



ELG 4571
Systèmes de télécommunications



GEF 411A
Théorie de Communication



GELE 4521
Télécommunications



Modulation

Partie V

J.-Y. Chouinard/M. Hefnawi/Y. Bouslimani

ELG-4571 Systèmes de télécommunications/GEF 411A Théorie de Communication/GELE4521 Télécommunications

Yassine Bouslimani
Téléphone : 858 4756
Courriel : bousliy@umoncton.ca

MODULATIONS

Numériques

Introduction

Les types d'information les plus rencontrés dans des télécommunications sont :

Audio : la parole et la musique.

Vidéo : les images ou les séquences d'image.

Les données informatiques : données utilisées dans les systèmes numériques comme les ordinateurs les microcontrôleurs les DSP et les automates.

Les informations dans les systèmes de communication sont divisées en deux catégories :

- **Analogique**
- **Numérique**

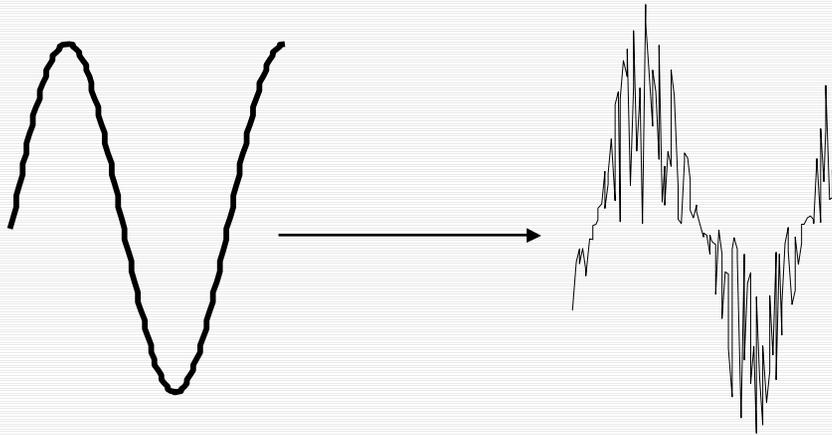
Introduction

↳ Analogique et numérique :

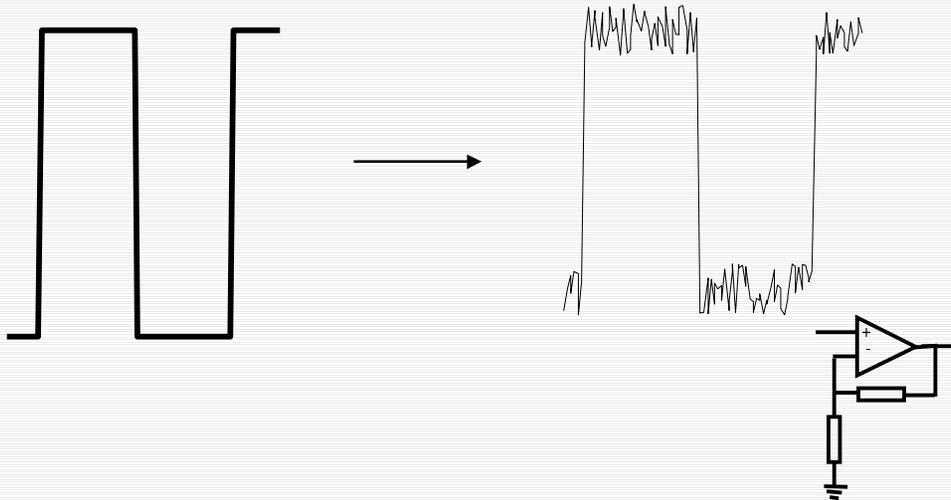
- Malgré que le première communication électrique (télégraphe de Morse) est numérique : signal binaire.
- Traditionnellement, les systèmes de communication ont été conçus pour véhiculer de l'information de nature analogique : Les stations radios envoient de la parole et de la musique.
- Avec l'évolution des systèmes d'information numériques (ordinateur, CD, DVD, ...), il commence à y avoir une migration vers les communications numériques.
- **Le bruit** est un facteur déterminant dans cette migration :

Introduction

↪ Analogique :

