

Chapitre II :

La transmission de données

Transporter de l'information d'un point à un autre nécessite que soit établie une série de conventions concernant la représentation logique des données (chapitre précédent), les paramètres physiques de la transmission (niveau électrique, rythme de l'émission...) et le mode de contrôle de l'échange. Cet ensemble de conventions constitue le protocole de transmission, il qualifie une transmission et définit ses possibilités d'emploi.

II.1 LES TECHNIQUES DE TRANSMISSION

Le signal à transmettre devra être adapté au mieux aux contraintes physiques du support de transmission. Deux types d'adaptation ou techniques de transmission sont envisageables :

- La transmission en bande de base qui consiste à transmettre directement les signaux sur le support de transmission (codage en ligne).
- la transmission large bande qui consiste à traduire le spectre du signal à émettre dans une bande de fréquences mieux admise par le système, c'est la fréquence de la porteuse.

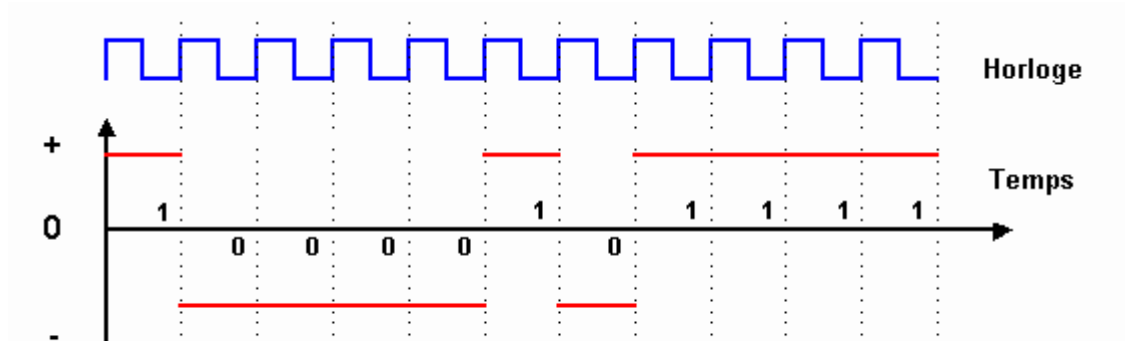
II.1.1 Transmission en Bande de Base (codage en ligne)

On appelle codage, l'opération qui fait correspondre à un symbole appartenant à un alphabet, une représentation binaire (codage à la source). On désigne par **transcodage**, ou **codage en ligne**, l'opération qui consiste à substituer au signal numérique (représentation binaire) un signal électrique mieux adapté à la transmission.

La transmission est dite en bande de base si elle ne subit aucune transposition de fréquence par modulation. Les fréquences initiales du signal émis sont donc préservées. La transmission en bande de base ne peut donc par essence être utilisée que sur support cuivre.

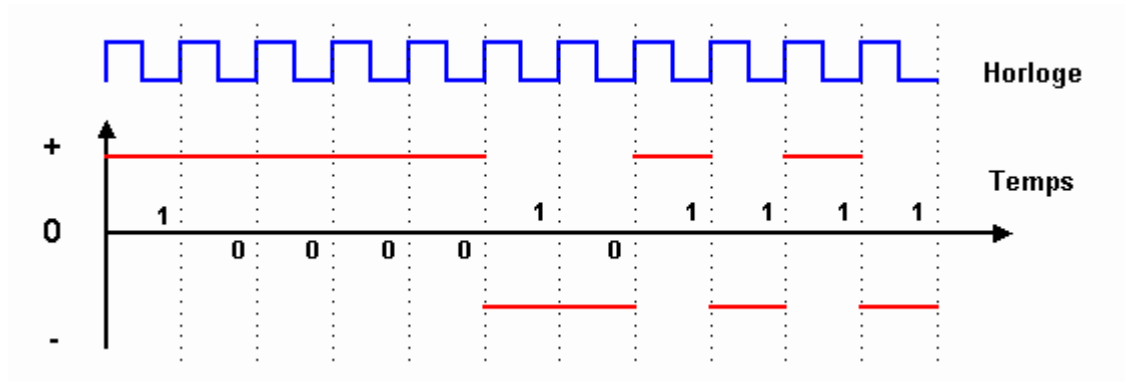
Les principaux codes utilisés

- **Codage NRZ (Non Return to Zero)**: très proche du codage binaire de base, il code un 1 par +V, un 0 par -V



