

Réseaux Couche Physique

E. Jeandel

Emmanuel.Jeandel at univ-lorraine.fr

Couche physique

- Première couche du modèle OSI
- Transmission de bits dans un medium

Ce qu'il faut faire

- Décider comment on transmet des 0 et des 1 dans un medium

Ce qu'il ne faut pas faire

- Vérifier que les bits ont été correctement reçus

Contenu

- 1 **Caractéristiques**
- 2 Transmission en bande de base
- 3 Transmission en large bande
- 4 Equipement

Caractéristiques - Types de medium

Types de medium :

- Cable
- Fibre
- Air (wifi, radio)

Entre deux machines A et B

- Medium Duplex
 - A peut envoyer des bits à B et B peut envoyer des bits à A
 - Exemple : Cable Ethernet
- Medium Half-Duplex
 - A peut envoyer des bits à B et B peut envoyer des bits à A, mais pas en même temps
 - Exemple : USB2, Wifi
- Medium Simplex
 - A peut envoyer des bits à B
 - Exemple : Radio, TNT, Clavier

Topologie :

- Point-à-point
 - Un émetteur, un récepteur
 - Cable ethernet
- Multipoint
 - Décentralisé : quand un message est envoyé, tout le monde le reçoit (bluetooth).
 - Centralisé : A envoie vers B_1, B_2, B_3 et B_1, B_2, B_3 envoient vers A (wifi, téléphones)

Types de transmission :

- Séquentiel
 - Un bit envoyé à la fois
- Parallèle
 - Plusieurs bits envoyés à la fois

Problématique (abstraction) : quand on envoie un bit, savoir quand le bit commence, et quand il termine.

Types de transmission :

- Synchrone
 - Les (deux) extrêmités du medium partagent une horloge
- Asynchrone
 - Le signal envoyé contient l'horloge

Caractéristiques - Débit/Latence

- Latence (en s) : délai entre l'envoi et la réception
- Débit (en b/s) : Nombre d'envoi/réception par secondes

Caractéristiques - Débit/Latence

- Basse latence (bien), haut débit (bien) :
 - Fibre optique entre Paris et Nancy
- Haute latence (pas bien) , haut débit (bien) :
 - Fibre optique entre la Terre et Mars
 - Disques durs acheminés par camion entre Paris et Nancy
 - Sneakernet
- Basse latence (bien), bas débit (pas bien)
 - Conversation entre deux personnes
- Haute latence (pas bien), bas débit (pas bien)
 - “IP over Avian Carriers” RFC 1149
 - “IP over Semaphore Flags” RFC 4824

Caractéristiques - Débit/Latence

Exemple : visionnage d'un match de foot à distance. Le match est filmé à 60 images par secondes et dure 90 minutes. Pour simplifier, on dit que une image = 1Mb

- Latence 5 min, débit 60Mb/s : le match commencera 5 minutes plus tard chez le destinataire, et sera fluide
- Latence 1s, débit 10Mb/s : le match commencera 1s plus tard chez le destinataire et on aura que 10 images par seconde :
 - Soit il durera 6 fois plus longtemps
 - Soit on ne transmettra qu'une image sur 6

Exemple : Jeu vidéo en ligne entre deux joueurs (connection P2P).

- Latence 1s : le jeu est injouable
 - Chaque action effectuée arrive chez l'autre joueur 1 seconde plus tard, c'est trop tard
 - "lag"
- Débit 1 b/s : le jeu est injouable
 - Si on fait 15 actions à la fois, une seule sera envoyée au serveur
 - En règle générale, le jeu ne marchera même pas

Dans la suite

- Comment coder des bits sur un cable ? en wifi ?
- Exemple avec 11010110

Contenu

- 1 Caractéristiques
- 2 **Transmission en bande de base**
- 3 Transmission en large bande
- 4 Equipement

- 1 Caractéristiques
- 2 Transmission en bande de base
 - Premiers codages
 - (Un peu de) théorie du signal
- 3 Transmission en large bande
- 4 Equipement

Transmission en bande de base

(Définition intuitive)

Conversion “directe” de bits en tension sur un câble.

