

## CHAPITRE 2

### La couche physique

- Plan
  - Rôle de la Couche Physique
  - Schéma d'un circuit de données ETTD et ETCD
  - Mode de liaison ( simplexe , half duplexe ,...)
  - Quelques notions sur le traitement Signal
  - Bande passante et débit de transmission
  - Codage et modulation
  - Multiplexage
  - Support de transmission et les medias d'accès au réseaux



### 1. Définition

- La couche Physique définit les :
  - spécifications électriques, mécaniques, fonctionnelles des procédures assurant la transmission des éléments binaires sur la liaison physique.
- La transmission correspond à l'envoi de 0 et 1 entre l'émetteur et le récepteur sur un support de transmission
- La transmission est assurée par l'ETCD (équipement terminal de circuit de données).



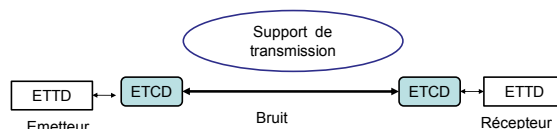
### 2. Rôle de la couche physique

- Assure l'interface avec le matériel
- Prend en charge la conversion des signaux numériques en signaux analogiques ( la modulation )
- l'émission physique sur la ligne de communication
- Partager le canal de transmission

3

### 3. Circuit de données

Un circuit de données est constitué d'une ligne de transmission et de deux équipements de terminaison de circuit de données ETCD



L'**ETCD**(Equipement Terminal de Traitement de Données) :a pour rôle:

- Etablir la communication
- Assurer la mise en forme des données numériques
- Transmettre les données
- Terminer la transmission

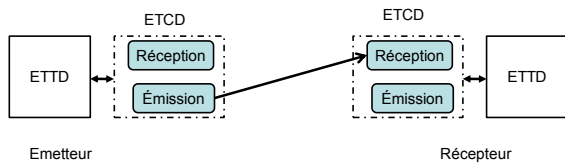
L'**ETTD** ( Equipement Terminal de Traitement de Données ) : est un équipement informatique quelconque

4

### 3.3 Mode de liaison de données

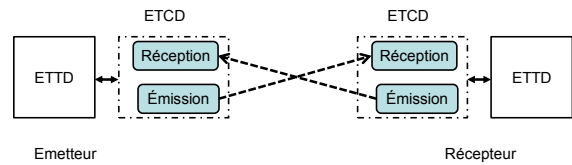
Selon le sens de la communication, un circuit de donnée peut être :

- simplex ( dans un seul sens )
- semi-duplex ( half-duplex ) : dans les deux sens à l'alternant
- duplex ( full-duplex ) : dans les deux sens en simultané

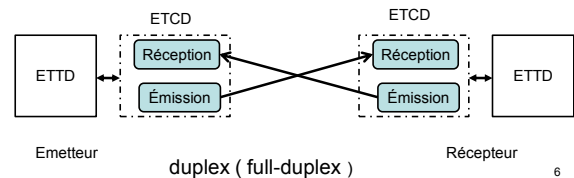


Simplex

5



Semi-duplex ( half-duplex )



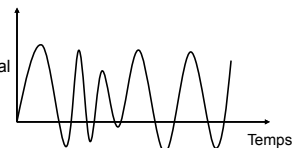
duplex ( full-duplex )

6

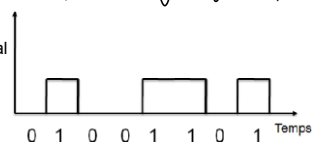
## 4. Notions sur le traitement du signal

### 4.1 Signal analogique et signal numérique

- Un Signal analogique est un signal continu dans le temps avec une infinité de valeurs.



- Un Signal numérique est un signal discret dans le temps avec un nombre fini de valeurs (d'états)



Le nombre d'état ( niveau ) d'un signal numérique s'appelle **la valence**

7

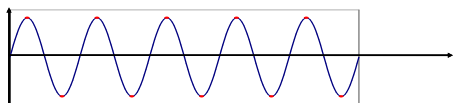
8

## 4.2 Signal analogique sinusoïdal

- Un signal analogique peut être décomposé en un ensemble de signaux élémentaires.
- Les signaux de base sont de la forme d'un sinus ou cosinus
- Un signal sous la forme d'un sinus est de la forme suivante :