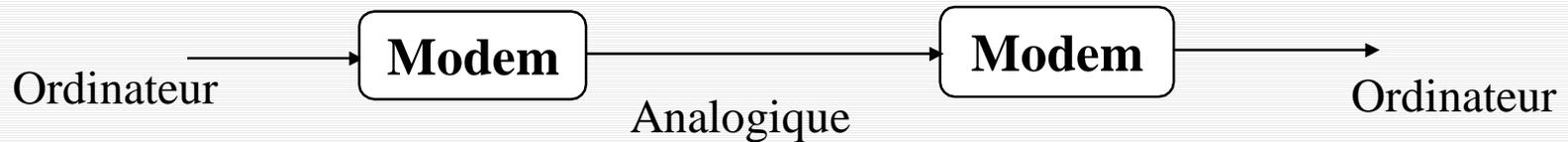
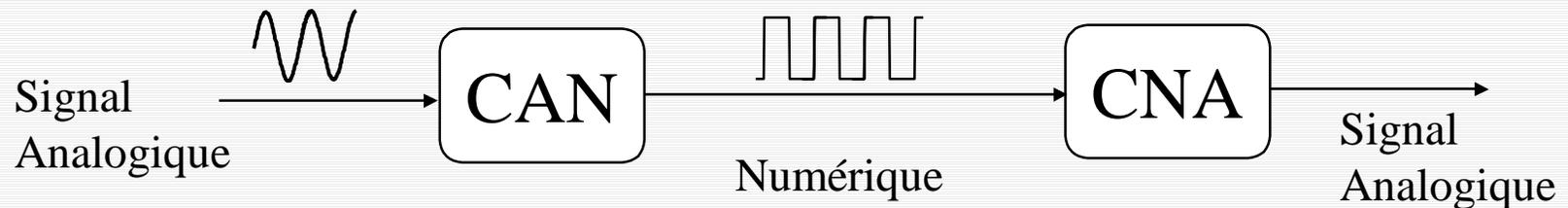


↪ Numérique :



CAN - CNA

↪ Signal numérique : soit de nature numérique ou soit issu d'une conversion d'un signal analogique.



Numérique !

↪ **Passage de l'analogique au numérique :**

Échantillonnage

Quantification

Codage

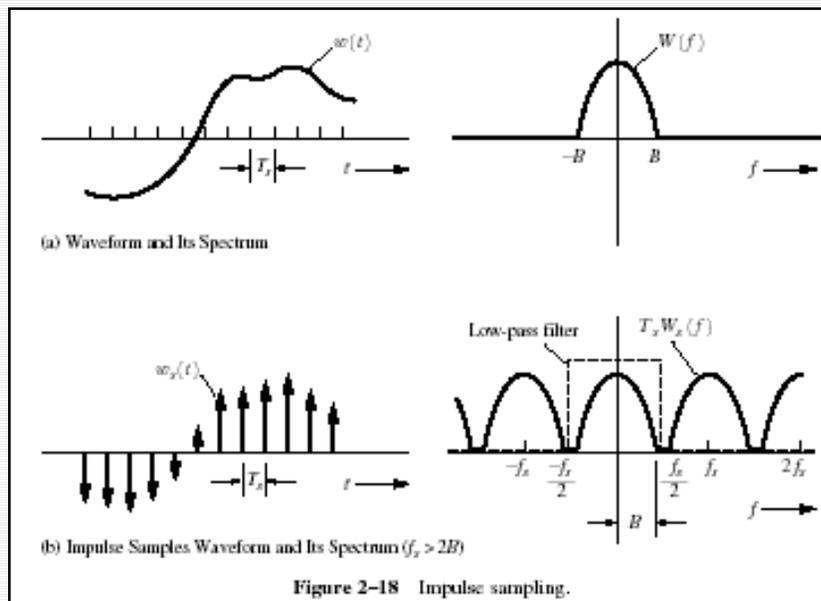
Dans cette partie, on vira comment transformer (approximer) un signal analogique à un signal numérique en bande de Base minimisée.

L'approche numérique est populaire à cause du coût faible des circuits et de la flexibilité des systèmes de communications à transmettre les données numériques et les données numérisées.