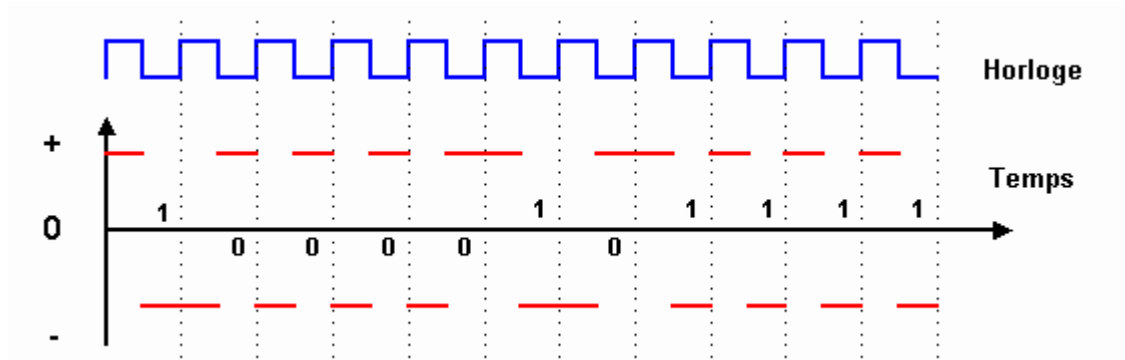
Le codage NRZ améliore légèrement le codage binaire de base en augmentant la différence d'amplitude du signal entre les 0 et les 1. Le débit maximum théorique est le double de la fréquence utilisée pour le signal : on transmet deux bits pour un hertz.

- **Codage NRZI (Non Return to Zero Inverted):** on produit une transition du signal pour chaque 1, pas de transition pour les 0.



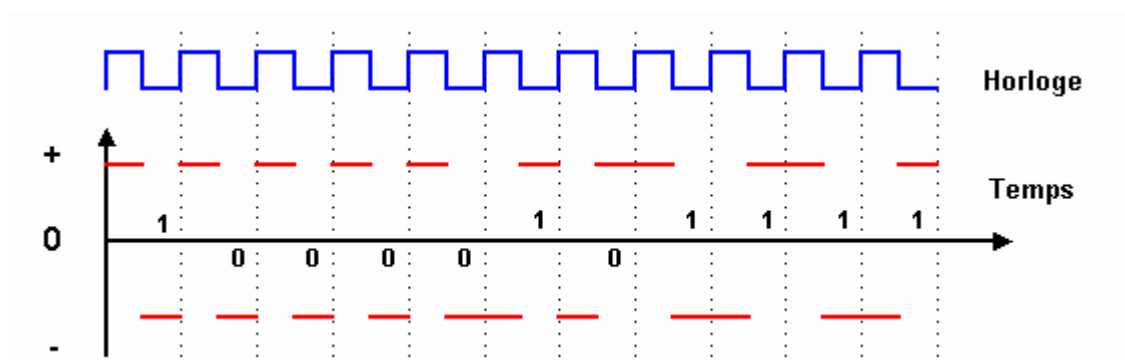
Avec le codage NRZI, on voit que la transmission de longues séries de 0 provoque un signal sans transition sur une longue période. Le débit binaire est le double de la fréquence maximale du signal : on transmet deux bits pour un hertz.

- **Codage Manchester :** dans le codage Manchester, l'idée de base est de provoquer une transition du signal pour chaque bit transmis. Un 1 est représenté par le passage de +V à -V, un 0 est représenté par le passage de -V à +V.



