

La couche physique

Analogique vs numérique

- Un **signal analogique** est une onde électromagnétique ou lumineuse continue. Pour transporter une donnée sur un signal analogique, on encode la donnée sur une **onde porteuse (carrier)** sinusoïdale et périodique
- Un **signal numérique** est une suite d'impulsions électromagnétiques ou lumineuses en séquence. Par exemple, une suite d'impulsions de voltage en séquence: un voltage positif représente le bit 1, un voltage négatif le bit 0.

Reconstituer une fonction

Partant de la série de Fourier, on peut reconstituer la fonction originale.

Précision dépend du nombre d'harmoniques.

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt \quad n \geq 1$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt \quad n \geq 1$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

Description d'un signal

- **Amplitude**: hauteur du signal, en **volts(V)** ou en **watts (W)**
 $s(t) = \sin(2\pi t)$ amplitude:1
 $s(t) = 2\sin(2\pi t)$ amplitude:2
- **Phase**: décalage du signal par rapport à l'origine, en radians (rd)
 Signal s_1 est déphasé de x par rapport à s_2 si $s_1(t) = s_2(t+x)$ pour tout t .
- **Fréquence**: nombre de répétitions par seconde, en cycles par secondes ou Hertz(Hz)
 $f = 1/T$ $f = \text{fréquence}$ $T = \text{période}$
 $S(t) = \sin(2\pi t)$ fréquence=1
 $S(t) = 2\sin(2\pi t)$ fréquence = $\frac{1}{2}$
- Une **porteuse** peut transmettre différents signaux à différentes fréquences et avec différentes amplitudes.

Spectre d'un signal

Le **spectre d'un signal** (ou la porteuse) est l'intervalle de fréquences dans lequel se situe ce signal.

Le **spectre audible par l'oreille** est situé entre 20Hz et 20kHz.

Le **spectre d'un signal vocal** sur une ligne téléphonique se situe entre 300 et 3400 Hz.

Largeur de bande

La **largeur de bande** est la largeur du spectre, aussi appelée bande passante (bandwidth).

Exemple: la bande passante du signal téléphonique est $3\,400 - 300 = 3100$ Hz.

Largeur de bande vs vitesse de transmission:
relation directe.

Exemple: signal de fréquence f_1 . Signal $> 0 \rightarrow$ bit 1, signal $< 0 \rightarrow$ bit 0. Chaque bit est transmis dans une demi-période. Vitesse de transmission $2f_1$ bps. Si $f_1 = 1\,000$ Hz, alors vitesse de transmission est de 2 000 bps.

signal émis \neq signal reçu

Trois raisons:

- atténuation du signal
- distortion de délai
- bruit

Atténuation du signal

Atténuation avec la distance à cause de la résistance des supports de transmission.

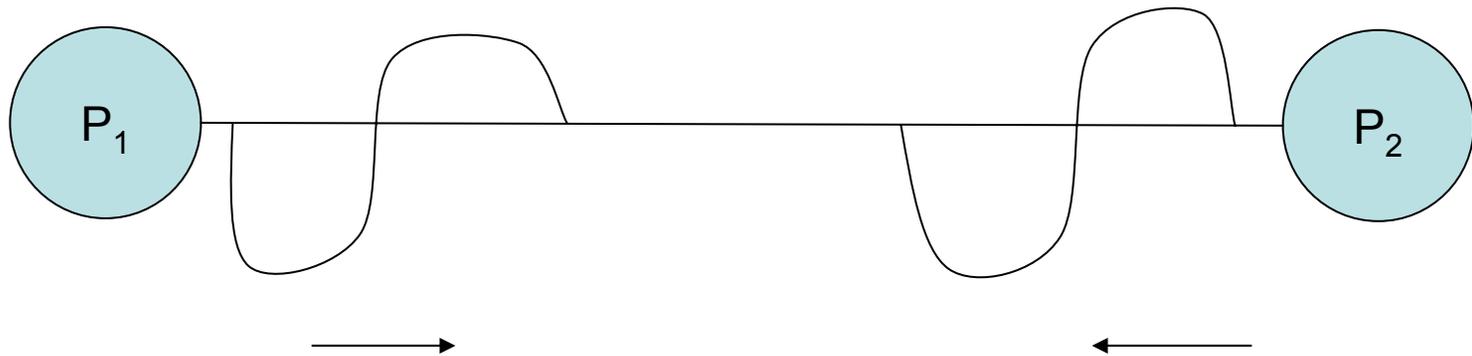
- **Transmission guidée: diminution logarithmique.**
Exemple: câble coaxial, paire torsadée, fibre optique.
- **Transmission non guidée: dépend des conditions atmosphériques.**

Atténuation concerne plus les signaux numériques: force diminue rapidement avec la distance.

Atténuation du signal (suite)

Décibel → mesure la différence entre deux niveaux de puissance

$$N_{\text{dBW}} = 10 \log_{10} (P_2 / P_1)$$



$$P_1 = 500 \text{ W}, P_2 = 50 \text{ W}, \text{ ligne} = 1\text{km}$$

$$N_{\text{dBW}} = 10 \log_{10} (50/100) = -3 \text{ dB}$$

Atténuation du signal (suite 2)

Décibel → mesure la différence entre deux niveaux de voltage

$$N_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (V_2 / V_1)$$

Rappel: $P = V^2/R$, V =voltage, R = résistance

Les décibels sont des unités relatives. Pour obtenir une mesure absolue → unités de base. Par exemple, $P_1 = 1\text{W} \rightarrow N_{\text{dBW}} = 10 \log_{10} (P)$, et l'unité: décibel watts.

Atténuation du signal: rapport signal/bruit

Quantité de bruit sur un canal de transmission est mesurée par le rapport signal/bruit: rapport de la puissance du signal transmis sur la puissance du bruit, soit E_s / E_N où

- E_s = énergie significative du signal
- E_N = énergie du bruit et des parasites.

Rapport très souvent exprimé sous la forme

$$10 \log_{10} (E_s / E_N), \text{ soit en décibel}$$

Capacité maximale: résultat de Shannon

$$C = H \log_2 (1 + E_S / E_N)$$

C = capacité de transmission maximale (bit/s)

H = bande passante

E_S / E_N = ratio signal/bruit

Exemple: $H = 3\ 000$ Hz, $E_S / E_N = 1\ 000$
(réseau téléphonique analogique) $\rightarrow C_{\max} =$
30 000 bits/s

Distorsion de délai

Uniquement sur les supports guidés.

Dépend de la fréquence à laquelle le signal parcourt le support.

Un signal peut être envoyé sur un intervalle de fréquences, les différentes fréquences peuvent arriver à différents moments au niveau du récepteur.

Problématique pour les données numériques.

Bruit

Entre la source et la destination, d'autres signaux indésirables viennent s'ajouter au signal transmis, dont le bruit.

- Le bruit blanc
- L'intermodulation
- Les impulsions
- La diaphonie
- L'écho