PAM *Pulse Amplitude Modulation*

La modulation PAM est technique de conversion d'un signal analogique en un signal impulsionnel dont l'amplitude des impulsion représente le message. La PAM est une le première étape dans la conversion d'un signal analogique en un signal digital PCM.



$$(f_s)_{\min} = 2B$$

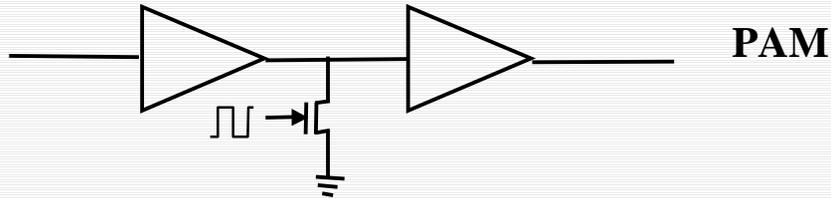
PAM *Pulse Amplitude Modulation*

Il y a deux types des signaux PAM :

PAM natural sampling (gating) :

Ce type de modulation est obtenu avec un simple échantillonnage qui consiste à faire la multiplication d'un signal analogique par un train d'impulsions :

Signal analogique

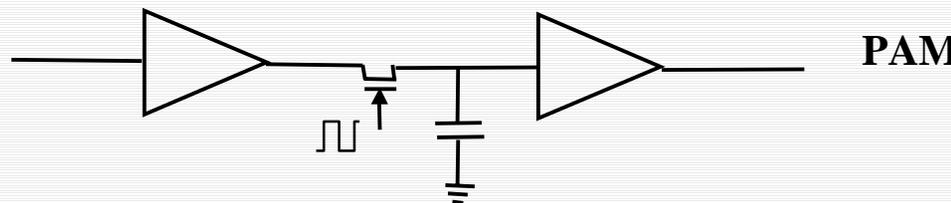


PAM

PAM instantaneous sampling (Flat-Top PAM) :

Ce type est plus utilisé pour la conversion to PCM; mais moins facile à générer.

Signal analogique



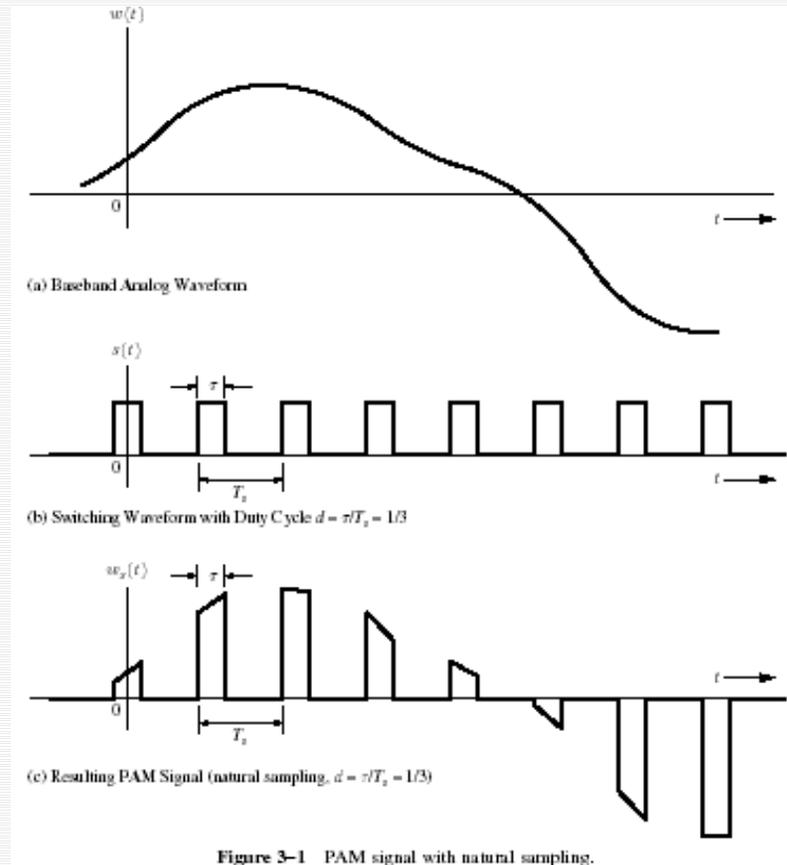
PAM

PAM *Pulse Amplitude Modulation*

PAM natural sampling (gating) :