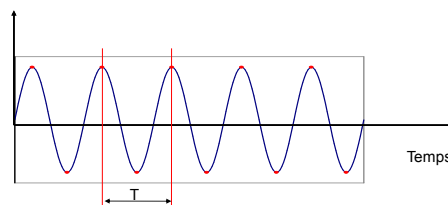
$$s(t) = A \times \sin(f \times t + \varphi)$$

- Un signal est défini par
  - Amplitude  $A$  : la force du signal
  - Fréquence  $f$  : la vitesse du signal
  - Phase  $\varphi$  : le décalage du signal par rapport à l'origine



9

### 4.2.1 Propriétés d'un signal sinusoïdal: la fréquence



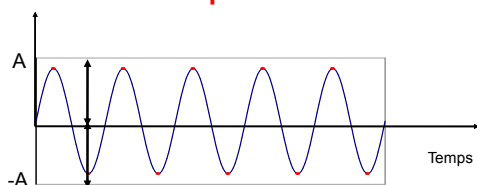
Un signal possède une période  $T$  ( seconde )

Un signal possède une fréquence ( vitesse ) :

$$F = 1/T \text{ Hertz}$$

10

### 4.2.2 Propriétés d'un signal sinusoïdal: l'amplitude

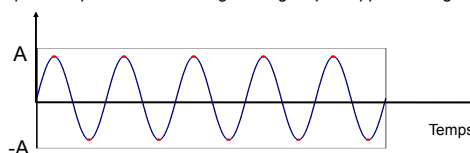


Un signal possède une amplitude ( une force )  
Les valeurs du signal sont comprises entre une  
valeur MAX = A et une valeur MIN = -A

11

### 4.2.3 Propriétés d'un signal sinusoïdal: la phase

- La phase représente le décalage du signal par rapport à l'origine



- Lorsque  $t = 0$  on obtient :

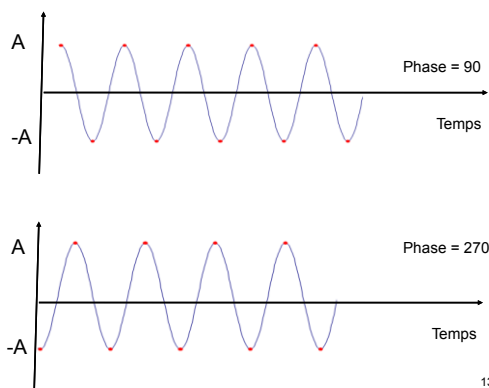
$$s(t) = A \times \sin(\varphi)$$

si  $\varphi = 0$  alors la valeur du signal est égale à 0

si  $\varphi = 90$  alors la valeur du signal est égale à A

si  $\varphi = 180$  alors la valeur du signal est égale à 0

si  $\varphi = 270$  alors la valeur du signal est égale à -A



13

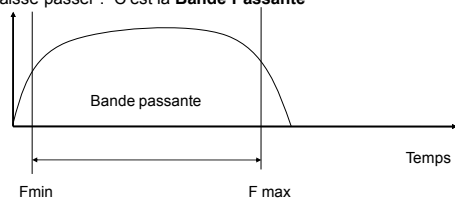
### 4.3 C'est quoi un canal de transmission ?

- Un canal de transmission est le moyen physique de transmission de l'information ( un signal )
- Exemple :
  - L'air ( la voix )
  - File de cuivre
  - Fibre optique
  - Onde
- Il est caractérisé par la bande passante qui représente l'intervalle de fréquences dans lequel les signaux sont correctement transmis sur le support .

14

#### 4.3.1 La Bande passante

- Tout canal de transmission a des limitations liés à des fréquences qu'il laisse passer : C'est la **Bande Passante**



$$\text{Bande passante} = (F_{\max} - F_{\min})$$

#### Exemple :

bande passante des lignes téléphoniques est de 3KHZ ( 3000Hz )

15

#### 4.3.2 L'Atténuation

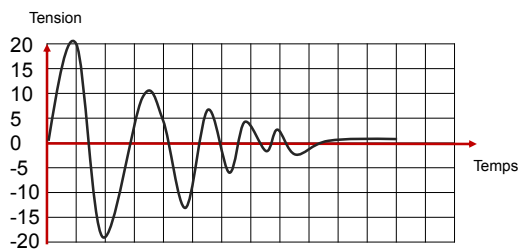
- Lors de la transmission d'un signal sur un support physique ( un canal ) Il subit une modification .
- Une partie de la puissance du signal est perdue lors de la transmission . Cette perte s'appelle l'atténuation, elle est calculée comme suit:

$$A = 10 \log_{10} ( P_e / P_r )$$

$P_e$  : puissance émise par la source  
 $P_r$  la puissance reçus par la cible

L'*atténuation* est la perte de la force du signal. Cela se produit, par exemple, lorsque les câbles dépassent la longueur maximale ou à cause de la présence d'une résistance électrique .