Exemple

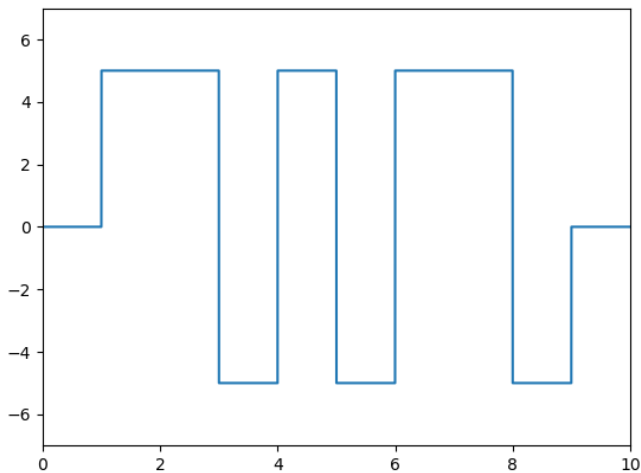
Codage NRZ (Non Return to Zero)

- +5V pour 1
- -5V pour 0
- 0V quand il n'y a pas de signal

Techniquement, il ne faut pas un câble, mais deux câbles, de façon à former un circuit électrique fermé

Exemple

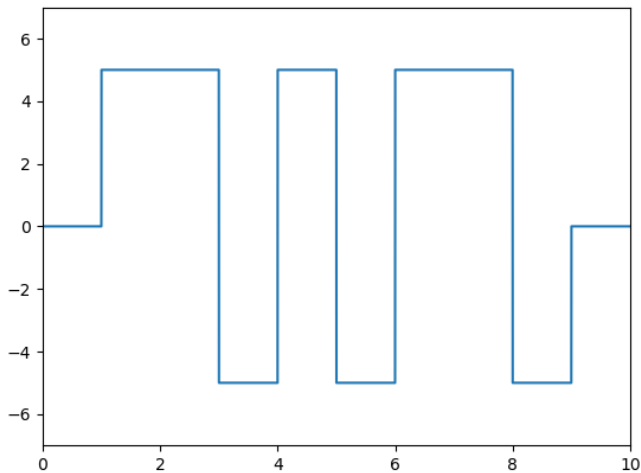
11010110



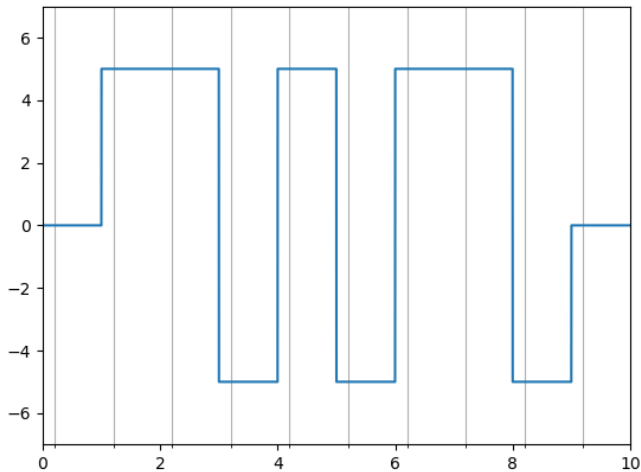
Exemple

- Codage :
 - Emettre 5V pour 1 pendant une seconde
 - Emettre -5V pour 0 pendant une seconde
- Décodage : regarder la tension sur le cable toutes les secondes.
 - Si c'est 5V, c'est un 1
 - Si c'est -5V, c'est un 0
 - Si c'est 0V, c'est fini