$$\omega_s(t) = \omega(t) s(t)$$

$$S(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - kT_s}{\tau}\right)$$

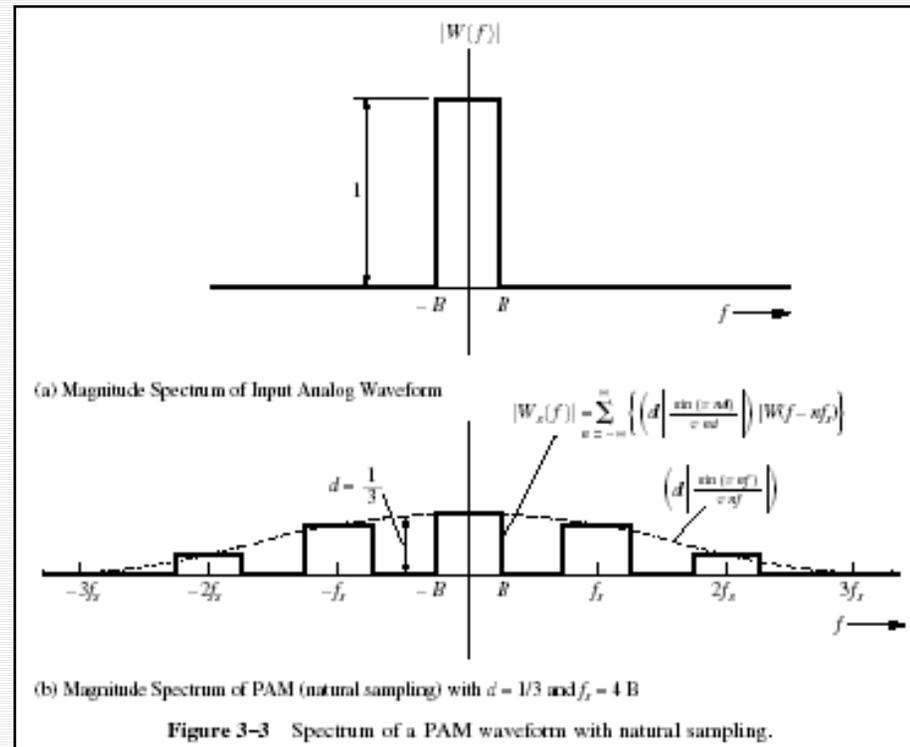


PAM *Pulse Amplitude Modulation*

PAM natural sampling (gating) :

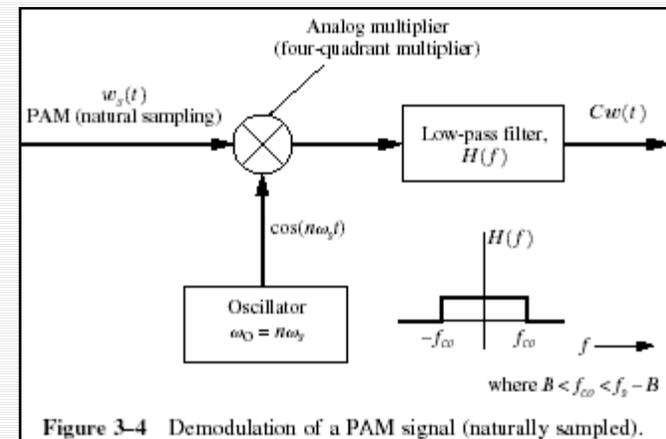
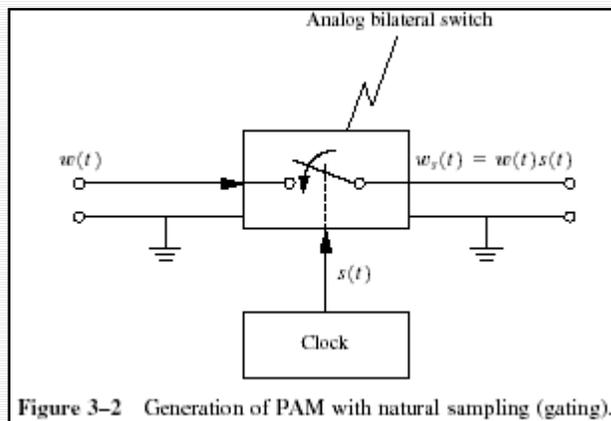
$$W_s(f) = d \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin(\pi n d)}{\pi n d} W(f - n f_s)$$

$$d = \frac{T_s}{\tau}$$



PAM *Pulse Amplitude Modulation*

PAM natural sampling (gating) :



EXP: Le CD audio a une bande spectrale de 20Hz à 20 KHz, quelle est la fréquence minimale d'échantillonnage ?

