



## Les Transmissions de Données

# Généralités

cours@urec.cnrs.fr



# Généralités

- ◆ **Création**

1998 Bernard TUY

- ◆ **Modification**

1999 Jean-Paul GAUTIER

## Plan

- ◆ Historique
- ◆ Eléments de transport de l'information
- ◆ Supports de transmission
- ◆ Modulation d'un signal
- ◆ Multiplexage de signaux
- ◆ Types de transmissions
- ◆ Synchronisation des transmissions
- ◆ Codage des signaux
- ◆ Numérisation d'un signal
- ◆ Bibliographie

## Historique

- ◆ 1865 : Télégraphe (S.B. Morse)
- ◆ 1876 : Téléphone (Bell)
- ◆ 1930 : Télévision (principes)
- ◆ 1963 : Télex, liaisons spécialisées
- ◆ 1964 : Transmission de données sur RTC
- ◆ 1969 : Internet
- ◆ 1970 : Réseaux locaux
- ◆ 1977 : Transmic
- ◆ 1978 : Transpac
- ◆ 1988 : RNIS
- ◆ 1995 : ATM

## Éléments de transport de l'information

équipements voisins



Canal de Transmission :  
 (ou support physique)  
 Coaxial, Fibre optique ...

ETTD :  
*Équipement Terminal de  
 Transmission de Données*

## Éléments de transport de l'information

équipements distants

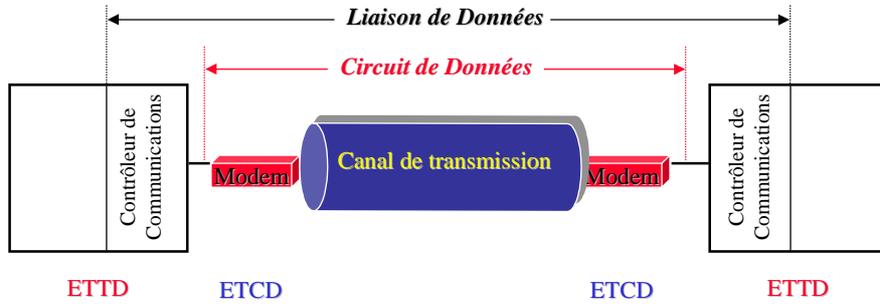


ETCD :  
*Équipement Terminal de  
 Circuit de Données*

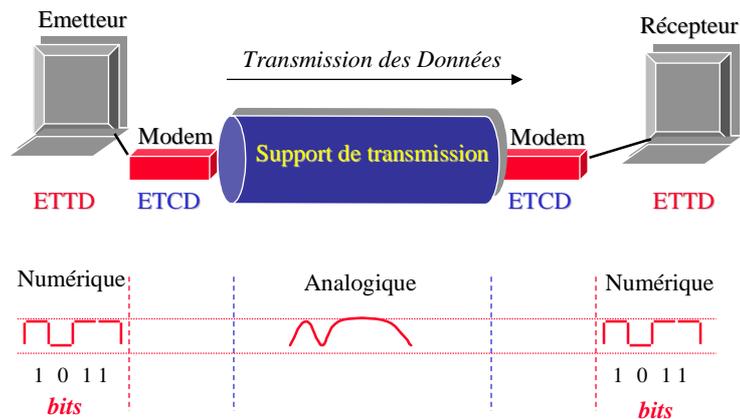
Modem :  
 Modulateur / Démodulateur

Canal de Transmission :  
 Ligne téléphonique

## Éléments de transport de l'information équipements distants



## Nature de l'information transportée



Propagation des ondes

- électriques : paires métalliques, coaxial
- électro-magnétiques : milieu aérien
- lumineuses : milieu aérien, fibre optique

## Supports de Transmission

Types	Bande Passante	Utilisation
Paire Torsadée (TP)	> 100 kHz	Téléphonie, LAN (UTP, STP)
Câble coaxial	> 100 MHz	Télévision, LAN, (MAN ?)
Fibre Optique	> 1 GHz	LAN, MAN et WAN (monomode #60 km, Xmode #2 km)
Faisceaux Hertziens	Variable (nature et fréquence)	MAN, LAN
Satellites	X canaux > 10 MHz	WAN

*LAN: Local Area Network      MAN: Metropolitan Area Netw.      WAN: Wide Area Network*

