



Téléinformatique

Antoine Gallais, Maître de Conférences

Université Louis Pasteur, Département Informatique
Equipe Réseaux et Protocoles du LSIIT

Antoine.Gallais@dpt-info.u-strasbg.fr
<http://clarinet.u-strasbg.fr/~gallais>

Ce cours est construit sur la base de plusieurs supports pédagogiques parmi lesquels les cours de Jean-Jacques Pansiot, Gilles Grimaud, Nathalie Mitton, Nadia Bel Hadj Alissa. L'usage de ce support ne peut être ni académique.

Bilan

- **Généralités**
 - Réseaux, topologies, historique (Ethernet, Internet, ATM...)
 - Normalisation et standardisation
- **Modèles en couches et protocoles de communication**
 - OSI, TCP/IP
- **Différents types de commutation**
 - Circuits, messages, paquets
- **Supports et Techniques de transmission de données**
 - Cable coaxial, paire torsadée, fibre optique, ondes...
 - Série de Fourier (approximation signal sinusoïdal, harmoniques)
- **Définitions et théorèmes**
 - Débit, fréquence, bande passante
 - Nyquist, Shanon (Rapport signal à bruit, conversion rapports d'énergie en décibels)

Téléinformatique – LP SIL/ARS 2008/2009

Plan

- **Techniques de transmission**
 - En bande de base
 - En large bande

Téléinformatique – LP SIL/ARS 2008/2009

Techniques de transmission

- Variation de l'intensité électrique
 - Cable coaxial, paire torsadée
- Variation de l'intensité lumineuse
 - Fibre optique
- Création d'un champ électromagnétique
 - Ondes radio

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Avant la transmission

- De la couche liaison
 - Données -> Succession de bits
- Plusieurs codages
 - Télégraphique (32 caractères disponibles)
 - ASCII (128 caractères disponibles)
 - Unicode (65536 caractères disponibles)

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Transmettre les données

- En parallèle ou en série
- En parallèle
 - Envois simultanés sur des supports distincts
 - Utilisé sur de courtes distances
 - Problèmes de synchronisation
- En série
 - Envois successifs sur un même support
 - 2 façons d'émettre en série
 - Synchrone ou asynchrone

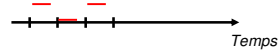
Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Transmission en série

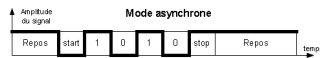
■ De façon synchrone

- Synchronisation Emetteur/récepteur
- Chaque 1er bit est envoyé au début d'un intervalle de temps



■ De façon asynchrone

- Aucune relation émetteur/récepteur pré-établie
- Caractère encadré par bits *Start/Stop*



Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

Lors d'une transmission

■ Signaux synchronisés par une horloge

■ Signaux atténués, « bruités »

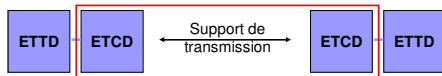
- Cf. rapport *SNR*

■ ETCD

- Equipement Terminal de Circuit de Données

■ ETTD

- Equipement Terminal de Traitement de Données



Téléinformatique – LP SIL/ARS

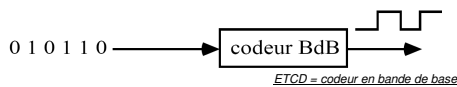
2008/2009

Circuit de données

Transmission en bande de base

■ Caractéristiques

- Signaux numériques, centrés autour de la fréquence nulle (cf. Fourier)
- Pas de transposition de fréquence (différent de la modulation...)
- Signal envoyé directement sur le canal après codage



ETCD = codeur en bande de base

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

Codes en bande de base

- Codes à deux niveaux
 - NRZ, RZ ...
- Codes en transition
 - Miller, Manchester ...
- Codes à 3 niveaux
 - BHDn...

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

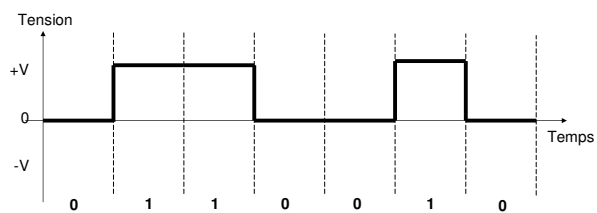
Codes en bande de base

- Codes à deux niveaux
 - NRZ, RZ ...
- Codes à 3 niveaux
 - BHDn...
- Codes en transition
 - Miller, Manchester ...

