Réseaux
Couche Physique

E. Jeandel

Rôle

> 7.7.3.3.1 The Physical Layer provides for the transparent transmission of bit streams between data-link-entities across physical-connections.

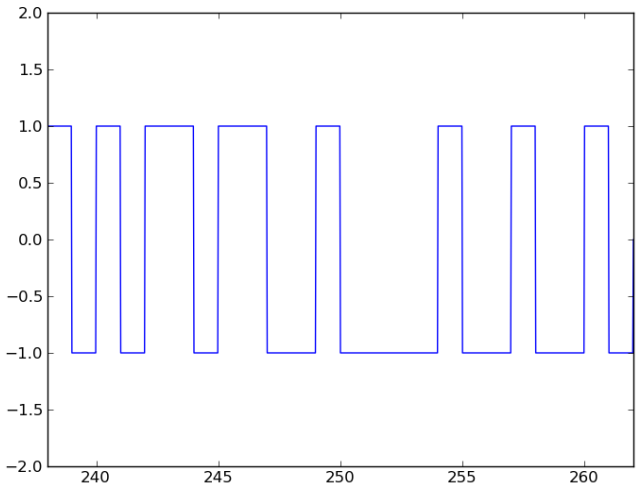
- Transmission brute de bits
- Envoyer une suite de 0 et de 1 d'un émetteur à un récepteur en envoyant de l'énergie (electricity, lumière, etc) à travers un canal (cable, atmosphère, etc).

1 Cable

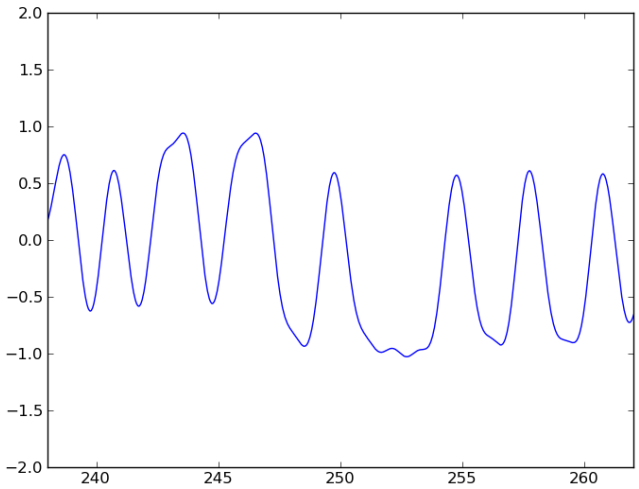
Cable

- Transmettre une suite de 0 et de 1 par impulsions électriques dans un cable.
- Exemple : Envoyer "Rom"
- Codage NRZ (non return to zero) : tension d'1V pour 0, et de -1V pour 1.

Entrée



Sortie



Raison

- Tout signal $g(t)$ peut se décomposer en signaux sinusoidaux :

$$g(t) = a_0 + a_1 \cos t + b_1 \sin t + a_2 \cos(2t) + b_2 \sin(2t) \dots$$

- Lorsqu'un signal

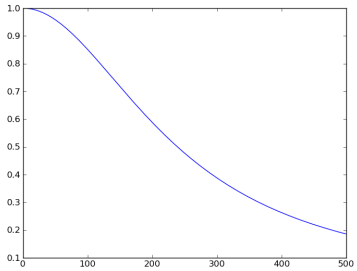
$$g(t) = \sin(ft)$$

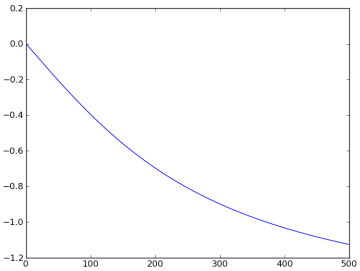
  de fréquence f passe dans le cable, il est transformé en

$$g'(t) = A(f) \sin(ft + \phi(f))$$

- Un signal sinusoidal reste sinusoidal
- Un signal différent peut devenir n'importe quoi…

Réponse en amplitude et phase (i.e. $A(f)$ et $\phi(f)$)





Conséquences

- Pour la plupart des matériaux, pour f suffisament grand, $A(f) \sim 0$.
- Le signal de sortie, quel que soit le signal d'entrée, ne contiendra aucune fréquence au dessus d'un seuil f_c, appelé la *bande passante* du médium.