## Définitions

◆ **Bande Passante (Hz) :**

*Caractérise tout support de transmission, c'est la bande de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement reçus*

$$W = F_{max} - F_{min}$$

*ex : l'atmosphère élimine les U.V.,*

*l'oreille humaine est sensible dans la bande 15-15000 Hz*

◆ **Débit binaire qui caractérise une liaison**

**(bits/s ou bps) :** formule de Shannon

*est une fonction directe de la bande passante (W) :*

$$D = W \log_2 (1 + S/N) \quad S/N = \text{signal/bruit}$$

*c'est la quantité maximale d'information transmissible sur une voie*

*ex : W=3100 Hz   S/N=1000   D#30000 bps*

## Définitions (2)

### ◆ Unités

#### **Hertz (Hz) :**

*La fréquence d'un signal, exprimée en Hertz, est le nombre de périodes (ou d'oscillations) par seconde*

kHz, MHz, GHz ...

## Transmission de Données et bande Passante

- ◆ Le spectre du signal à transmettre doit être compris dans la bande passante du support physique !
- ◆ La transmission d'un signal à spectre étroit sur un support à large bande passante => mauvaise utilisation du support de transmission.
- ◆ On a recours aux techniques de **Modulation** et de **Multiplexage** pour pallier ces problèmes
  - adaptation des signaux au support
  - rentabiliser l'utilisation du support

## Modulation d'un signal

- ◆ Un signal est caractérisé par :  
son amplitude  $A$ , sa fréquence  $f$ , et sa phase  $\Phi$ , tel que :

$$y(t) = A \sin(2 \Pi f t + \Phi) \quad f = 1 / T$$

( $T$  = période)

- ◆ Le signal est transporté sous la forme d'une onde faisant varier une des caractéristiques physiques du support :
  - ddp électrique
  - onde radio-électrique
  - intensité lumineuse (fibre optique)

## Modulation d'un signal (2)

- ◆ Le signal se présente sous la forme d'une onde de base régulière : **porteuse**  
$$p(t) = A_p \cos(2 \Pi f t_p + \Phi_p)$$

on fait subir des déformations (ou **modulations**) à cette porteuse pour distinguer les éléments du message
- ◆ => 4 types de modulations :
  - modulation d'amplitude
  - modulation de fréquence
  - modulation de phase (*synchronisation*)
  - modulation combinée (*ex.: d'amplitude et de phase*)
- ◆ Nbre modulations/s =  $f(W)$  du canal de transmission

## Effets de la modulation

*La modulation est la transformation d'un message à transmettre en un signal adapté à la transmission sur un support physique*

- ◆ **transposition** dans un domaine de fréquences adapté au support de transmission
- ◆ meilleure **protection** du signal contre le bruit
- ◆ transmission simultanée de messages dans des bandes de fréquences adjacentes : meilleure utilisation du support

## Modulation et Débit binaire

- ◆ **Rapidité de modulation** (signal numérique) :

$$R_m \text{ (bauds)} = 1 / T \quad T: \text{intervalle de modulation}$$

Un signal numérique dont la durée de chaque élément binaire est  $\Delta$

- ◆ **Modulation de la porteuse en fréquence :**

a ) avec 2 valeurs de fréquence (0,1)

l'intervalle de modulation  $T$  = transport d'un élément binaire (*bit*)

$$\Rightarrow R_m \text{ (bauds)} = 1 / T = D \text{ (bits/s)}$$

b ) avec 4 valeurs de fréquence (00,01,10,11)

l'intervalle de modulation  $T$  = transport de 2 bits

$$\Rightarrow R_m \text{ (bauds)} = 1 / T \text{ et } D \text{ (bits/s)} = 2 \times 1 / T$$

## Modulation et Débit binaire

- ◆ d'une façon générale on a :

$$D \text{ (bits/s)} = q \cdot R_m$$

$q$  : nb bits / intervalle de modulation  
(valence du signal =  $2^{**}q$ )

- ◆ Remarque :

lorsque  $q = 1$  (modulation simple), le débit binaire (bits/s) est égal à la Rapidité de modulation (bauds)

Par abus de langage on a pu parler de Débits en bauds (avec  $q \neq 1$ )

## Multiplexage

- ◆ Objectif :

Optimiser l'usage des canaux de transmission

=> transit simultané du maximum d'informations

- ◆ Principe :

Traiter le signal pour concentrer des flux d'origines diverses sous forme d'un signal composite unique