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code tout ou rien (1)



Circuit ouvert : 0
Circuit fermé : 1

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code tout ou rien (2)

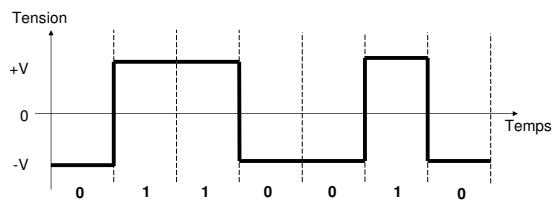
- Tension nulle : envoi d'un 0 binaire
 - Peut aussi correspondre à l'absence d'envoi de données
- Besoin d'une synchronisation parfaite
 - Ex: Si une suite binaire comprend plusieurs 0 ou 1 consécutifs, il faut que l'émetteur et le récepteur soient parfaitement synchronisés pour que le décodage se fasse correctement.
- Code ambigu pouvant mener à des erreurs

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code NRZ (1)

Non Return to Zero



Circuit ouvert => pas de transmission
Circuit fermé => tension positive 1
tension négative 0

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code NRZ (2)

- Résolution du problème d'absence de signal sur le câble
 - 1 codé par un signal de n volts
 - 0 par un signal opposé.
- Laisons de type RS232 entre ordinateurs
 - Norme standardisant un port de communication de type série.

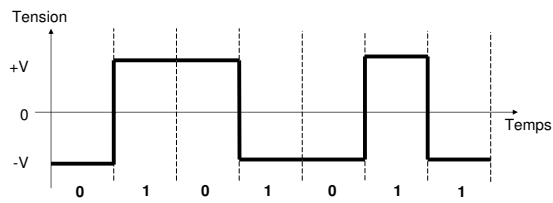


Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code NRZI

Non Return to Zero - Inverted



Circuit ouvert => pas de transmission
Circuit fermé => tension changeante 1
tension identique 0

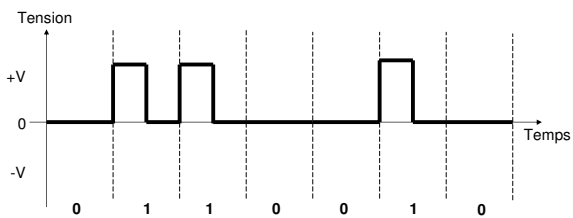


Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code RZ

Return to Zero



Front descendant : 1
Sinon : 0
(détecter un front descendant)

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Codes en bande de base

■ Codes à deux niveaux

□ NRZ, RZ ...

■ Codes à 3 niveaux

□ BHDn...

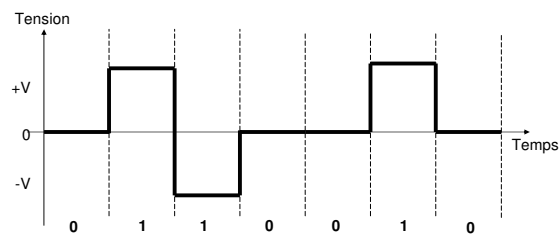
■ Codes en transition

□ Miller, Manchester ...

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code bipolaire (1)



0: Circuit ouvert
1: Inverse de la valeur transmise au 1 précédent
(Éviter de maintenir un signal continu)

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

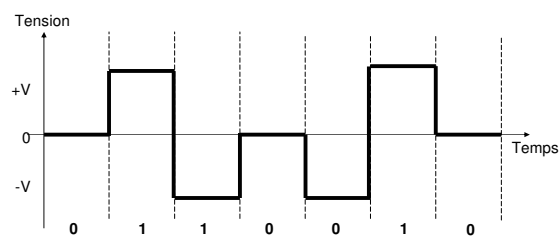
Code bipolaire (2)

- Il faut pouvoir distinguer $+V$ de $-V$
 - Cables...
- Impossible de différencier un 0 de *rien*
- Possibilité d'avoir 3 niveaux...
 - $+V$, $-V$ et 0

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

Code BHD *Bipolaire Haute Densité*



0: Si les $n+1$ bits suivants ne sont pas tous à 0, idem que le codage bipolaire simple.
Si les $n+1$ bits suivants sont tous à 0, les n bits suivants sont codés à 0
et le $n+1$ sera codé avec la même valeur que le code du 1 précédent (on viole alors l'alternance)

1: comme en code bipolaire (inverse du précédent)

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

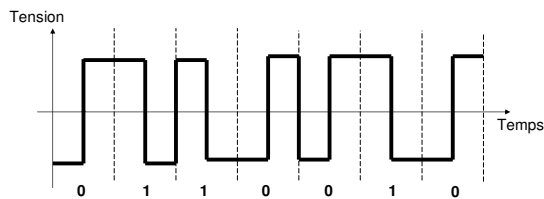
Codes en bande de base

- Codes à deux niveaux
 - NRZ, RZ ...
- Codes à 3 niveaux
 - BHD n ...
- Codes en transition
 - Miller, Manchester ...