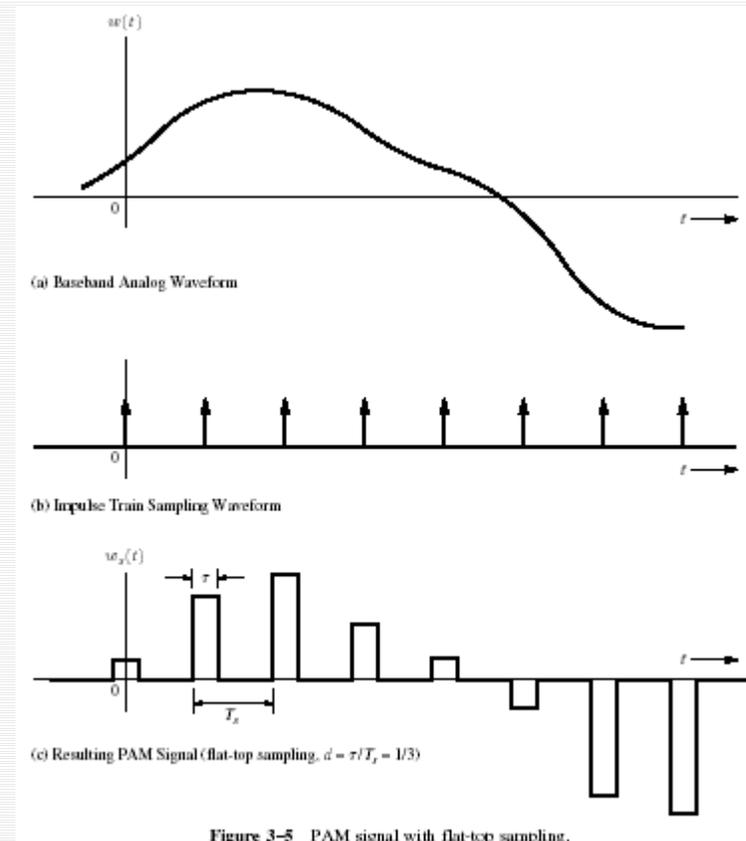
Réponse : $f_s = 44$ KHz (la fréquence utilisée par un lecteur CD est 44.1 kHz)

PAM *Pulse Amplitude Modulation*

PAM *instantaneous sampling*
(*Flat-Top PAM*) :

$$\omega_s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \omega(kT_s)h(t - kT_s)$$

$$h(t) = \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1, & |t| < \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases}$$

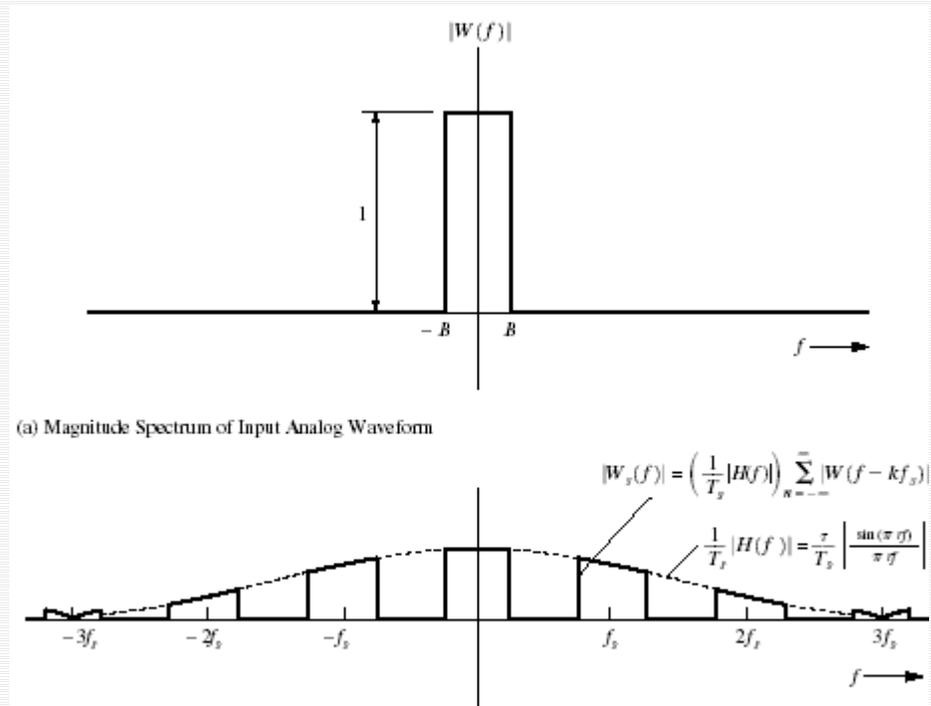


PAM *Pulse Amplitude Modulation*

PAM *instantaneous sampling*
(Flat-Top PAM) :