=> signal multiplex

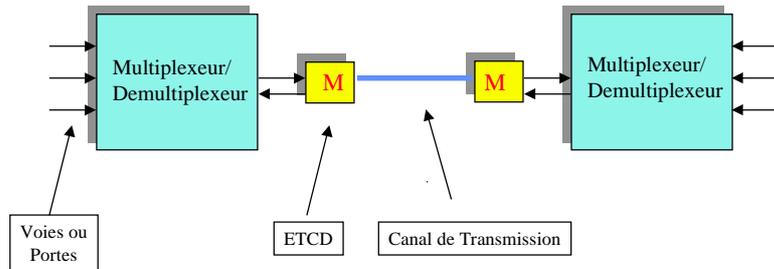
- ◆ 3 techniques coexistent :

Multiplexage en fréquences

Multiplexage temporel

Multiplexage temporel statistique

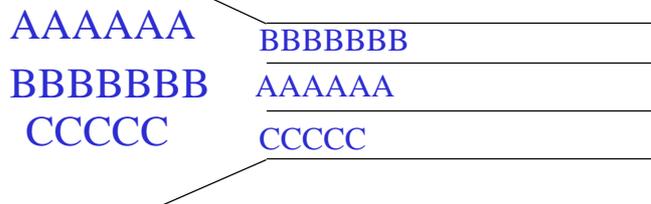
## Multiplexage: équipements



## Multiplexage en fréquence

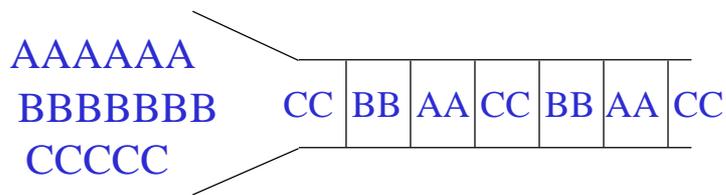
◆ Principe:

Découper la bande passante d'un canal en plusieurs sous-bandes  
 chaque sous-bande est affectée à une voie de transmission



## Multiplexage temporel

- ◆ Appelé souvent TDM (*Time Division Multiplexing*)
- ◆ Principe :  
Des bits ou (des octets) sont prélevés successivement sur les différentes voies reliées au multiplexeur pour construire un train de bits (ou d'octets) qui constituera le **signal composite**



Chaque intervalle de temps ( **IT** ) est affecté à une voie

## Multiplexage temporel statistique

- ◆ Principe :  
Le prélèvement sur les différentes voies reliées au multiplexeur n'est plus cyclique mais modifie dynamiquement en permanence selon l'activité réelle sur chacune d'elle  
Récupérer la bande passante des voies inactives (*mais obligation de transmettre l'adresse de la voie émettrice*)
- ◆ Avantage :  
Utilisation d'une voie d'acheminement du signal composite dont le débits ( $D_t$ ) est inférieur à la somme des débits des voies reliées au multiplexeur ( $\sum D_i$ ), il y a sur-allocation (overbooking)  
le rapport  $\sum D_i / D_t$  est couramment de 4 à 5  
=> très utilisé pour les lignes spécialisées permanentes

## Types de transmissions

- ◆ Transmission analogique :
    - signal analogique (radio, téléphone...)
    - signal numérique (ordinateur)
  
  - ◆ Transmission numérique :
    - signal numérique (Bande de Base)
    - signal analogique (MIC‡)
    - nécessite la numérisation du signal
- ‡ MIC : Modulation par Impulsion et Codage (Pulse Coding Modulation)

## Transmissions analogiques

- ◆ (ou transmissions par modulation d'une onde porteuse)
  - le spectre des signaux modulés est centré sur la fréquence porteuse
  - largeur du spectre = largeur du spectre des signaux à transmettre
  - => **transmission par transposition de fréquence**
  - la porteuse n'a d'autre rôle que de transporter les signaux dans la bande passante du support
  - elle ne véhicule en elle-même aucune information, seule sa modulation a une signification
  - L'opération de modulation / démodulation du signal est réalisée par un **Modem** (ou ETCD)

## Transmissions analogiques (2)

### Utilisation des différentes modulations

- ◆ Modulations d'amplitude :
  - radiodiffusion mono et stéréophonique
  - téléphonie
- ◆ Modulation de fréquence :
  - radiodiffusion stéréophonique, télédiffusion
  - téléphonie
- ◆ Modulation de phase :
  - transport des signaux numériques sur les circuits téléphoniques
  - faisceaux hertziens (2GHz / 370 MHz)
  - liaisons satellites