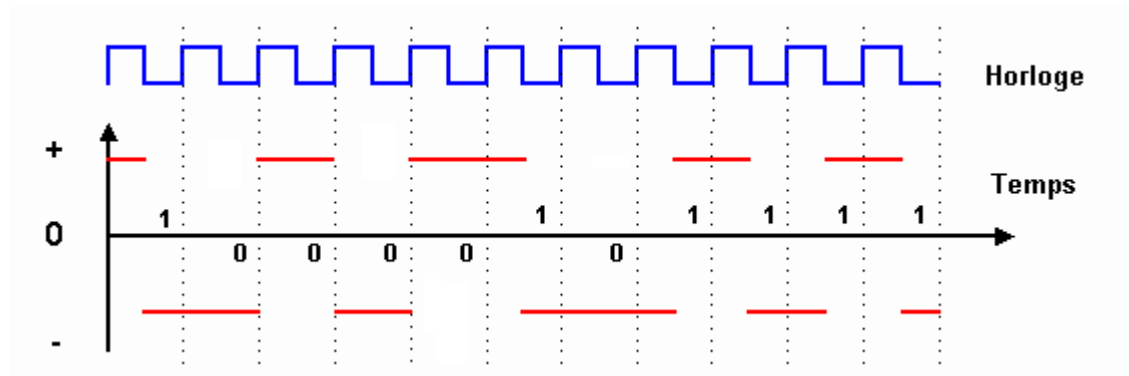
La synchronisation des échanges entre émetteur et récepteur est toujours assurée, même lors de l'envoi de longues séries de 0 ou de 1. Par ailleurs, un bit 0 ou 1 étant caractérisé par une transition du signal et non par un état comme dans les autres codages, il est très peu sensible aux erreurs de transmission. La présence de parasites peut endommager le signal et le rendre incompréhensible par le récepteur, mais ne peut pas transformer accidentellement un 0 en 1 ou inversement.

- **Codage Manchester différentiel :** c'est la présence ou l'absence de transition au début de l'intervalle du signal d'horloge qui réalise le codage. Un 1 est codé par l'absence de transition, un 0 est codé par une transition au début du cycle d'horloge.



Le codage présente le même inconvénient que le codage Manchester : nécessite une fréquence égale à celle du débit utile. Il présente par contre un avantage : ce sont les transitions du signal et non pas ses états qui représentent les bits transmis, il est donc insensible aux inversions de fils dans le câblage.

- **Code de Miller** : Si le bit de donnée vaut 1, alors on insère une transition au milieu de l'intervalle significatif. Si le bit de donnée vaut 0, alors pas de transition au milieu de l'intervalle significatif, mais si le bit suivant vaut 0, alors on place une transition à la fin de l'intervalle significatif.



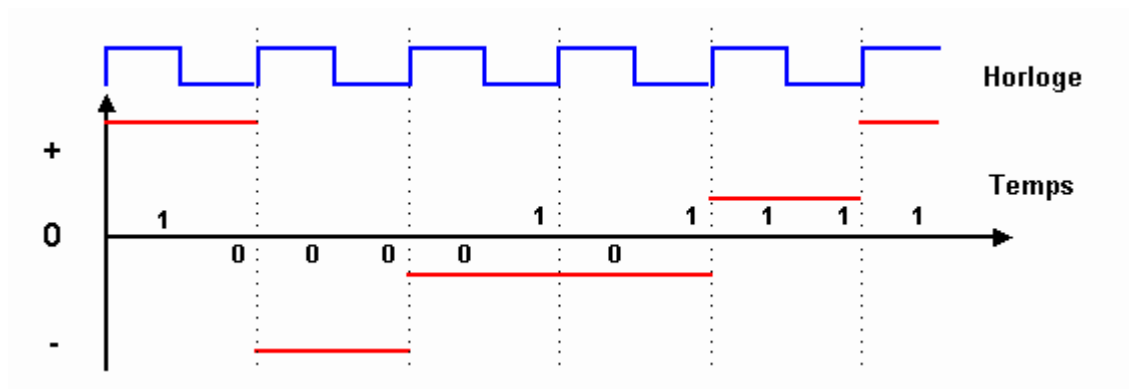
Le code de Miller permet des débits élevés sur support à bande passante limitée. Une puissance non nulle est transmise pour la fréquence nulle, ce qui peut introduire des distorsions. Le principal inconvénient de ce code tient en une moins grande immunité vis-à-vis du bruit que les codes précédents.

- **Codage 2B1Q (code M-aire)**

Principe : Le code 2B1Q fait correspondre à un groupe de deux éléments un créneau de tension dit symbole quaternaire pouvant endosser quatre valeurs différentes suivant la table ci-dessous :

Groupe de 2 bits	Tension
00	-3
01	-1
11	+1
10	+3

Table de codage 2B1Q



Les données sont donc transmises à deux fois la fréquence du signal.

Critère de Nyquist :

Dans le support de transmission, le signal subit des déformations et des distorsions. Les limites de transmissions sont atteintes lorsque le signal reçu n'est plus cohérent avec le signal émis.