$$W_s(f) = f_s H(f) \sum_{k=-\infty}^{\infty} W(f - kf_s)$$

$$H(f) = \tau \left(\frac{\sin(\pi\tau f)}{\pi\tau f} \right)$$



(a) Magnitude Spectrum of Input Analog Waveform

(b) Magnitude Spectrum of PAM (flat-top sampling), $\tau/T_s = 1/3$ and $f_s = 4B$

Figure 3-6 Spectrum of a PAM waveform with flat-top sampling.

PCM *Pulse Code Modulation*

La PCM est la technique la plus utilisée aujourd'hui dans les systèmes de communications numériques pour représenter numériquement une information analogique. Elle est utilisée dans plusieurs applications : CD, système téléphonique, l'audio numérique, vidéo numérique et effets spéciaux.

La PCM est une conversion analogique numérique dont le message est représenté par des mots binaires en série de bits.

Si chaque mot est composé de n bits, alors il y a $M=2^n$ mots possibles.

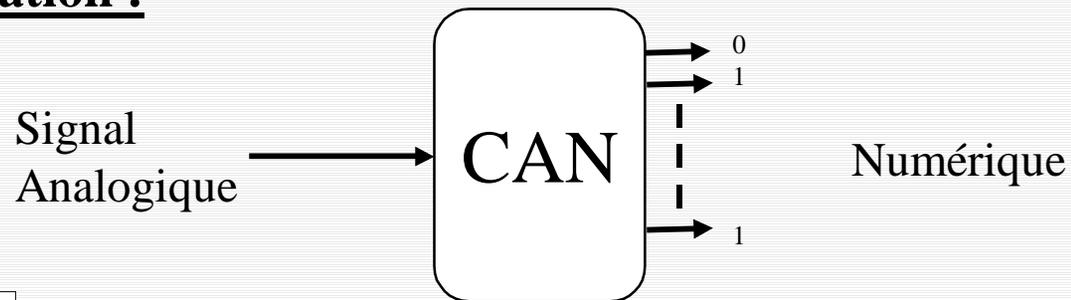
Chaque mot possible correspond à certaine valeur de l'amplitude du signal d'information. Donc, l'amplitude du signal analogique sera représentée par un ensemble fini de valeurs.

Quantification

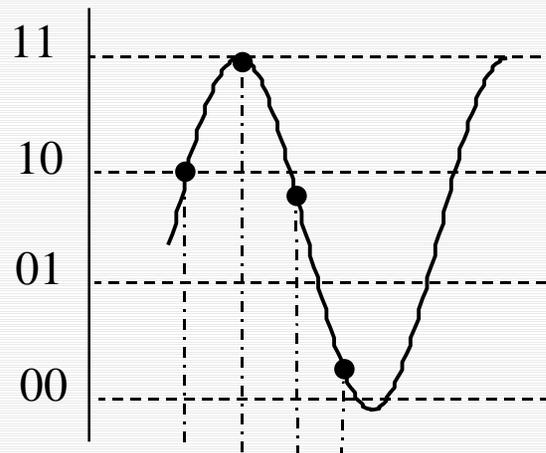


PCM *Pulse Code Modulation*

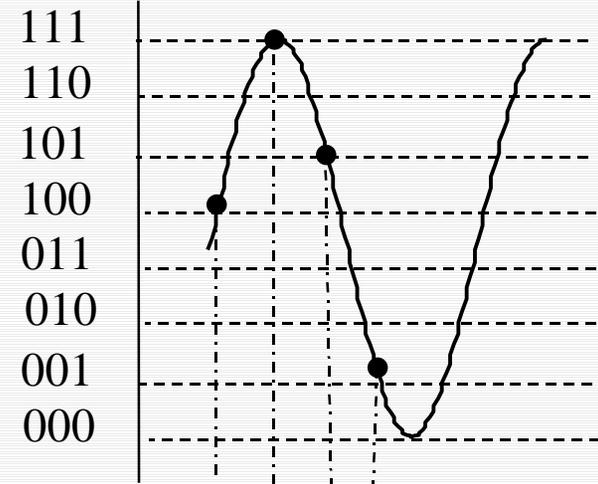
Quantification :



2 bits :



3 bits :



PCM *Pulse Code Modulation*

Échantillonnage, Quantification et Codage.