Theorem 1 (Nyquist)**.** *Tout signal de bande passante f_c peut être déterminé entièrement en donnant uniquement $2f_c$ points différents.*

- Si le médium ne laisse pas passer de fréquence supérieure à 500 Hz, on ne peut pas envoyer plus de 1000 bits par seconde (avec le codage NRZ)

Solution

- Au lieu d'encoder deux valeurs à chaque étape (-1V, +1V) il suffit d'encoder k valeurs à chaque étape
- Débit potentiellement infini

Où est l'arnaque ?

Bruit

- La quantité de bruit dans un canal est mesuré par le rapport signal-bruit S/N, rapport entre la puissance du signal et la puissance du bruit (en dB : $10 \log_{10} S/N$)

Theorem 2 (Shannon)**.** *La capacité maximale (en bit/s) d'un canal de bande passante H et de rapport signal-bruit S/N est*

$$H \log_2(1 + S/N)$$

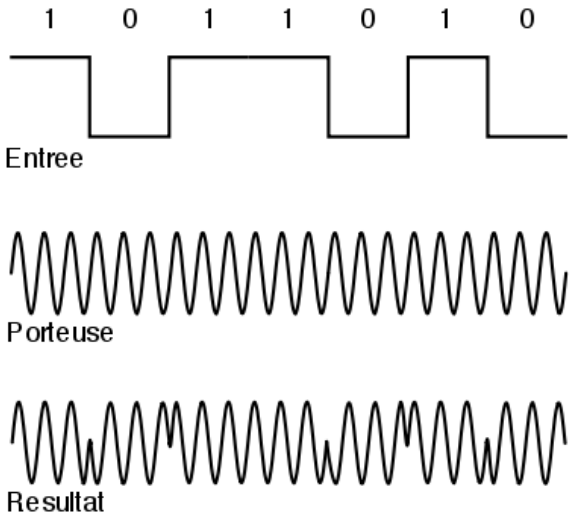
Idée

- *Moduler* un signal sinusoidal, qui se comporte bien vis à vis du médium, à une fréquence donnée f, appelée *porteuse*.

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 ?)

Modulation de phase



Multiplexage

- Comment transmettre simultanément plusieurs messages sur le même médium ?
- Multiplexage temporel : on change rapidement entre les deux messages
- Multiplexage fréquentiel : fréquences différentes pour des messages différentes (ex : radiodiffusion)

2 Choix du medium

Choix du medium

- Débit
- Latence
- Coût

suivant la distance

Sneakernet

- Transport physique, par exemple de clés USB par camion (ex : *Wizzy Digital Courier*)
- Latence élevée, mais haut débit
- Pas de problème de bruit

Paire torsadée

- Deux fils de cuivre enroulés l'un sur l'autre
- Distance de 100m sans répéteur
- Débit jusqu'à 100 Mb/s. Propagation à 5 ns/m à 10 Mhz

- Limité à ∼30 Mhz par des mesures légales (FCC)
- Pour atteindre les 100 Mb/s, plusieurs astuces (4B/5B, MLT-3), à voir en TD

Fibre optique

- Très haut débit théorique
- Goulot d'étranglement : Conversion électrique-optique
- Record actuel à 70 Tb/s (432 longueurs d'onde, 171Gb/s par longueur d'onde)
- Très longue distance sans répéteur.
- Plus cher

WiFi

- Fréquence à 2.5 Ghz, largeur de bande de 20 Mhz pour le 802.11n
- 150 Mb/s pour 802.11n (54 Mb/s en 802.11g)
- 70m intérieur/250m extérieur pour 802.11n (40/150 pour 802.11g)
- Interférences (Téléphone sans fil, micro ondes, bluetooth)

Autres liaisons sans fil : satellites, GSM, etc.

3 Suite

Couche liaison

- Comment détecter les erreurs
- Que faire s'il y a une erreur ?

Droits

L'image utilisée sur le 13ème transparent provient de wikimedia commons.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase_modulation_BPSK_GPS.svg
et a été éditée pour mes besoins. Ma version peut se télécharger sur
http://www.lif.univ-mrs.fr/~ejeandel/files/Rsx/phase.svg