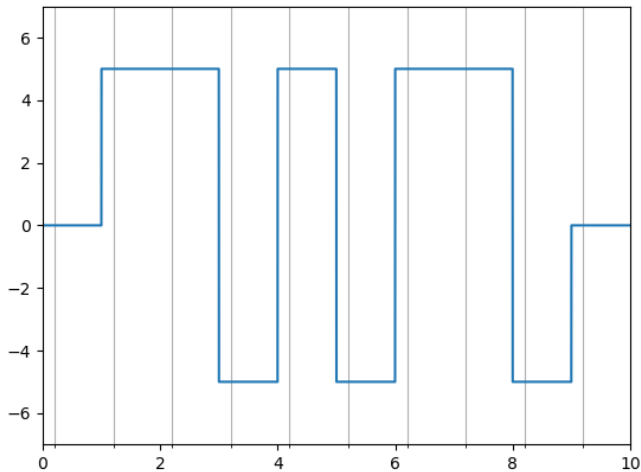
Exemple



Exemple

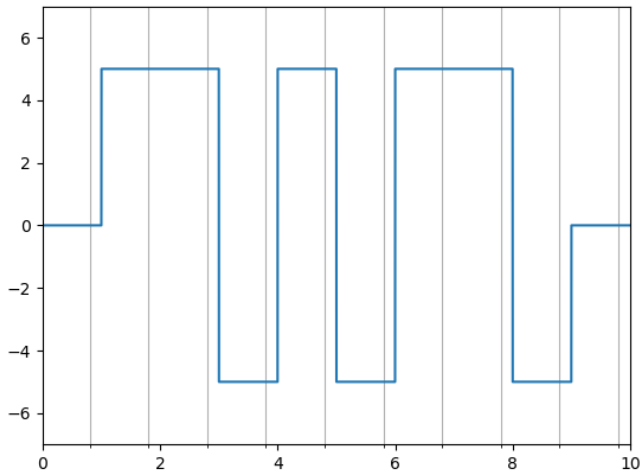


Exemple

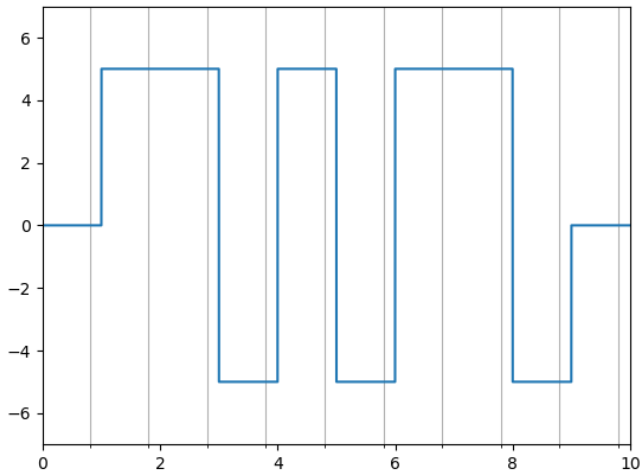


11010110

Exemple

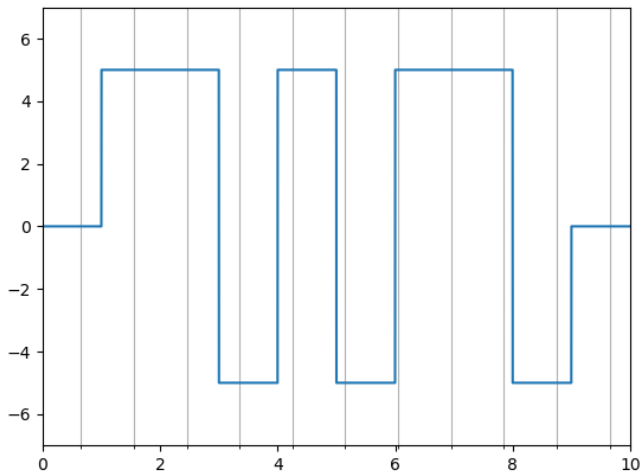


Exemple

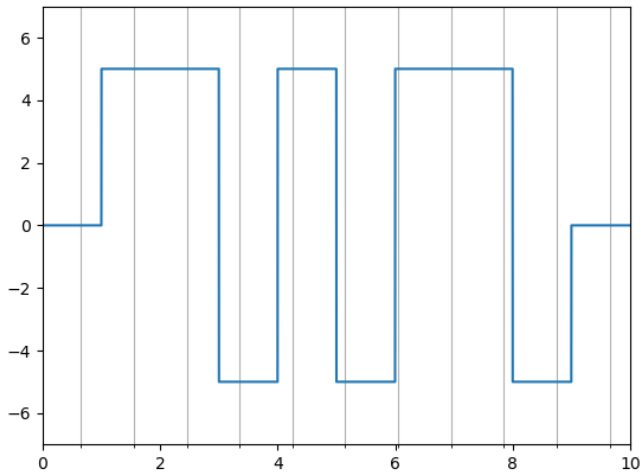


11010110

Exemple



Exemple



110101110

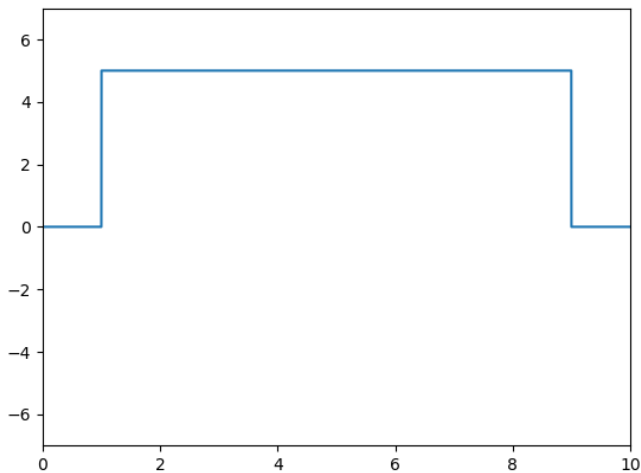
Problème 1

Si les horloges du récepteur et du destinataire n'avancent pas à la même vitesse (même d'une milliseconde tous les jours), il y a un problème

Soit on utilise un mécanisme par ailleurs pour régler les horloges (mode synchrone), soit on doit être capable de se synchroniser en regardant le signal.

