Conversion Analogique / Numérique

Introduction

Limites de l'analogique

– La transmission de signaux analogiques souffrent de la **qualité non idéale des supports**.

– Les atténuations, déformations, bruits, parasites… ne peuvent être facilement corrigés car ils **ne se distinguent** en général pas du signal. Ce dernier n'étant *a priori* pas connu du récepteur

• *Contre exemple :*

Si nous savons qu'un signal est limité en fréquences par F_{max}, un filtre passe-bas de coupure F_{max} pourra néanmoins supprimer les fréquences supérieures (souvent du bruit).

Si le canal de transmission est bien connu, certaines déformations (origines linéaires) peuvent être compensées

Introduction

Avantages du numérique

– Au contraire, la transmission de signaux numériques forment une suite, dans le temps, de **symboles discrets**, chacun représenté par une **forme de signal bien précise**

⇒ Un **écart** (assez modéré) vis-à-vis de la représentation physique du symbole est interprété comme un aléa et peut donc, avec un **risque mesuré**, être **corrigé**

Ceci explique l'intérêt de réaliser la chaîne d'opération suivante :

Conversion Analogique / Numérique → Transmission numérique → Conversion Numérique / Analogique

Principe

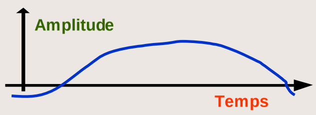
Principe

Un signal analogique est une **fonction continue** d'une amplitude dans le temps.

Pour effectuer une conversion numérique, c'est-à-dire transformé le signal continu en suite de symboles,

=> **Deux quantifications** sont nécessaires :

- Dans le temps, c'est l' **échantillonnage**
- En amplitude, c'est le **codage**

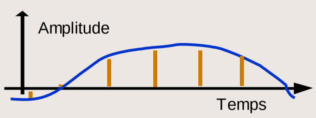


Echantillonnage

Principe

A la cadence d'une horloge de fréquences f_H, les seules valeurs considérées du signal s(t) sont celles correspondant aux tops de l'horloge.

⇒ La suite des valeurs est donc $\{ s(i / f_H) \}$



Pour que le signal soit bien représenté, il faut que selon la vitesse de variation de la fonction, la fréquence d'horloge **soit suffisamment élevée**.

Echantillonnage

Théorème de Shannon

-La vitesse de variation du signal est liée à la fréquence maximale (notée f_{max}) de ce signal

-Le théorème de Shannon (cf. TD) indique que pour ne pas subir de pertes d'information, la fréquence d'échantillonnage f_H doit au moins être égale à deux fois f_{max} :

$$f_H > 2.\ f_{max}$$

Note: le signal est une fonction en principe continue, pourtant l'information pertinente n'est portée que par la suite discrète $\{ s(i / f_H) \}$

Multiplexage temporel

Objectif :

Comme pour le multiplexage fréquentiel : optimiser l'usage du support en exploitant toute sa bande passante.

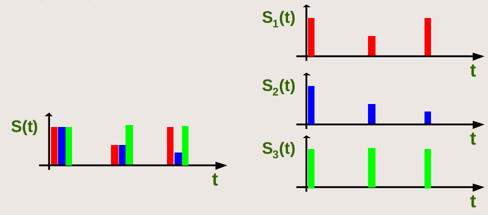
En effet, si la bande passante du support est bien supérieure à $2.f_{max}$ (f_{max} fréquence de coupure du signal), une grande partie n'est pas utilisée

Principe :

Insérer dans le temps plusieurs signaux après échantillonnage et décalage dans le temps

Multiplexage temporel

Principe : (suite)



Modulation analogique d'impulsions

Principe

Le signal est transmis sous forme d'une suite d'impulsions (signal rectangulaire) dont un des paramètres est une fonction de l'amplitude du signal échantillonné

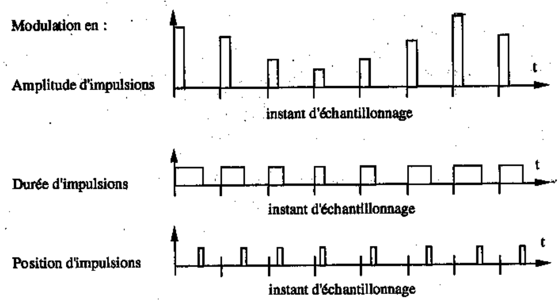
Ce paramètre peut être :

- l'amplitude des impulsions (Pulse Amplitude Modulation)
- la largeur (Pulse Width Modulation)

