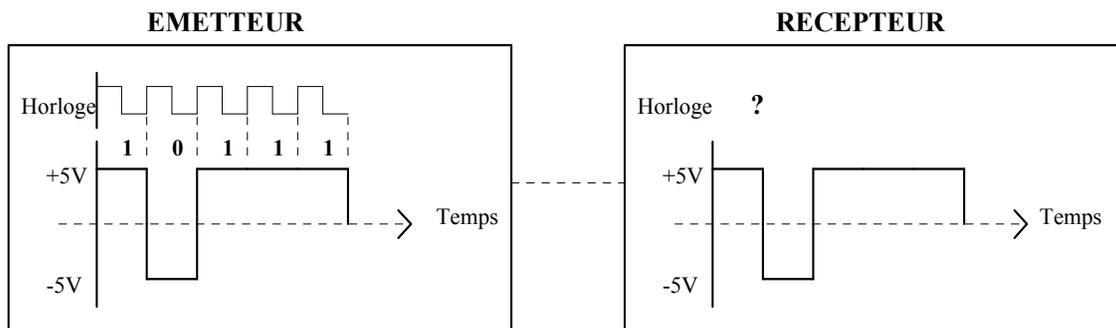


5.2.2 Le multiplexage temporel

Le principe consiste à partager le temps d'accès au support de transmission dans le temps, et d'allouer à chaque utilisateur un espace de temps. Il peut être possible de partager le temps de façon statique (allocation de plages identiques) ou de manière dynamique (allocation en fonction des demandes ou de la priorité)

6 La synchronisation de la communication

En transmission de données, les informations sont émises en série sur la ligne. En code NRZ un 1 est codé par une impulsion positive et un zéro par une impulsion négative :





L'absence de synchronisation permanente entre émetteur et récepteur (horloges différentes) entraîne un risque d'incohérence du message, le récepteur n'échantillonnant pas le signal au même rythme que l'émetteur les fournit. Pour résoudre ce problème, on utilise des codages plus complexes (code Manchester, Manchester différentiel...), et il en ressort deux modes de transmission :

- Le mode ASYNCHRONE
- Le mode SYNCHRONE.

6.1 Transmission asynchrone

La transmission est réalisée OCTET par OCTET (8 Bits). Pour synchroniser l'horloge réceptrice avant chaque transfert d'un octet, il faut ajouter des bits qui vont "encadrer" l'octet à transmettre :

- Bit de Début de caractère (**START**)
- Bit de Fin de caractère (**STOP**)

Dans la pratique, on utilise un bit START et un ou deux bits STOP

Pour transmettre un octet, il faut donc au minimum dix bits. De plus, il faut observer des temps de silence entre les caractères afin de garantir la re-synchronisation entre chaque caractère. Ce mode de transmission est réservé à des transmissions courtes (quelques mètres) et à basses vitesses (< 9600 bps).

6.2 Transmission synchrone

La synchronisation est maintenue durant toute la transmission de la trame qui s'effectue BIT à BIT. En fait, l'horloge est transmise en même temps que les données grâce au codage qui assure en permanence une synchronisation du récepteur avec l'émetteur.

Pour synchroniser l'horloge réceptrice on utilise :

- **une séquence spéciale** de début de transmission riche en transitions (passages de 0 à 1 et de 1 à 0)
- **des bits spéciaux de correction** de phase d'horloge (codage)

Ce mode de transmission permet d'envoyer les bits des octets les uns à la suite des autres sans séparation entre les octets ce qui permet **d'atteindre des débits élevés**.

7 Les technologies DSL

Ces technologies sont nées suite à la limitation liée à l'utilisation des lignes téléphoniques et à la structure du réseau existant. Le réseau téléphonique a atteint ses limites avec la norme V90 des Modems qui permettent d'atteindre un débit de 56 Kbps.

Ce point sera vu avec les liaisons longues distances.