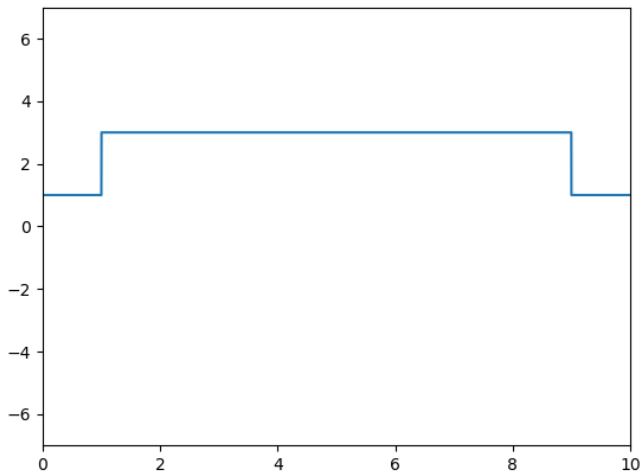
Problème 2

Emetteur : 11111111



Problème 2

Récepteur : ? ? ? ?



Problème 2

Deux subtilités :

- Le 0V peut être décalé entre l'émetteur et le récepteur (condensateurs).
- L'intensité du signal est atténuée, le récepteur doit déduire du signal quel est le 0

Il faut donc choisir un autre codage des 0 et 1 qui a les propriétés suivantes

- On peut déduire de ce qu'on reçoit le signal d'horloge
- On doit s'arranger pour que la partie positive du signal compense à *peu près* la partie négative (de façon à retrouver le 0)

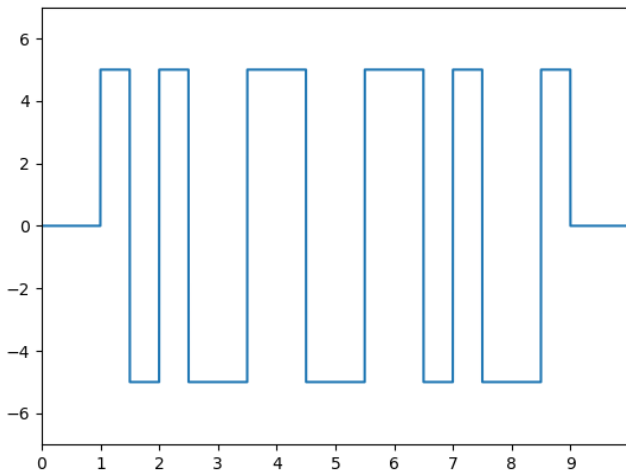
Solution intermédiaire : garder le codage mais changer les données pour qu'il y ait autant de 0 que de 1.

Une solution possible : le codage Manchester

- Transition $-5V/+5V$ pour 0
- Transition $+5V/-5V$ pour 1

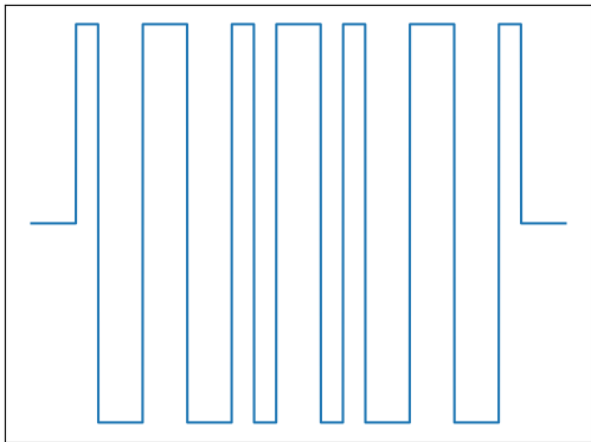
Exemple

11010110



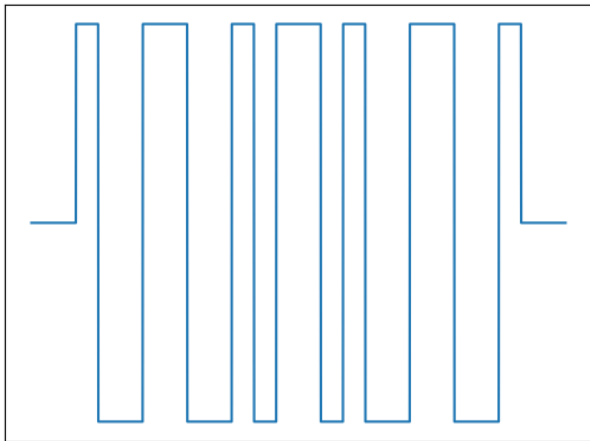
Exemple

???