Ex : enregistrement sur disque optique et bande magnétique

- la position (Pulse Position Modulation)

Modulation analogique d'impulsions



Modulations analogiques d'impulsions

Codage

Principe et Intérêts

L'échantillonnage permet :

- de discrétiser le signal en temps
- de ne considérer que l'information pertinente

Le codage permet :

- de discrétiser en amplitude le signal
- de convertir les valeurs discrètes en mots formés de quelques symboles élémentaires

Quantification de l'amplitude

Principe

Soit (x_i) un ensemble de valeurs discrètes dans [-M , M]

Posons :

- q_i les largeurs d'intervalles définies autour de ces valeurs
- $S_E(t)$ la valeur échantillonnée

La quantification associe à $S_E(t)$ la valeur x_i telle que :

$$x_i - q_i/2 \leq S_E(t) < x_i + q_i/2$$

La **quantification est dite linéaire** si q_i = constante

Les valeurs x_i sont représentées par des entiers (mot) qui peuvent être donc codées en générale sous forme binaire

Ex: N valeurs discrètes sont codé par n bits avec $N = 2^n$

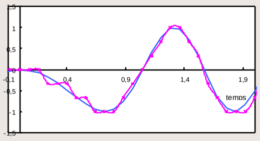
Tél : n =8 => N = 256

HIFI : n =14 => N =16384

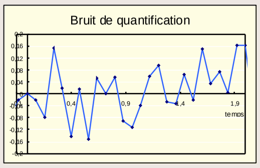
Bruit de quantification

Définition

Différence entre le signal échantillonné et le signal quantifie



Appelé bruit car en général
- de moyenne nulle
- à caractère pseudo aléatoire



Bruit de quantification

Rapport Signal / Bruit

Quantification linéaire
- S/B n'est élevé que lorsque l'amplitude du signal est élevée
- S/B chute des que la contribution des faibles amplitudes devient importante

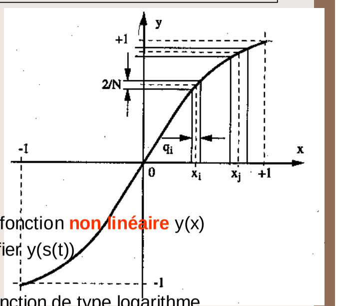
⇒ Pas optimal

Quantification non linéaire
- Vise à optimiser le S/B quelque soit le signal

Quantification non linéaire

Définition :

q_i dépend de x_i



En pratique, on préfère :
- maintenir q_i constant et
- composer le signal par une fonction **non linéaire** y(x)
  - => Fonction à quantifier y(s(t))

Un calcul montre que:

S/B optimise => y fonction de type logarithme

=> 2 standards existent :
- Europe : Loi A
- US : Loi µ

Note : responsable d'une incompatibilité

Quantification non linéaire

Loi A (A = 87,5)

$$y = \frac{Ax}{1+\ln A} \quad \text{si } 0 < x < 1/A$$

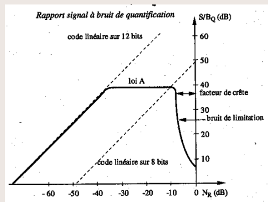
$$y = \frac{\ln(Ax)}{1+\ln A} \quad \text{si } 1/A < x$$

Loi μ ($\mu = 255$)

$$y = \frac{\ln(1+\mu x)}{\ln(1+\mu)} \quad \text{si } 0 < x$$

(Deux lois symétrique par rapport à 0)

Note : autre limite écrêtage



Codage

Principe :

Chaque niveau est représenté par un mot de longueur, en général, fixe

Ex: téléphone 1 mot = 1 octet

Code Binaire Symétrique :

1 bit de signe et valeur absolue codée sur (n-1) bits

Ex: télécommunication

Code Binaire Décalé :

Signal est :
- translaté vers les valeurs positives
- codé sur n bits

⇒ Circuits simplifiés, calcul rapide

Codage

Code de Gray

Un **seul** 1 bit change entre deux niveaux **voisins**

Ex:

Niveau	Code
1	00
2	01
3	11
4	10

⇒ Erreur sur la valeur absolue faible si un seul bit est erroné

Optimisation

Code de Huffman :

- Mot de taille variable (petite pour les x_i les plus fréquentes)

Compression codage sur 13 segments

Sur-échantillonnage :

- Fe = 176,4 kHz codé sur 14 bits puis filtré meilleur que
- Fe = 44,1 kHz codé sur 16 bits

(Pourtant même débit)

MIC différentiel :

- Codage des différences

...