16



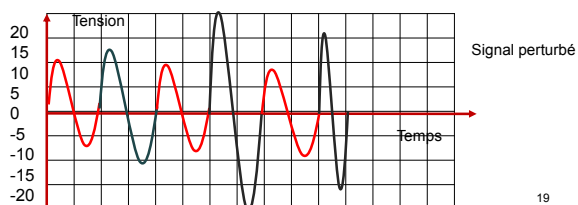
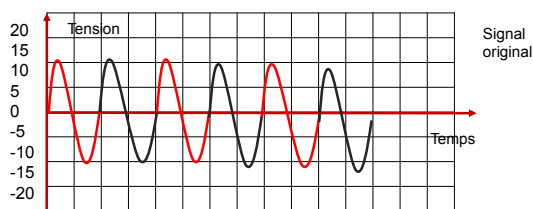
Atténuation

17

### 4.3.3 Le Bruit

- Le bruit est un ajout d'un signal indésirable à un signal .
- Un bruit peut modifier les caractéristiques d'un signal : fréquence , amplitude ou phase.
- Aucun signal n'est exempt de bruit. Mais , il est important de maintenir le rapport signal/bruit le plus élevé possible .
- Les principales causes du bruit :
  - Intempérie ( pluies , chaleur ,.....)
  - Champs électrique , magnétique...
- Dans la pratique durant une transmission il y a toujours des perturbation ( parasite ) ce qui réduit la bande passante

18



19

### 4.3.4 Débit binaire de transmission

- On appelle débit binaire d'un circuit de données le nombre maximum de bits par seconde que ce circuit est capable de transporter .
- durant le calcul du débit, il faut prendre en considération le bruit.

20

### 4.3.5 Relation entre le débit binaire et la bande passante

- Soit un signal de bande passante  $W$  et d'une puissance  $S$
- On considère un bruit de puissance  $N$
- Selon le théorème de Shannon , le débit maximal est donné par la formule suivante :

$$D = W \cdot \log_2 (1+S/N)$$

Exemple :

- on considère une ligne téléphonique d'une bade passante  $W=3000\text{Hz}$
- Si on considère un rapport  $S/N = 20$  alors...
- le débit maximal est de  $20000 \text{ Bits/S}$
- ➔ La limite de shannon est une limitation théorique et elle est difficile à atteindre dans la pratique vu la variation des bruit et d'autres paramètres

21

## 5. Codage et modulation

22

### 5. Codage et modulation

- Avant de transmettre un **signal numérique** sur un canal il faut le coder .
- Il existe deux types de codage :
  - Codage en bande de base
    - Code tout ou rien
    - Code NRZ ( Non Return to Zero )
    - Code Bipolaire
    - Code RZ Biphase ( Manchester )
    - Code Manchester différentiel
    - Code Miller
  - Codage par modulation
    - Modulation Amplitude
    - Modulation Fréquence
    - Modulation Phase

23

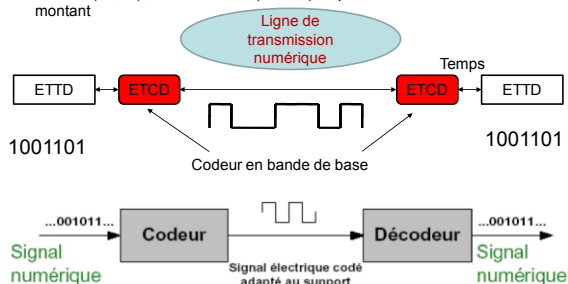
### 5.1 Transmission en bande de base ( pour signal numérique )

- Les **bits** sont directement représentés par des **tensions**
- Simplicité du codage mais **distance limitées** à quelques kilomètres (bande passante, rapidité de modulation, rapport signal/bruits...)
- Facilité la **régénération** du signal
- Possibilité de **détection les erreurs**
- C'est possible d'obtenir des **débits très importants**