Exemple

1010011010



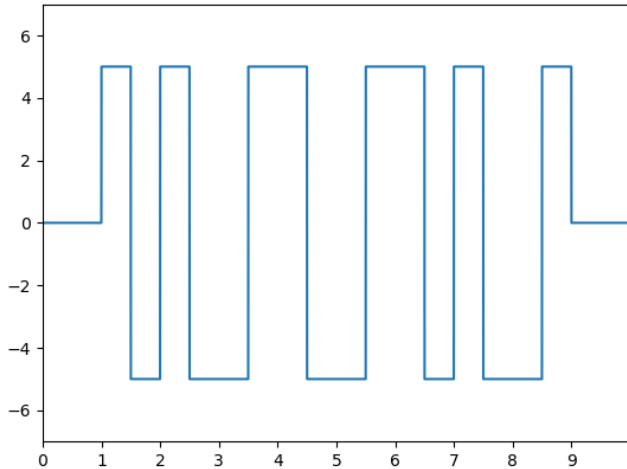
- On peut retrouver l'horloge
 - Repérer les fronts montants et descendant et chercher la plus petite période.
- Autant de +5V que de -5V
- Pas grave si le 0V est décalé

On peut tenter d'améliorer le protocole

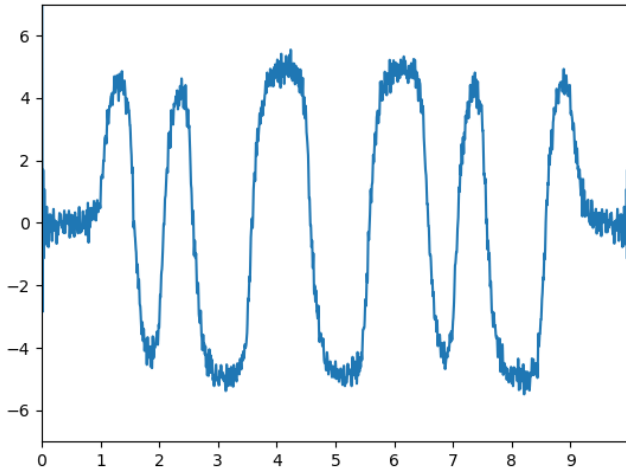
- Ne pas envoyer un bit par seconde, mais plutôt 1 bit toutes les millièmes de millièmes de secondes
- Ne pas utiliser que deux voltages (+5V,-5V) mais en utiliser 1000.

Evidemment, ça ne marche pas..

Exemple



Exemple

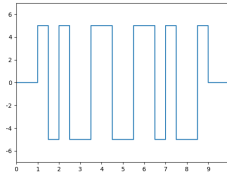


- 1 Caractéristiques
- 2 Transmission en bande de base
 - Premiers codages
 - (Un peu de) théorie du signal
- 3 Transmission en large bande
- 4 Equipement

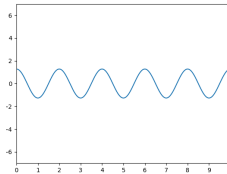
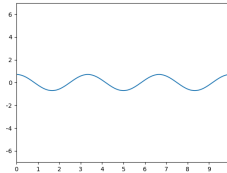
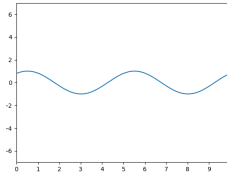
Un peu de théorie

- Tout signal peut se décomposer en sinusoïdes
- Lorsqu'une sinusoïde passe dans un médium, elle peut être retardée et atténuée
- Pour regarder ce qui se passe avec un signal :
 - On le décompose en sinusoïdes
 - On regarde ce qui arrive à chaque sinusoïde
 - On recompose le signal

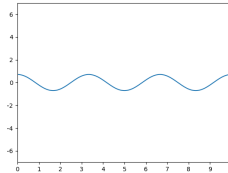
Example



=

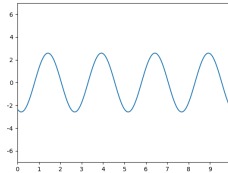


+



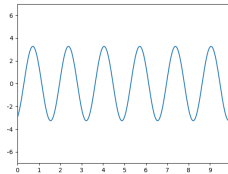
+

+

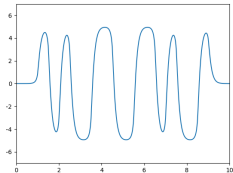


+

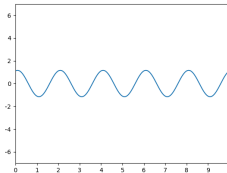
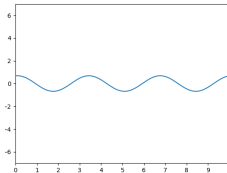
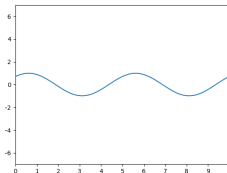
+



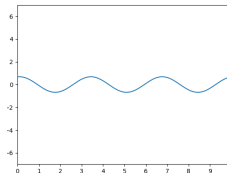
Exemple



=

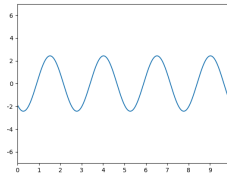


+



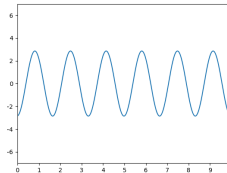
+

+



+

+



- Non seulement les sinusoïdes (et donc le signal) sont modifiées...
- ...mais les sinusoïdes de très grande fréquence F sont tellement atténuées qu'on peut considérer qu'elles ne sont plus là.