Dans ce cas, les impulsions se chevauchent les unes les autres. Il n'est donc plus possible de recevoir quoi que ce soit de cohérent. On établit alors la limite par le nombre maximum de transitions que peut transmettre un système. Il s'agit de la rapidité de modulation. Elle s'exprime en bauds.

Le critère de Nyquist nous précise que la rapidité de modulation maximum d'un support de transmission est égale à deux fois la bande passante de ce support.

$$R_m \leq 2.BP$$

R_m : La Rapidité de modulation le nombre maximal de changement d'états du signal par unité de temps en bauds.

$$R_m = 1/T_{\text{symbole}}$$

T_{symbole}: temps pris pour transmettre un symbole.

Le débit Binaire est également donné par :

$$D = m.R_m = R_m \cdot \log_2(V)$$

ou :

V : La valence, c'est le nombre total d'états possibles de l'information (nombre de symboles).

m : Le moment, c'est le nombre de bits de codage de l'information (nombre de bit par symboles).

$$V = 2^m$$

II.1.2 Transmission large bande

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

$$S(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$$

centrée sur la bande de fréquence du canal.

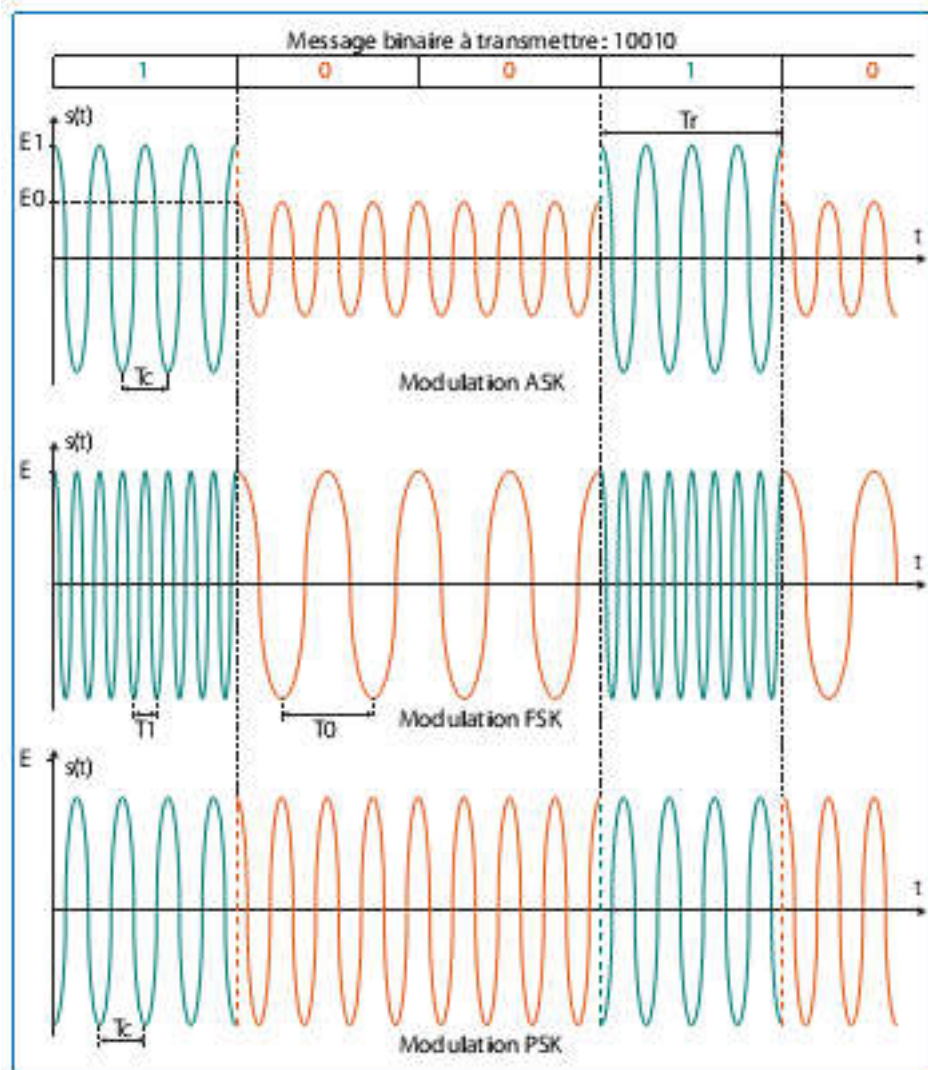
Les paramètres modifiables sont :