Un signal modulé PCM est généré en effectuant les trois opérations.

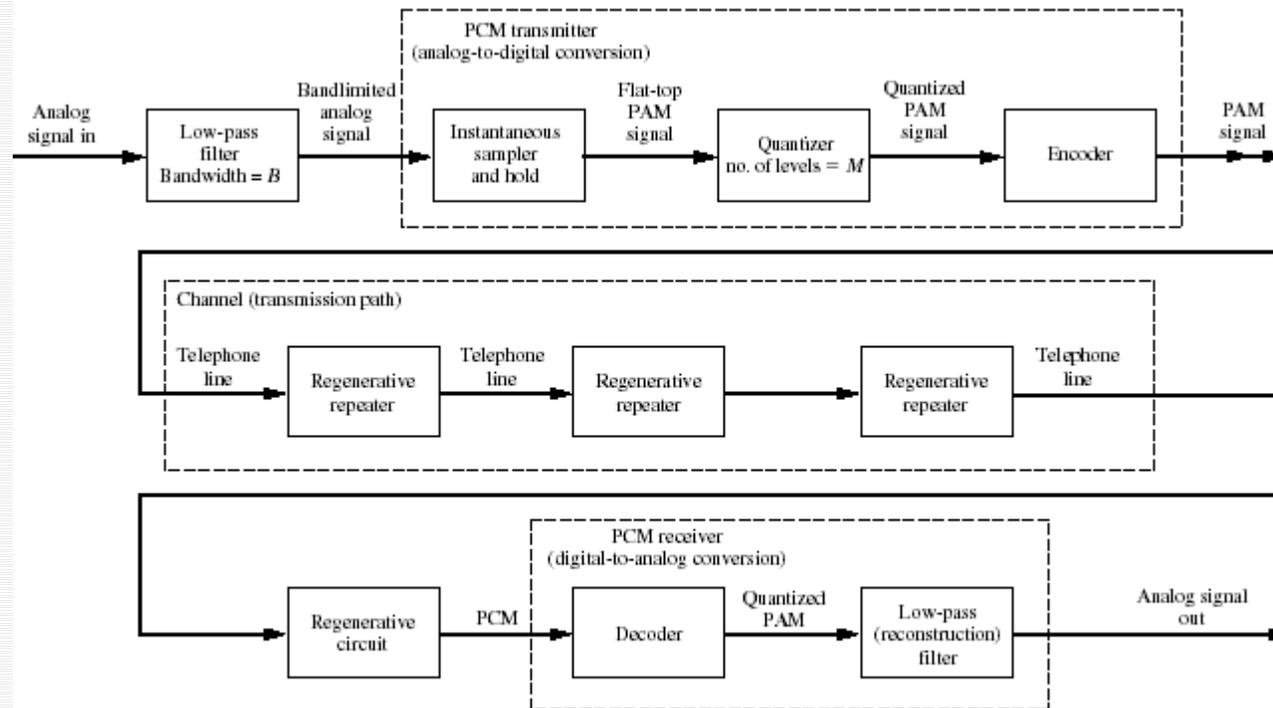
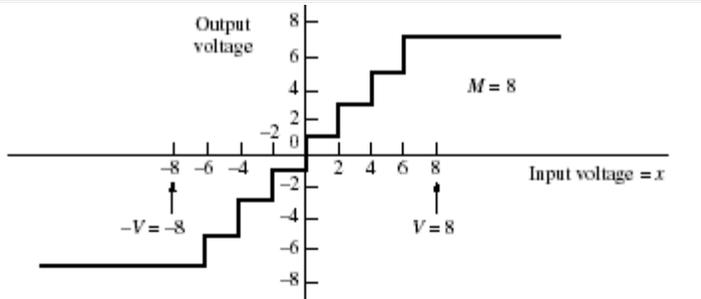