Definition

La bande passante d'un medium F est la plus grande fréquence F qui n'est pas atténuée

Theorem

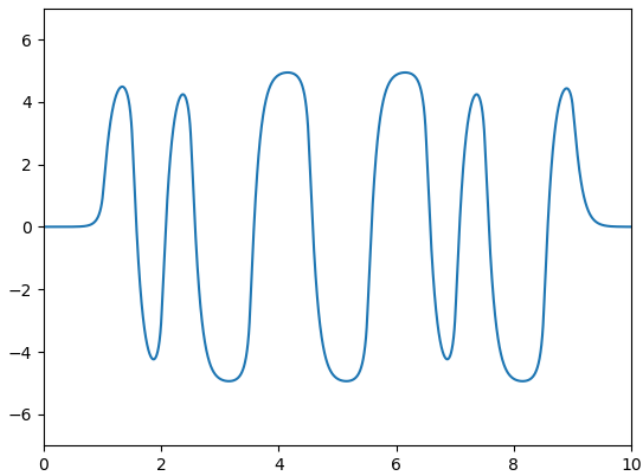
Un signal de bande passante F est entièrement déterminé par la connaissance de $2F$ valeurs du signal

Dit autrement : on peut coder maximum $2F$ valeurs à la seconde.

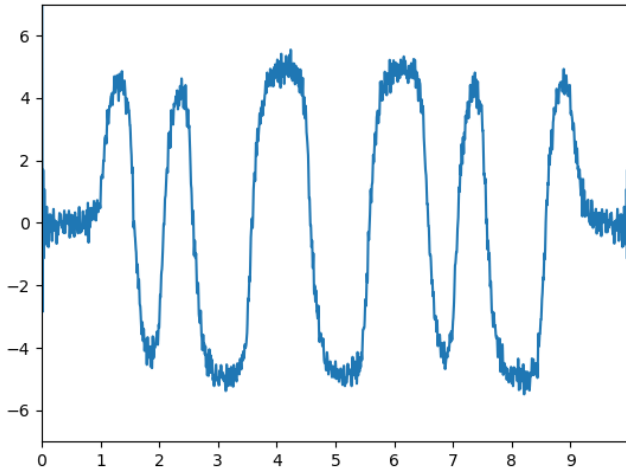
Exemple :

- Paire torsadée (cables Ethernet) : bande passante de $4.700\text{Ghz} = 5 \times 10^9\text{Hz}$
- On peut coder maximum $2 \times 5 \times 10^9$ valeurs à la seconde, c'est à dire 10 milliards.
- Atteint par le codage NRZ (10Gb/s)
- Manchester fait la moitié (5Gb/s)

Exemple



Exemple



La quantité de bruit est mesurée par le rapport *signal/bruit*, rapport entre la puissance du signal S et la puissance du bruit N .

Theorem (Shannon)

La capacité maximale (en bit/s) d'un canal de bande passante H et de rapport signal bruit S/N est

$$H \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Si le rapport S/N est exprimé en dB alors on obtient

$$0.332 \times H \times SNR$$

- Cable Ethernet catégorie 6 : 15dB de rapport S/N
- On obtient donc $5H$ bits/s
- 2.5 bits à la fréquence maximale d'envoi (qui est $2H$)

Essayer de transmettre le maximum de bits à la seconde sachant que :

- On a une limite théorique sur la fréquence d'envoi
- On a une limite théorique sur le nombre de valeurs à chaque pas de temps
- Le codage doit être “balancé”

Utilisé dans Ethernet 100 Mbps.

- On encode d'abord 4 bits en 5 bits en s'arrangeant pour ne pas avoir plus que trois 0 consécutifs.
- On applique ensuite l'opération suivante :
 - 0 : on ne change pas la tension
 - 1 : on passe de -5V à 0 puis à 5V puis à 0, etc

Codage MLT-3

Utilisé dans Ethernet 100 Mbps.

- On encode d'abord 4 bits en 5 bits en s'arrangeant pour ne pas avoir plus que trois 0 consécutifs.