- L'amplitude : **A**,
- La fréquence : $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$
- La phase: **φ₀**

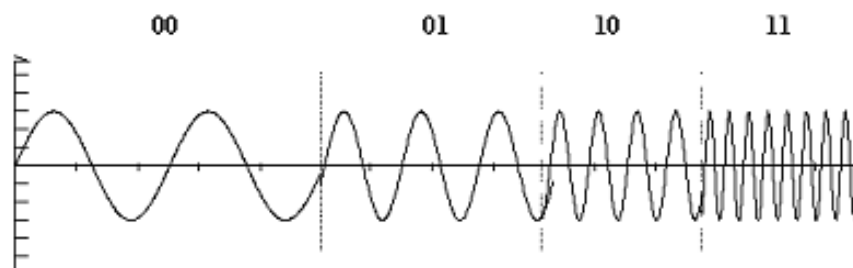
Dans les procédés de modulation binaire, l'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui ne prend que deux valeurs possibles.

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



Dans les procédés de modulation **M-aire**, l'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui prend **M** valeurs. Ceci permet d'associer à un état de modulation un mot de **n** digits binaires. Le nombre d'états est donc $M = 2^n$.



Exemple de la modulation FSK-4

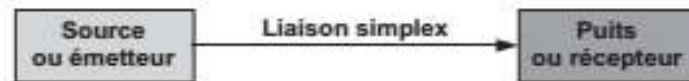
II.2 MODE DE CONTRÔLE DE L'ÉCHANGE

Le but d'un réseau est d'échanger les informations d'une entité à une autre via le canal de transmission, la transmission entre des entités communicantes est caractérisée par :

II.2.1 Le sens d'échange :

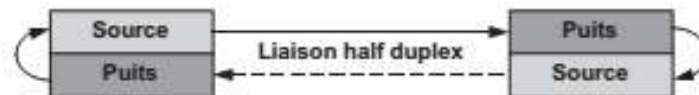
Selon le sens des échanges, on distingue 3 modes de transmission :

- **La liaison simplex** : caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens, c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur.



Ce genre de liaison est utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens (par exemple de votre ordinateur vers l'imprimante ou de la souris vers l'ordinateur...).

- **La liaison half-duplex** (parfois appelée *liaison à l'alternat* ou *semi-duplex*) : caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Ainsi, avec ce genre de liaison chaque extrémité de la liaison émet à son tour.



- **La liaison full-duplex (appelée aussi duplex intégral)** : caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément. Ainsi, chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps.



II.2.2 Le mode de liaison

a) La liaison point à point

Dans ce mode de liaison chaque correspondant est relié par un lien dédié à un seul autre correspondant. C'est le cas par exemple d'une liaison entre nœuds d'un même réseau ou entre un ordinateur et un terminal (figure III.2).



La relation point à point.

b) Les liaisons multipoints

Une liaison est dite **multipoint** lorsqu'un même support est partagé par plusieurs nœuds. Dans ce cas, des conflits d'accès sont inévitables, il est nécessaire d'instaurer une politique d'accès au support. L'ensemble des mécanismes particuliers mis en œuvre, pour assurer le partage de l'accès au support, porte le nom de politique d'accès au canal. On distingue deux modes de contrôle de l'accès selon la manière dont est gérée la politique d'accès : le mode centralisé ou maître/esclave et le mode décentralisé ou d'égal à égal.

➤ Le mode maître/esclave

Dans le mode de relation dit maître/esclave, le primaire, généralement un ordinateur multipostes est responsable de l'initialisation du dialogue, de la récupération des erreurs et de l'organisation des échanges.

➤ Le mode d'égal à égal

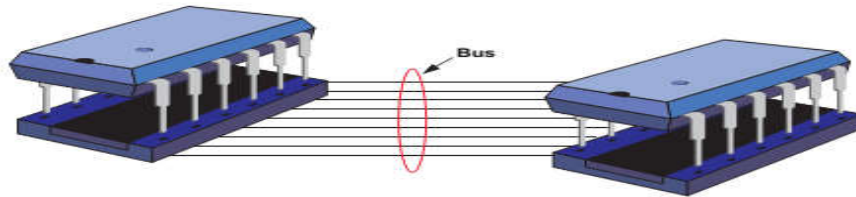
Dans ce type de configuration, tous les calculateurs sont autorisés à émettre vers n'importe quel autre calculateur et ce, à tout moment. Cet accès partagé peut donner lieu à des collisions ou contentions de messages (deux stations transmettent en même temps). Mais

contrairement à la relation maître/esclave, ici, chaque ordinateur déroule un algorithme pour assurer le partage du support. La politique d'accès est dite décentralisée.