24

### Transmission en bande base.

- Elle nécessite un codage des informations dans l'ETCD appelé alors **codeur bande base**.
- L'ETCD reçoit une suite de données  $\{a_i, a_i=1 \text{ ou } 0\}$  et les codes sur deux niveaux  $(-a, +a)$ , sur 3 niveaux  $(-a, 0, +a)$  ou par un front descendant ou montant



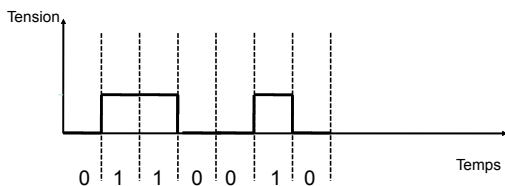
### 5.1.1 Codages en bande de base

- Code tout ou rien
- NRZ ( Non Return to Zero )
- Code Bipolaire
- Code RZ
- Biphase ( Manchester )
- Manchester différentiel
- Code Miller

26

#### 1. Code tout ou rien

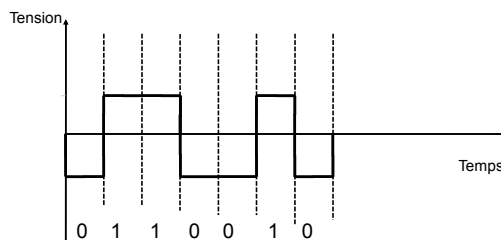
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Tension positive = 1  
 Tension Nulle = 0



27

#### 2. Code NRZ ( Non Return to zero )

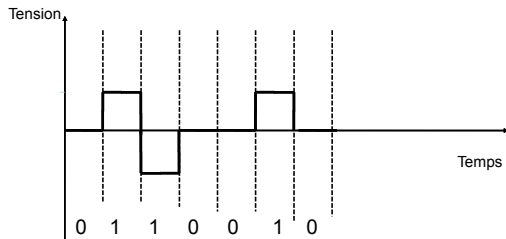
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Tension positive = 1  
 Tension négative = 0  
 Tension nulle : pas de transmission



28

### 3. Code bipolaire

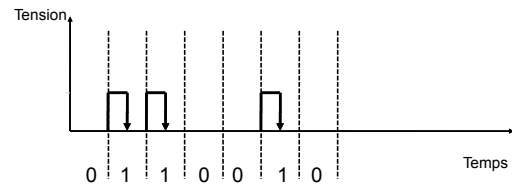
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Tension positive et négative alternativement = 1  
 Tension nulle = 0



29

### 4. Code RZ ( Return to Zero )

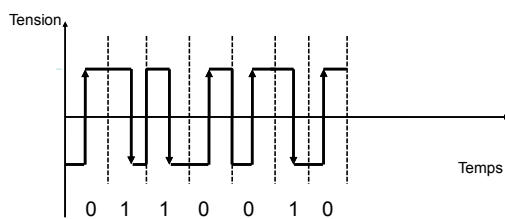
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Front descendant = 1  
 Tension nulle = 0



30

### 5. Code biphase ( Manchester )

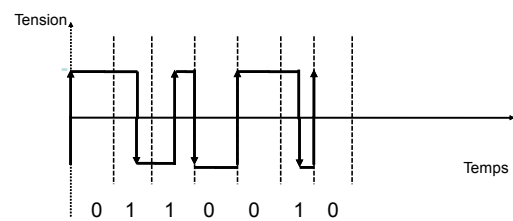
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Front montant = 0  
 Front descendant = 1  
 En milieu de la transition



31

### 6. Code biphase ( Manchester ) différentiel

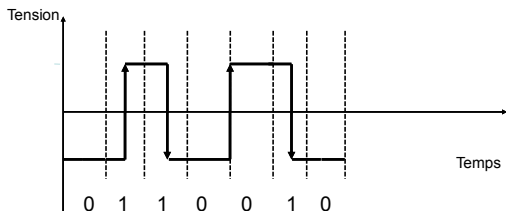
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 Front montant ou front descendant au milieu = 1  
 Front descendant ou montant au début = 0