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code Manchester (1)



Front montant dans l'intervalle : 0
Front descendant dans l'intervalle : 1
Ethernet

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

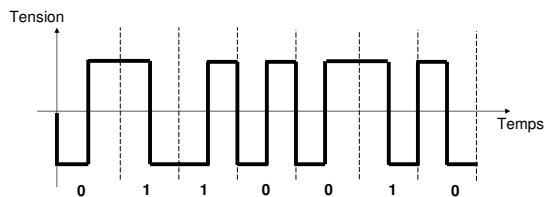
Code Manchester (2)

- Code basé sur les variations du signal
 - Ce n'est plus la tension qui est importante mais la différence de signal
 - 1 codé par un passage de la tension n à $-n$
 - 0 par le passage en sens inverse.
- Aussi appelé le code biphasé
- Solution au problème de détection des longues suites de 0 ou 1
- Mise en oeuvre dans les réseaux Ethernet

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code Manchester différentiel (1)



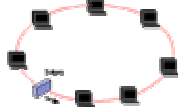
Transition au début : 0
sinon : 1

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code Manchester différentiel (2)

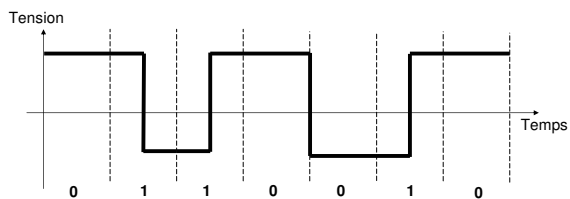
- Aussi appelé code biphase différentiel
 - Meilleure protection contre les signaux parasites
- Similaire au précédent
 - 0 est codé par une transition en début d'horloge
 - contrairement au bit 1
- Dans les deux cas
 - changement de tension réalisé en milieu de temps horloge.
- Utilisé dans la norme 802.5
 - réseau de type anneau à jeton



Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code Miller (1)



Front dans l'intervalle : 1
Pas de front sur l'intervalle : 0
(détecter des fronts et minimiser le nombre d'oscillations)

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Code Miller (2)

■ Codage

- ☐ 1 codé par une transition en milieu de temps horloge
- ☐ 0 par une absence de transition

■ Problème de synchronisation

- ☐ Longues suites de 0
- ☐ Si un bit 0 est suivi d'un autre 0 une transition est ajoutée à la fin du temps horloge.

Transmission en bande de base: Conclusion

■ Avantages/Inconvénients

- ⊙ Mise en œuvre très simple et peu coûteuse
- ⊙ Adaptée à la transmission de données
- ⊙ Débits très élevés ...
- ⊙ ... sur de courtes distances seulement

⇒ Pourquoi?

Atténuation, distorsion et bruit

■ Atténuation

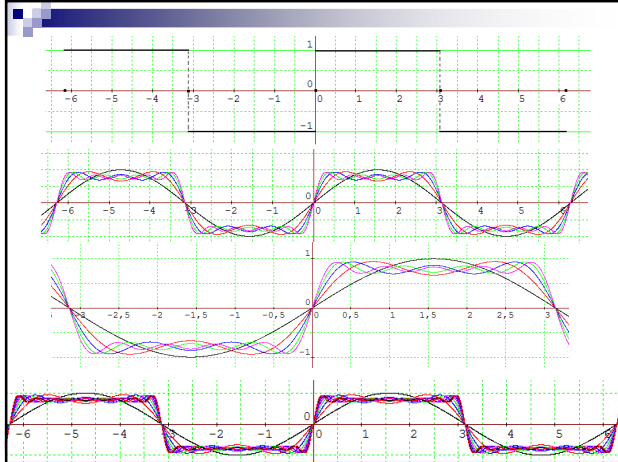
- ☐ Perte d'énergie subie par le signal durant sa transmission
- ☐ Exprimée en dB/km
- ☐ Varie selon la fréquence du signal
- ⇒ Réception d'une série de Fourier au spectre différent de celui à l'émission...