II.3. LES MODES DE TRANSMISSION :

Le mode de transmission désigne le nombre d'unités élémentaires d'informations (bits) pouvant être simultanément transmises par le canal de communication. On distingue :

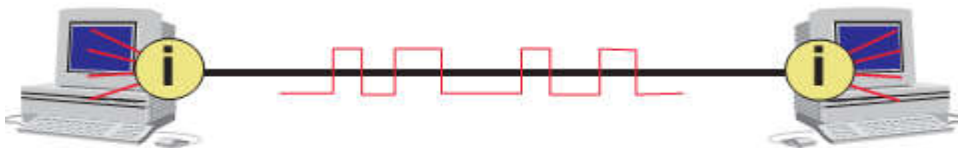
- **Le mode parallèle** : On désigne par liaison parallèle la transmission simultanée de N bits. Ces bits sont envoyés simultanément sur N voies différentes (une voie étant par exemple un *fil*, un câble ou tout autre support physique). La liaison parallèle des ordinateurs de type PC nécessite généralement 10 fils.



Transmission parallèle

La transmission parallèle pose de nombreuses difficultés dont les principales sont le rayonnement des conducteurs l'un sur l'autre (diaphonie) et la différence de vitesse de propagation entre les différents conducteurs qui nécessitent la réalisation d'une électronique coûteuse.

- **Le mode série** : En transmission série, tous les bits d'un mot ou d'un message sont transmis successivement sur une même ligne.



Transmission série

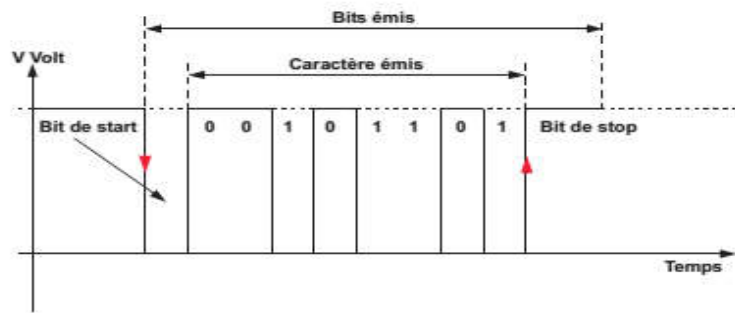
Dans les calculateurs, les données (bits) sont traitées en parallèle (bus). La transmission série nécessite une interface de conversion en série les bits en émission (conversion parallèle/série) et les convertir en parallèle à la réception (conversion série/parallèle). La transmission série n'utilise, pour la transmission des données, que deux conducteurs. D'un coût moins élevé, elle est adaptée aux transmissions sur des distances importantes.

II.4 La synchronisation :

Les bits sont émis sur la ligne à une certaine cadence. Cette cadence est définie par une horloge dite horloge émission. Pour décoder correctement la suite de bits reçue, le récepteur doit examiner ce qui lui arrive à une cadence identique à celle de l'émission des bits sur le support.

L'opération qui consiste à asservir l'horloge de réception sur celle d'émission s'appelle la synchronisation. Selon le mode de synchronisation de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur, on distingue deux types de transmission :

- **La transmission asynchrone** (transmission orienté caractère) : En transmission asynchrone, les caractères émis sont précédés par un bit de start, et terminés par un bit de stop. Les 2 horloges aux 2 extrémités ne sont pas synchronisées, c'est le bit de start qui déclenche l'horloge et le bit de stop qui l'arrête.
La transmission a lieu caractère par caractère. L'intervalle de temps qui sépare chaque caractère peut être quelconque.



- **La transmission synchrone** (transmission orienté bit) : En transmission synchrone, la synchronisation des horloges émission et réception est maintenue durant toute la transmission par un signal particulier : le signal de synchronisation. Il est alors possible de transmettre des blocs de taille importante. Chaque bloc transmis est par conséquent précédé d'une séquence de synchronisation qui servira aussi à délimiter le début et la fin de bloc .