32

### 7. Code Miller

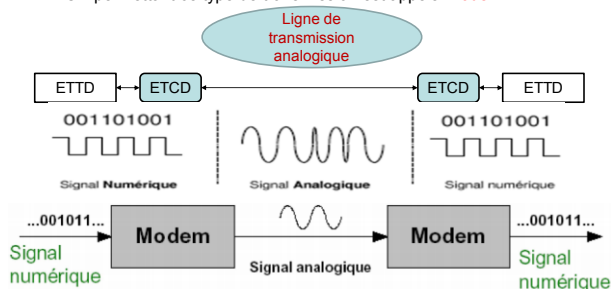
On utilise deux valeurs pour représenter le 0 et le 1  
 1 → Front montant ou front descendant au milieu  
 0 → pas de transition si suivi d'un 1  
 Front descendant ou montant à la fin



33

### 5.2 Transmission en modulation (pour signal numérique)

- Adaptée aux **longues distances**.
- Utilisé pour la **transmission** des données **numérique** sur une voie **analogique**
- On utilise un signal base dite **la porteuse** dont on modifie les caractéristiques.
- L'ETCD permettant ce type de transmission est appelé **modem**.



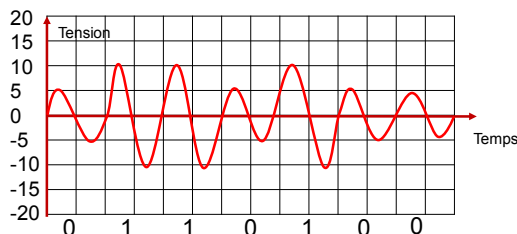
#### 5.2.1 Types de Modulation

- On utilise un signal de base dite **la porteuse** dont on modifie les caractéristiques.
- Plusieurs types
  - Modulation Amplitude :  $s(t) = A(t) \times \sin(f \cdot t + \varphi)$
  - Modulation Fréquence :  $s(t) = A \times \sin(f(t) \cdot t + \varphi)$
  - Modulation Phase :  $s(t) = A \times \sin(f \cdot t + \varphi(t))$

35

#### 5.2.2 Modulation en amplitude

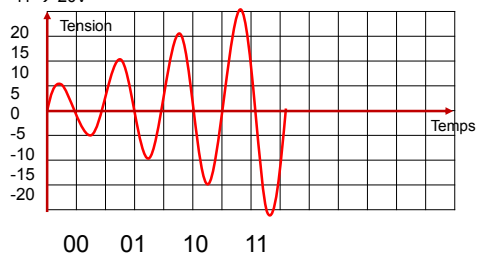
- Variation de l'amplitude ( la force ) de la porteuse
- L'information sur un bit prend deux valeurs 0 ou 1
- Pour chaque valeur on lui associe une tension ( une force )  
 Par exemple : Représenter l'information suivante(0110100) , en utilisant une modulation en d'amplitude.
- 1 → 10 V et 0 → 5 V



36

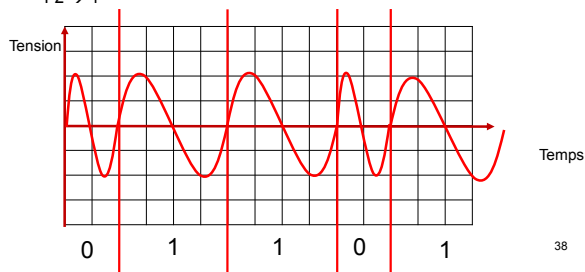
Dans l'exemple précédent on a vu qu'on peut coder un seul bit .  
C'est possible de coder plusieurs bits dans une seule modulation

- Exemple 2 : Représenter l'information suivante (00011011) , en utilisant une modulation en d'amplitude.
- 00 → 5 V
- 01 → 10 V
- 10 → 15 V
- 11 → 20V



## 5.2.4 Modulation en fréquence

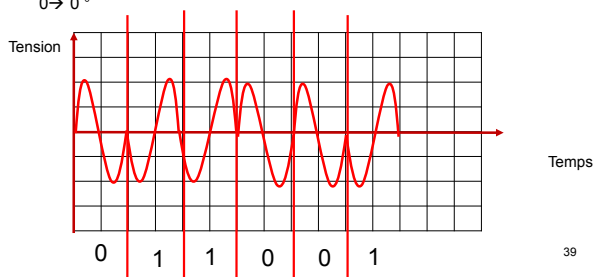
- Variation de la vitesse de la porteuse
- Exemple: Représenter l'information suivante(01101) , en utilisant une modulation en fréquence. on prend deux fréquence : f1 et f2  
F1 → 0  
F2 → 1