■ Distorsion

- ☐ Propagations à des vitesses différentes des composantes

■ Bruit

- ☐ Constitué d'énergie parasite
 - Bruit thermique à cause du mouvement des électrons dans le medium
 - Diaphonie en fonction du medium (cables trop proches...)



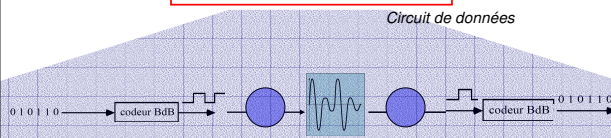
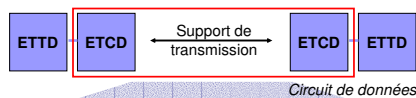
Transmission en large bande (1)

- Idée: utiliser des signaux analogiques
 - Moins sensibles aux atténuations/distorsions/bruits
 - ⊙ Débits élevés sur de longues distances
- Un signal de fréquence comprise entre 1000 et 2000Hz
 - Signal porteur ou **porteuse**
- Transmission des informations binaires
 - Modulation de la porteuse
 - D'amplitude
 - De fréquence
 - De phase

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

Transmissions en large bande (2)

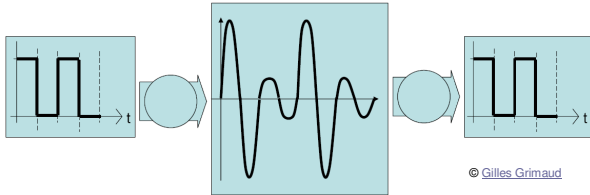


- Comment transcrire le code en bande de base?
 - ⇒ Introduire la modulation
 - ⇒ Besoin d'un modulateur et d'un démodulateur
 - ⇒ Liaison bidirectionnelle permise par un Modem

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009

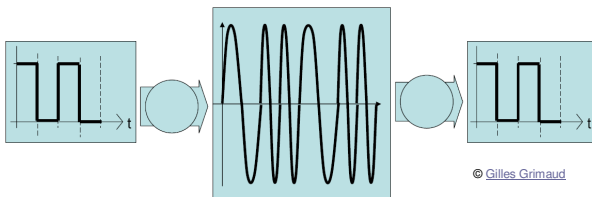
Modulation d'amplitude (AM)



Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

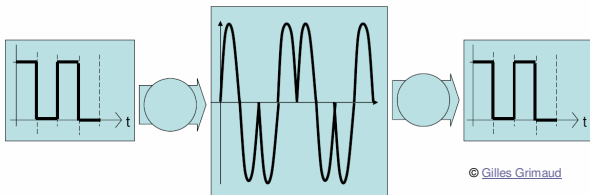
Modulation de fréquence (FM)



Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Modulation de phase (PM)



Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Rapidité de modulation

- Débit binaire: $D = 1/T$ b/s (T = durée du bit)
- Rapidité de modulation : $R = 1/\Delta$ bauds
 - Δ = moment élémentaire
 - Δ : plus petit intervalle pendant lequel le signal reste constant
 - R : nombre de fois où le signal change d'état par seconde
- Exemples
 - $T = 1 \mu s$, $\Delta = 1 \mu s \Rightarrow D = R = 10^6$
 - 1 bit par moment élémentaire
 - $T = 1 \mu s$, $\Delta = 0,5 \mu s$, $D = 10^6$ b/s, $R = 2D = 2 \cdot 10^6$ bauds
 - 2 moments élémentaires par bit (ex code Manchester)
 - $T = 1 \mu s$, $\Delta = 8 \mu s$, $D = 10^6$ b/s, $R = D/8 = 1,25 \cdot 10^5$ bauds
 - 8 bits par moment élémentaire
 - code à $2^8 = 256$ niveaux

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Débits en transmission modulée

- Pour obtenir de hauts débits
 - Inutile d'augmenter la vitesse de modulation (cf. Nyquist)
 - Même avec un canal parfait à 3000 Hz, vain d'aller au-delà de 6000 Hz en fréquence d'échantillonnage
- Dans la plupart des cas
 - 2400 modulations par seconde (2400 bauds)
- Solution pour augmenter le débit
 - Faire correspondre davantage de bits par moment élémentaire