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

- On applique ensuite l'opération suivante :
 - 0 : on ne change pas la tension
 - 1 : on passe de -5V à 0 puis à 5V puis à 0, etc

Exemple : 11000110

Exemple : 11000110

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

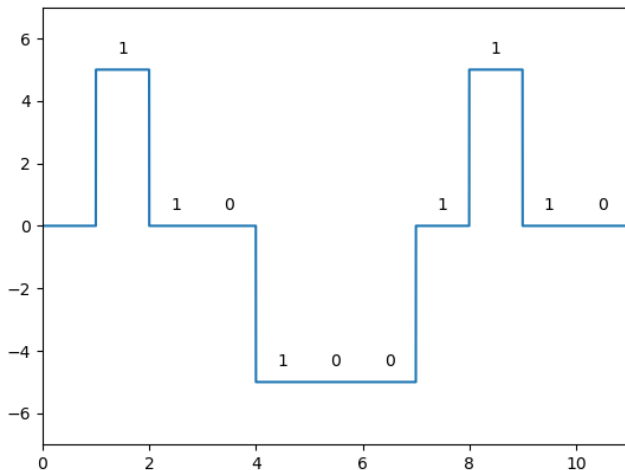
Exemple : 11000110

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

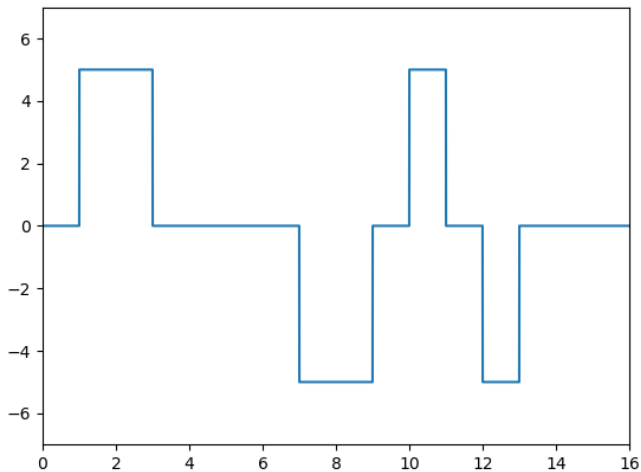
1101001110

1101001110

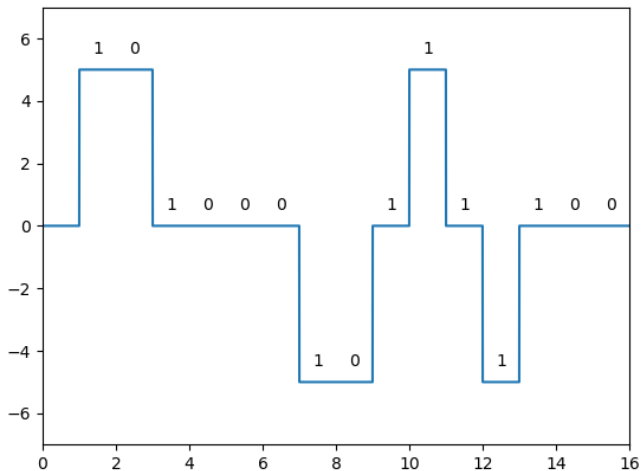
1101001110



TODO



TODO



101000101111100

TODO

101000101111100

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

TODO

101000101111100

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
11110	01001	10100	10101	01010	01011	01110	01111
1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
10010	10011	10110	10111	11010	11011	11100	11101

001001011110

001001011110

Avantage par rapport à Manchester

- Paire torsadée (cables Ethernet) : bande passante de $4.700\text{Ghz} = 5 \times 10^9\text{Hz}$
- En codage Manchester
 - Un cycle (positif négatif) par bit
 - Débit max : 5×10^9 bits, ce qui fait 5Gb/s .
- Codage MLT-3
 - Un cycle (positif négatif) tous les 4 bits, ce qui correspond à 3.2 vrais bits.
 - Débit max : $3.2 \times 5 \times 10^9$ bits, ce qui fait 16Gb/s .

Contenu

- 1 Caractéristiques
- 2 Transmission en bande de base
- 3 Transmission en large bande
- 4 Equipement

- *Moduler* un signal sinusoïdal à une fréquence donnée f , appelée *porteuse*.