## Transmissions numériques

### ou Bande de Base

- ◆ Un signal en bande de base (BdB) ne subit pas de transposition en fréquence, l'ETCD est un simple codeur (codeur BdB)
- ◆ utilisable seulement sur les supports n'introduisant pas de décalage en fréquence
- ◆ le signal occupe toute la bande passante disponible
- ◆ avantages : simplicité et faible coût  
(pas de phase de modulation / démodulation)



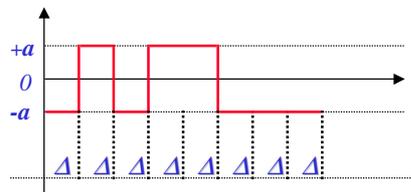
La suite des symboles transformés appartient à un alphabet fini  
 $\Delta = n \times T, (n \in \mathbb{N}, n > 0)$

## Codage d'un signal

- ◆ La transmission directe de la suite des symboles binaires n'est pas possible :
  - limitation de la bande passante vers les fréquences extrêmes de nombreux supports de transmission :
    - adaptateurs d'impédance, transformateurs d'isolement ...
  - il faut transmettre le rythme d'horloge pour pouvoir reconstituer la séquence des données reçues
  - la déformation des signaux transmis augmente avec la largeur de la bande de fréquence utilisée (*on cherche à réduire la fréquence principale du signal transmis*)
- ◆ Les fonctions de codage permettent d'adapter le signal au support de transmission
- ◆ codages à 2  $(-a, +a)$  ou 3 niveaux  $(-a, 0, +a)$

## Exemple de fonctions de codage

- ◆ Codages à 2 niveaux :
  - codage NRZ (*No Return to Zero*)
  - $0 \Rightarrow -a$  et  $1 \Rightarrow +a$
  - la suite binaire 01011000 est représentée par :



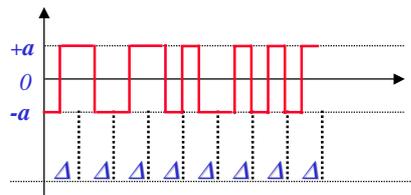
On montre que le spectre de puissance du signal NRZ est concentré au voisinage des basses fréquences  
 => mauvaise transmission par le support

## Codage à 2 niveaux

### ◆ Codage de Manchester :

consiste à introduire dans le signal des transitions au milieu de chaque intervalle  $\Delta$  (ex.: 0 => *front montant*, 1 => *front descendant*)

La même suite binaire que précédemment (01011000) sera codée :



Le spectre de puissance du signal Manchester s'étale sur la bande de fréquence  $[0, 2\Delta]$

=> bien adapté à un support à bande passante assez large

## Autres codages

### ◆ codage à 2 niveaux

Manchester différentiel

$|a_{i-1} - a_i|$  vaut 0 => front montant

$|a_{i-1} - a_i|$  vaut 1 => front descendant

Code de Miller : codage Manchester en supprimant une transition sur deux.

### ◆ codage à 3 niveaux

bipolaire simple

signal transmis vaut 0 si la donnée vaut 0

signal transmis vaut alternativement +a ou -a si la donnée vaut 1

BHDn

variantes du code bipolaire simple destinées à limiter le nombre de zéros successifs

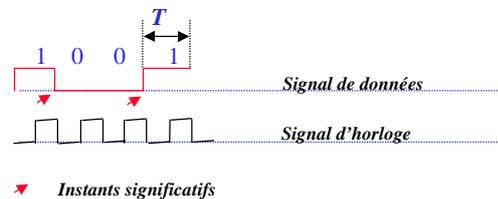
## Synchronisation des transmissions

### ◆ Transmissions synchrones:

Une suite de données est synchrone quand le temps qui sépare les différents instants significatifs est un entier multiple du même intervalle de temps  $T$

(les caractères se suivent sans séparation)

Un signal de base de temps (ou d'horloge) est toujours associé aux données



## Synchronisation des transmissions (2)

### ◆ Transmissions asynchrones

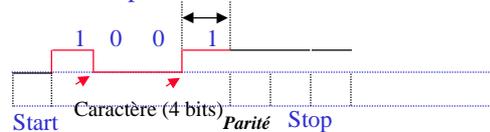
Une suite de données à instants aléatoires est plutôt transmise caractère par caractère

=> succession de trains de symboles binaires séparés par des intervalles quelconques

La transmission asynchrone des données nécessite l'adjonction à chaque caractère transmis d'éléments de repérage : Start et Stop bits

La durée du Start bit = durée de 1 bit du caractère (déclenchement de l'horloge locale)