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Vitesse de modulation et débit

- Vitesse de modulation
 - Nombre de symboles par seconde
- Valence = nombre de niveaux possibles par modulation
 - Dépend du type de modulation
 - A chaque symbole correspond un nombre n de bits
- Relation entre débit et vitesse de modulation:
 - Débit = (nb symboles par seconde) * valence

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Exemple et exercice

■ Exemple

- 2 niveaux de tension: un 0 ou un 1
- Une ligne à 2400 bauds
- ⇒ un débit de 2400 bits/seconde
- ⇒ Ici: valence = 2 (niveaux possibles par moment élémentaire)

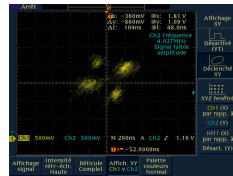
■ Exercice:

- Quel débit s'il est possible d'avoir une tension de +1, +2, +3 ou +4 volts?

Diagramme spatial (ou constellation)

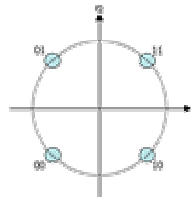
■ Communication entre 2 modems

- Doivent utiliser le même diagramme
- Dépend du débit assuré par le modem
- Modems haut-débits proposent des émulations des plus bas débits



■ Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

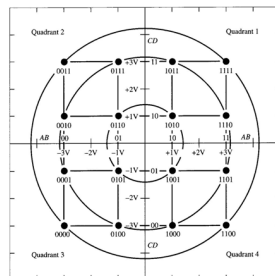
- Modulation de phase
- 4 niveaux possibles



Combinaison de modulations

■ Combiner QPSK à de la modulation d'amplitude

- 4 niveaux d'amplitude
- + 4 phases
- = 16 combinaisons différentes (2^4)
- ⇒ 4 bits par symbole
- ⇒ Modulation d'Amplitude en Quadrature de phase (QAM)
- ⇒ Ici: **QAM-16** (ou 16-QAM)

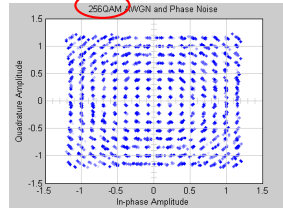


■ Exercice

- Quel débit avec une ligne à 2400 bauds?

Qualité de la transmission

- Erreurs de transmission
 - Densité du diagramme spatial
 - Plus il y a de points, plus il est difficile de lire à l'arrivée
- Correction des erreurs
 - Bit supplémentaire
- Norme v32
 - 32 points dans la constellation
 - En théorie 5 bits par moment
 - Seuls 4 de données
 - ⇒ Débit = $4 \times 2400 = 9600$ b/s



Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Evolution des normes (1)

- v32 bis
 - 128 points dans la constellation
 - QAM-128
 - Utilisée dans les modems-fax
 - $128 = 2^7$ donc 7 bits par symbole
 - 1 bit de parité
 - Restent 6 bits de données
 - Soit un débit de $6 \times 2400 = 14400$ b/s

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Evolution des normes (2)

- v34
 - 12 bits par symbole
 - Débit = 28800 b/s
- v34 bis
 - 14 bits par symbole
 - Débit = 33600 b/s
- Dépasser 33600 b/s
 - Compression des données par le modem
 - Test de la ligne avant l'envoi et adaptation du débit en fonction de la qualité évaluée

Téléinformatique - LP SIL/ARS

2008/2009

Transmission en large bande: conclusion

■ Avantages/Inconvénients

- ⊗ Débits élevés sur de longues distances
- ⊗ Mise en œuvre complexe et coûteuse
- ⊗ Utilisation d'un convertisseur analogique-numérique
 - ⊗ CAN ou ADC pour Analogic to Digital Converter

Téléinformatique – LP SIL/ARS

2008/2009



ULP
UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR
UNIVERSITY OF STRASBOURG

Téléinformatique

Antoine Gallais, Maître de Conférences

Université Louis Pasteur, Département Informatique
Equipe Réseaux et Protocoles du LSIT

Antoine.Gallais@dpt-info.u-strasbg.fr
<http://clarinet.u-strasbg.fr/~gallais>

Ce cours est construit sur la base de plusieurs supports pédagogiques parmi lesquels les cours de
Jean-Jacques Pansier, Gilles Grimaud, Nathalie Mitton, Nadia Bel Hadj Aissa. L'usage de ce support ne peut être académique.