Synchronisation 8 bits	Commande 8 bits	Blocs de n caractères de données	Contrôle 8 bits
---------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------------

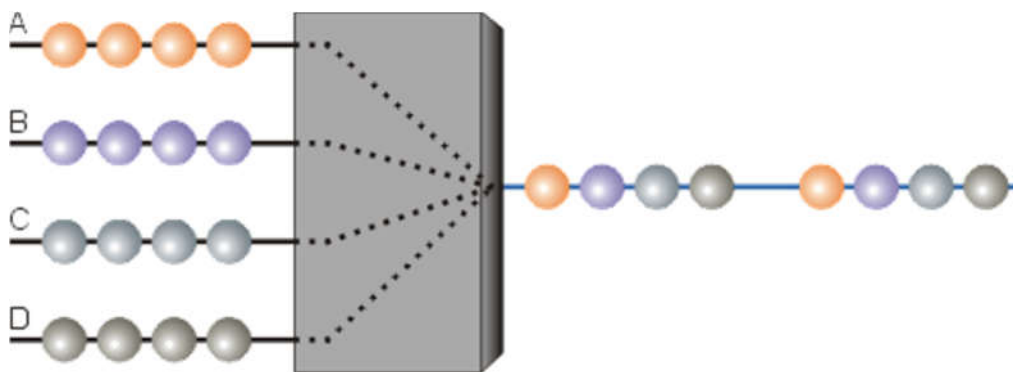
II.5 LE MULTIPLEXAGE

Le multiplexage est une technique très utilisée en télécommunications qui consiste à faire passer plusieurs communications à la fois sur un même support physique de transmission. L'opération inverse du multiplexage s'appelle le démultiplexage.

Il existe trois modes de multiplexage

II.5.1 Le multiplexage temporel

Cette technique s'applique aux signaux numériques. Il consiste à affecter cycliquement un morceau de temps (appelé **voie** ou **intervalle de temps** ou IT) à chacune des communications à transmettre. Si on a N signaux à transmettre avec chacun un débit de X kbps, il faut que le support ait une capacité supérieure à N fois X kbps. C'est la technique employée en télécommunications dans les liaisons MIC. La séquence correspondant à un balayage de tous les canaux multiplexés s'appelle une **trame**. La structure de la trame est fixe.



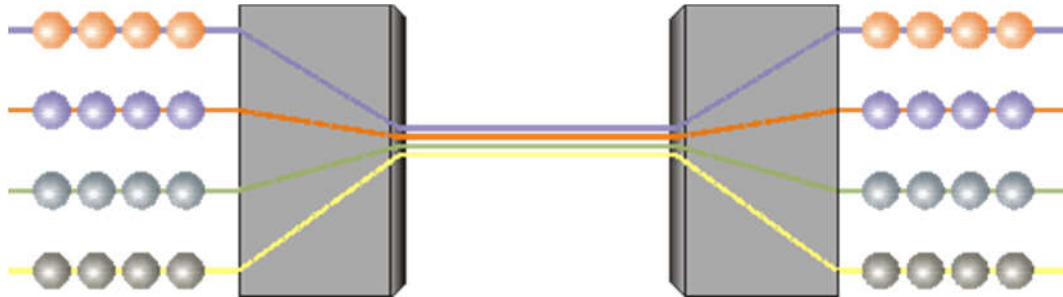
Multiplexage temporel

- les voies téléphoniques ne sont plus insérées dans l'échelle des fréquences, mais entrelacées dans l'échelle des temps
- intervalle de temps de 4 microseconde
- nombre de voies limité à 32
- MIC (Modulation par Impulsion et Codage) : la voix n'est plus transmise analogiquement, mais numériquement sous forme de bits

- 1 intervalle de temps correspond à 64 Kbps; l'ensemble (canal) représente 2048 Kbps.

II.5.2 Le multiplexage en fréquence

C'est une technique associée aux signaux analogiques et au mode de transmission en large bande. Elle consiste à véhiculer plusieurs signaux simultanément sur un même support. Chaque signal, qui doit avoir une bande passante très inférieure à celle du support ; se voit affecter une portion de la gamme de fréquence (ou canal) du support par décalage ou modulation.



Multiplexage en fréquence

- une voie téléphonique est caractérisée par une bande de fréquence de 4 kHz
- les voies téléphoniques transitent sur un même câble (ou un même canal de faisceau hertzien) et sont transposées dans l'échelle des fréquences afin d'être rangées les unes à côté des autres sans jamais se chevaucher