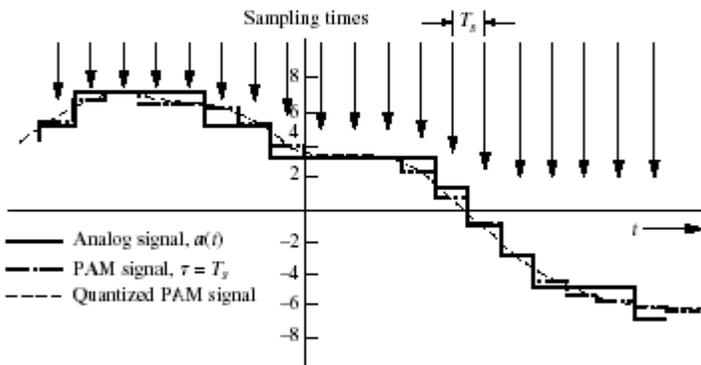
Figure 3-7 PCM transmission system.

PCM *Pulse Code Modulation*

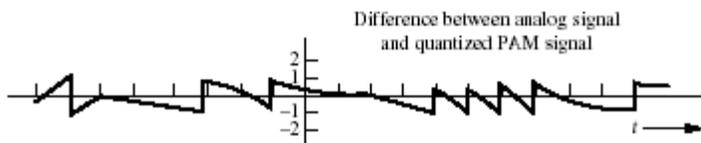
Échantillonnage, Quantification et Codage



(a) Quantizer Output-Input Characteristics



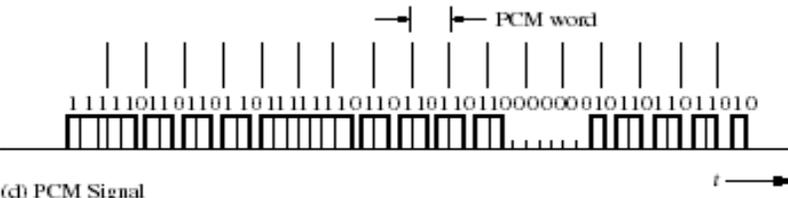
(b) Analog Signal, Flat-top PAM Signal, and Quantized PAM Signal



(c) Error Signal

TABLE 3-1 THREE-BIT GRAY CODE FOR $M = 8$ LEVELS

Quantized Sample Voltage	Gray Code Word (PCM Output)
+7	110
+5	111
+3	101
+1	100
Mirror image except for sign bit	
-1	000
-3	001
-5	011
-7	010



(d) PCM Signal

Figure 3-8 Illustration of waveforms in a PCM system.

PCM *Pulse Code Modulation*

Circuits I. :

Maxim ICL7126 CMOS ADC integrated circuit.

Analog Devices AD570 et ADC0804 8-bit ADC.

Harris CA3318 8-bit ADC

Codage série :

Si le convertisseur produit ses données numériques parallèles alors il faut utiliser des conversion parallèle série (74194). On peut utiliser aussi une UART *universal asynchronous receiver/transmitter* ou une USRT and the *universal synchronous/asynchronous receiver transmitter*

Un signal PCM est décodé en signal analogique en utilisant un convertisseur numérique analogique DAC (*digital-to-analog converter*).

DAC0808 8-bit.

AD1861 : PCM CD audio DAC

MC145503 et TCM320AC54 sont codeurs et décodeurs PCM téléphonique (audio analogique)

PCM *Pulse Code Modulation*

Largeur de Bande d'un signal PCM :

$$\text{Débit : } R = n \cdot f_s$$

Largeur de bande :

$$B_{PCM} = \frac{1}{2} R = \frac{1}{2} n f_s$$

$$f_s > 2B$$

$$B_{PCM} > nB$$

PCM *Pulse Code Modulation*

Exemple 3–1 PCM d'un signal téléphonique :

Voix Audio (analogique) possède une bande de fréquence allant de 300Hz à 3.4kHz.

La conversion de ce signal en PCM pour une transmission sur une ligne téléphonique digitale nécessite :

La fréquence minimale d'échantillonnage est $2 \times 3.4 = 6.8$ kHz (le standard est **8 kHz**)

Le code utilisé est de 8 bits.

Le débit du signal PCM est : $R = f_s n = 8k \times 8 = \mathbf{64 \text{ kbits}}$

Largeur de Bande minimale $(B)_{\min} = R/2 = 32$ kHz

$B_{PCM} = R = 64$ kHz