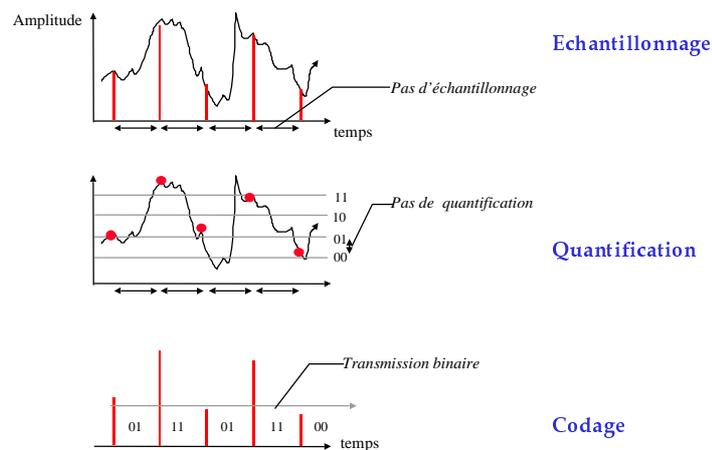
La durée du Stop bit = 1, 1.5 ou 2 bits du caractère (arrêt de l'horloge)



## Modes d'échange

- ◆ Simplex  
*1 seul sens d'émission dans le canal de transmission*
- ◆ Duplex à l'alternat (semi duplex)  
*Un émetteur à chaque extrémité, émission à tour de rôle dans le même canal de transmission*
- ◆ Duplex  
*Un émetteur à chaque extrémité, émission simultanée*
- ◆ Transmissions parallèles  
*Bus des ordinateurs (E)ISA, PCMCIA, VME ...*
- ◆ Transmissions série
- ◆ Transmissions Point à Point
- ◆ Transmissions Multipoint

## Numérisation: exemple du MIC‡



‡ MIC : Modulation par Impulsion et Codage



## Numérisation de la voix

- ◆ La voix :

$$f_{max} = 4000 \text{ Hz}$$

$$f_{ech} = 2 \times 4000 \text{ Hz} = 8 \text{ kHz}$$

$$\text{échantillonnage} = 125 \mu\text{s}$$

$$\text{débit} = 64 \text{ kb/s (pour un échantillonnage sur 8 bits)}$$

- ◆ hi-fi :

$$f_{max} = 20\,000 \text{ Hz (20 kHz)}$$

$$\text{débit} \approx 700 \text{ kb/s (pour un échantillonnage sur 16 bits)}$$



## Numérisation de l'image (vidéo)

- ◆ Normes

JPEG, MPEG, H.261

vidéoconférence : H.320, H.324, T.120

- ◆ Structure vidéo

série de trames (24 ou 30 trames/s)

conversion analogique → numérique

(le composant de base est le *pixel*)

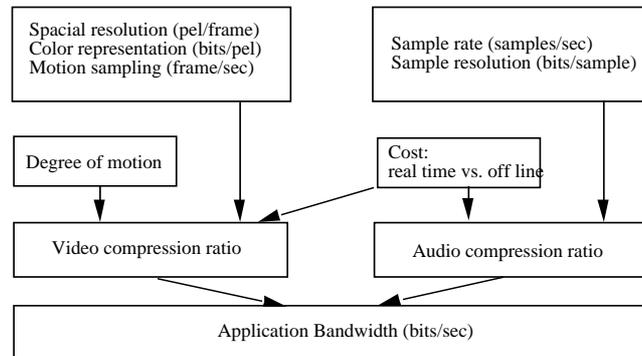
résolution des images ( $N \times M$  pixels) :

VHS : 200 x 300

VGA : 640 x 480

SVGA : > 800 x 600

## Principe du codage vidéo



## Exemples de débits

- **Magnétoscope & TV haute définition**
  - VCR (352x240 pxls) (24 bits/pxls) (30 f/s)  
brut # 60 Mbps, compressé 1.1 Mbps
  - HDTV (1125 lignes) (24 bits/pxls) (30 f/s)  
brut # 800 Mbps, compressé 60-127 Mbps
- **Taux de compression**
  - Jusqu'à 20:1 pour images (*Lossy coding*)
  - Jusqu'à 100:1 pour vidéo (*Lossy Coding*)

## Bibliographie

- ◆ **Téléinformatique**  
C. Macchi *et al*, *Dunod Informatique*
- ◆ **Réseaux et Télématique**  
G. Pujolle *et al*, *Eyrolles*
- ◆ **Passeport pour les Réseaux**  
Réseaux & Telecoms, IDG France Books
- ◆ **Câblage haut débit**  
A. Delahousse, *Hermès*