## 5.2.5 Modulation en phase

Variation du décalage de la porteuse

- Exemple : Représenter l'information suivante(011001) , en utilisant une modulation en phase. On considère deux phases ( 0° et 180° )  
1 → 180°  
0 → 0°



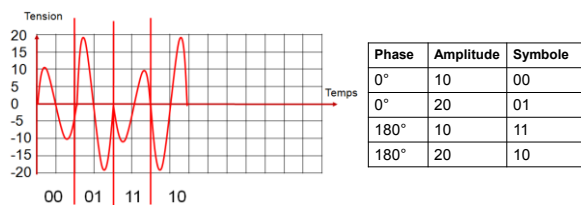
## 5.2.6 Modulation mixte

- C'est possible de varier deux paramètres du signal en même temps
  - Amplitude et phase
  - Amplitude et fréquence
  - Fréquence et phase
- L'objectif de la modulation mixte est de pouvoir coder le maximum de bits durant une modulation

40

## Modulation amplitude phase

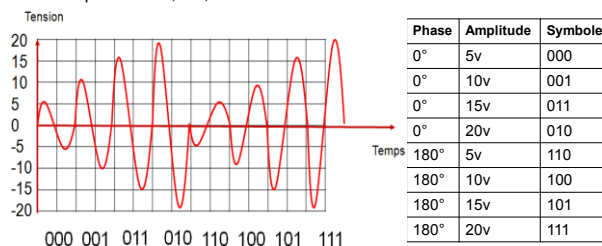
- Variation de la force et le décalage de la porteuse
- Par exemple : Représenter l'information suivante(00011110) , en utilisant une modulation en d'amplitude.
- on considère deux amplitudes ( 10 et 20 ) et deux phases ( 0° et 180° )



41

## Exemple de Modulation amplitude phase

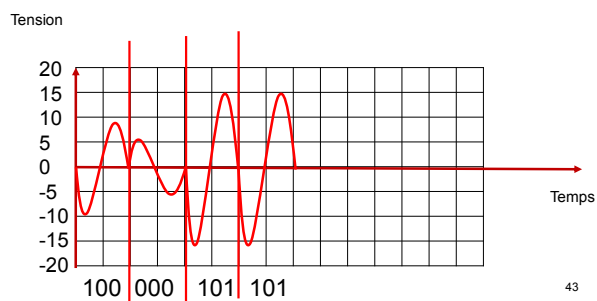
- Représenter l'information suivante(00001011010110100101111) , en utilisant une modulation d'amplitude phase (2 phases et 4 amplitudes).
- 2 phases : 0 et 180
- 4 amplitudes : 5 , 10 , 15 et 20



42

## Exemple

Représenter l'information suivante , en utilisant une modulation en Amplitude/phase avec 4 amplitudes et 2 phases .  
100 000 101 101



43

## 5.2.7 Rapidité de modulation

- La **rapidité de modulation** : est le nombre de modulations par seconde. Elle est mesuré en baud .
- Un baud représente le nombre de bit par modulation.  
1 baud = 1 symbole de K bits
- Exemple :
  - Avec une modulation sur deux niveaux :  
1 baud = 1 bits
  - Avec une modulation sur 4 niveaux :  
1 baud = 2 bits
  - Avec une modulation sur 8 niveaux :  
1 baud = 3 bits

44

### 5.2.8 Relation entre la rapidité de modulation est le débit binaire

- Théorème de Nyquist :
  - Soit un canal ayant une bande passante  $W$  et  $n$  le nombre de bits par modulation ( baud ).
  - Le débit est donné par la formule suivante :

$$D = 2.W . \log_2(2^n) = 2.W.n$$

- Exemple : soit une ligne téléphonique avec une bande passante de 3000HZ .
  - Avec une modulation de 3 bits :
$$D = 2.3000. \log_2(2^3) = 2.3000.3 = 18000 \text{ bits / s}$$
  - Et avec une modulation de 4 bits :  $D=24000$  bits /S

45

### 5.2.9 Normalisation de modems

- Les modems sont caractérisés par:
  - le débit de l'information transportée,
  - le support de transmission utilisable.
- Afin de transmettre les données , les modems effectuent les opération suivantes :
  - établissement du circuit,
  - initialisation de la transmission,
  - transmission,
  - libération du circuit.
- Tout ceci nécessite des dialogues entre l'ETCD et l'ETTD. Ce sont ces dialogues qui sont normalisés par le CCITT.