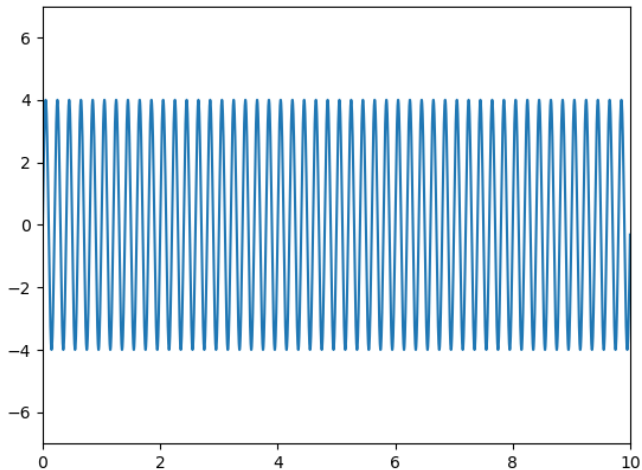
Avantages :

- Si la fréquence passe bien dans le medium, pas besoin de se soucier des différences en amplitudes ou en phase.
- Utilisable dans l'air (wifi)

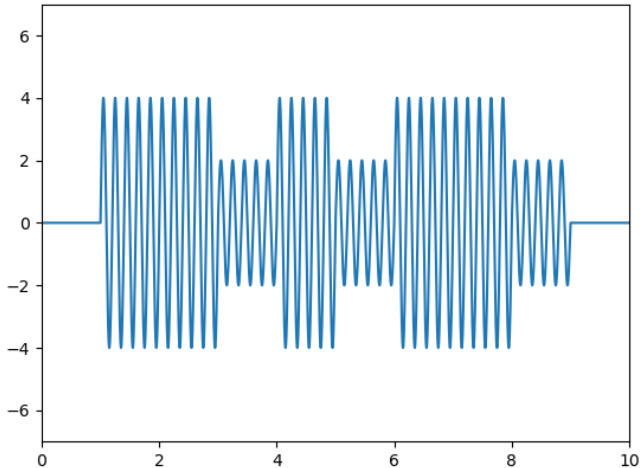
Plusieurs techniques :

- Coder 0 et 1 par deux amplitudes différentes (Modulation d'amplitude)
- Coder 0 et 1 par deux fréquences différentes (Modulation de fréquence)
- Coder 0 et 1 par deux phases différentes (Modulation de ?)

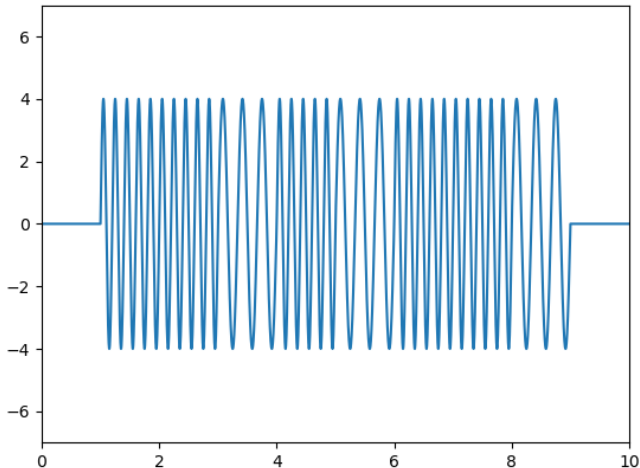
Rien



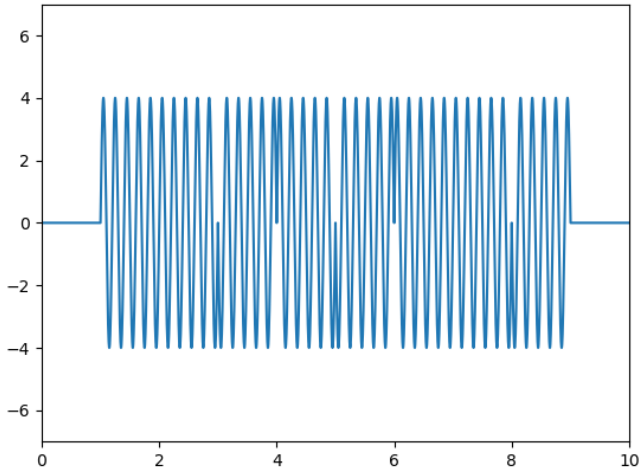
Modulation d'amplitude



Modulation de fréquence



Modulation de phase



Comment faire si deux personnes veulent parler en même temps ?

- On émet à des fréquences différentes
- L'une émet puis l'autre (ex : wifi)

Contenu

- 1 Caractéristiques
- 2 Transmission en bande de base
- 3 Transmission en large bande
- 4 **Equipement**

Pour terminer

Équipement à connaître :

- Cable Ethernet
 - 4 paires torsadées
 - En 100BASE-T, une paire pour l'émission, une paire pour la réception
- Carte réseau Ethernet
- Répéteurs (Repeater)
- Concentrateurs (hub)
 - Relie plusieurs cables Ethernet ensemble
 - Redirige le trafic reçu sur un port sur tous les autres ports
 - "répéteur multiport".
 - Différents types : passifs, actifs
- Carte réseau sans fil
- Point d'accès sans fil (moitié Physique/Liaison)