46

### Normes CCITT

- Le CCITT a défini un certain nombre de normes dit Avis
- Les avis qui concernent les modems analogiques sont notés V.numero ( Avis V21 , Avis V26 )
- Le CCITT recommande aussi les débits ainsi que les modulations utilisées.
- Le CCIT recommande les débits suivants : 600,1200,2400,3600,4800,7200,9600,12000,14400,28800,57600 bits/s.

47

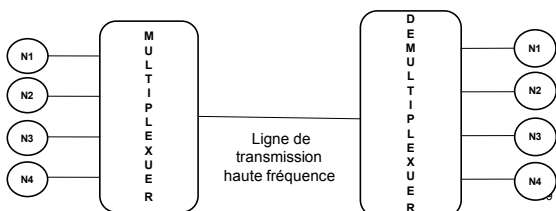
### Quelques types de modem

Avis	Débits Bits/s	Type de modulation	Vitesse de modulation
V.23	600/1200	Fréquence	600/1200
V.27	4800	Phase	1600
V.29	4800/9600	Phase + amplitude	4800/9600
V.32	4800/9600	Phase+amplitude	2400
V.34	Jusqu'à 28800	Phase + amplitude	3200

48

## 6. Multiplexage

- Partage d'une même ligne de transmission entre plusieurs communications simultanées.
- Combiner les données provenant de plusieurs voies de transmissions appelées voies basses vitesses (BV) ou basses fréquences sur une seule voie, appelée haute vitesse (HV) ou haute fréquence .
- La voie composite ( HV) est donc partagée.



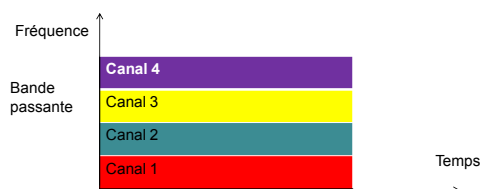
### 6.1 Types de multiplexage

- Deux types de multiplexage :
  - multiplexage Fréquentiel (FDMA : "Frequency division multiple access") : répartition en fréquence.
  - Multiplexage Temporel (TDMA : "Time division multiple access") : répartition en temps.
    - Statique
    - Statistique

50

### 6.2 Multiplexage fréquentiel

- Le principe consiste à répartir la bande passante en N sous bandes .
- Chaque sous bande est attribuée à une communication ( station )



- Cette technique est plus adapté au transmission analogiques et elle est simple à réalisé .
- Mais la bande passante n'est pas exploitée à 100% ( des station peuvent ne pas utiliser leurs sous bandes )

51

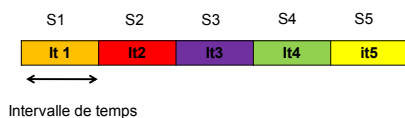
### 6.3 Multiplexage temporel

- Le temps de transmission est découpé en un ensemble d'intervalle , l'allocation peut être statique ou dynamique ( statistique )
  - Multiplexage statique ( accès réservé périodique. ) : un intervalle de temps (IT) est implicitement et périodiquement réservé pour chaque canal . Un IT au moins pour chacun des canaux
  - Statistique ( Dynamique ) : le nombre d'IT attribués à une station dépend de la demande.

52

### 6.3.1 Multiplexage temporel statique

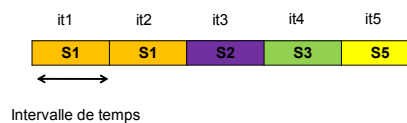
- Le temps de transmission est découpé en un ensemble d'intervalles ( égale au nombre de stations )
- Chaque station émet uniquement dans son intervalle de temps de façon périodique .
- Donc une station utilise toute la bande passante pendant un IT .
- Cette technique n'exploite pas bien la bande passante



53

### 6.3.2 Multiplexage temporel statistique

- Statistique lorsqu'on alloue au besoin la ligne pour une des liaisons sur lesquelles il y a émission.
- Le temps de transmission est découpé en un ensemble d'intervalles
- Lorsque une station veut émettre un intervalle de temps est lui alloué
- Une station peut utiliser deux plusieurs intervalles de temps tandis que les autres stations sont au repos .
- Cette technique exploite bien la bande passante mais elle est un peu délicate à mettre en œuvre .



54