

PARTIE 2

Module: TECHNIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

1^{ère} année Ingénieur Informatique A-B-C-D&E

**Dr. Wissem BAHRI
Dr. Amor GUEDDANA**

2019-2020

Plan du cours

- Chapitre 1: Introduction à la Communication Numérique
- Chapitre 2: Codage Source de l'Information
- Chapitre 3: Codage Canal
- Chapitre 4: Techniques de Transmission en Bande de Base

Chapitre 1. Introduction à la Communication Numérique

1

- Chaîne de Communication Numérique

2

- Avantages de la Communication Numérique

3

- Numérisation d'un Signal Analogique

Introduction

Les systèmes de communication numérique véhiculent de l'information entre une source et un destinataire en utilisant un **support physique** comme le câble, la fibre optique ou encore, la propagation sur un canal radioélectrique.

Les signaux transportés peuvent être soit directement **d'origine numérique**, comme dans les réseaux de données, soit **d'origine analogique** (parole, image...) mais convertis sous une forme numérique. La tâche du système de transmission est d'acheminer l'information de la source vers le destinataire avec le plus de **fiabilité** possible.

Un réseau informatique n'est qu'un ensemble d'ordinateurs et de périphériques reliés les uns aux autres dans le but d'échanger des données et formant en sa totalité un bon exemple de système de communication numérique.

Avant de nous lancer dans les technologies de l'information et de la communication numérique, nous commençons par cette section, qui rappelle sous forme concise, les différents composants intervenant dans cette chaîne.

Chapitre 1. Introduction à la Communication Numérique

1

- Chaîne de Communication Numérique

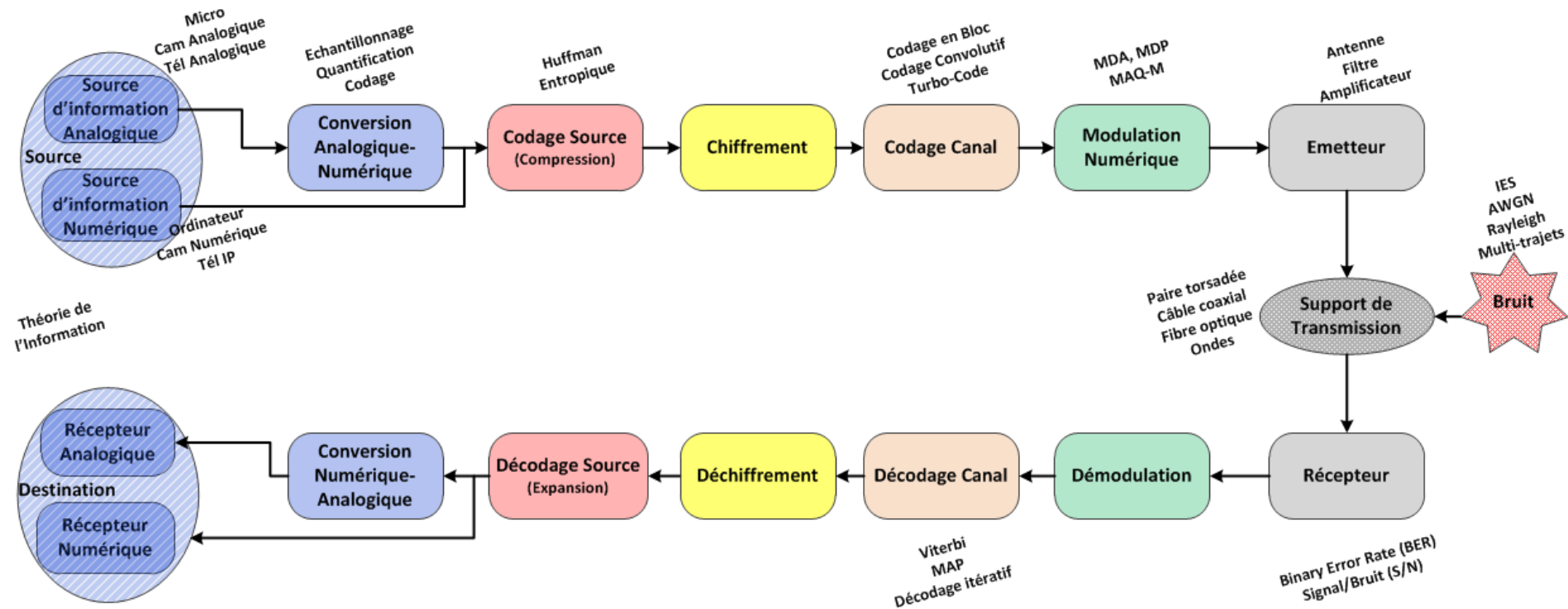
2

- Avantages de la Communication Numérique

3

- Numérisation d'un Signal Analogique

Chaine de Communication Numérique (1/2)



Chaine de Communication Numérique (2/2)

- Parmi les meilleures exemples de systèmes de transmission numérique les plus utilisés, on trouve:
 - GSM (Global System for Mobile communications),
 - GPRS (General Packet Radio Service),
 - EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution),
 - UMTS (Universal Mobile Telecommunication System),
 - Les systèmes XDSL (Digital Subscriber Lines),
 - Les réseaux informatiques :
 - LAN (Local Area Network),
 - WPAN (Wireless Personal Area Network)
 - Bluetooth (IEEE 802.15.1),
 - WLAN (Wireless LAN) :
 - WIFI (Wireless Fidelity),
 - HIPERLAN2 (High Performance radio LAN 2.0),
 - MAN (Metropolitan Area Network)
 - WAN (Wide Area Network).

Chapitre 1. Introduction à la Communication Numérique

1

- Chaîne de Communication Numérique

2

- Avantages de la Communication Numérique

3

- Numérisation d'un Signal Analogique

Chaine de Transmission Numérique (2/3)

Avantages de la Transmission Numérique

- **Meilleure qualité de transmission:** une information décomposée en éléments simples appartenant à un alphabet fini peut être transmise à travers un milieu perturbé et régénérée sous sa forme originale alors qu'une information analogique ne sera jamais retrouvée intégralement.
- Le **théorème de Shannon** montre qu'il y a équivalence du point de vue information entre les signaux échantillonnés et analogiques. **Le signal analogique est donc redondant.**
- Le **codage de source** ou encore la **compression**: Il consiste à exploiter les statistiques de la source afin de la comprimer. Le codeur optimal est celui de **Huffman**.
- Le **codage canal** ou encore le **codage correcteur** et/ou **détecteur d'erreurs** : Il consiste à rajouter de la redondance permettant la détection et la correction des éventuelles erreurs de transmission..
- Le **chiffrement** : Il consiste à coder l'information par une clé secrète de sorte qu'elle ne soit déchiffrable que par les détenteurs de la clé.

Chapitre 1. Introduction à la Communication Numérique

1

- Chaîne de Communication Numérique

2

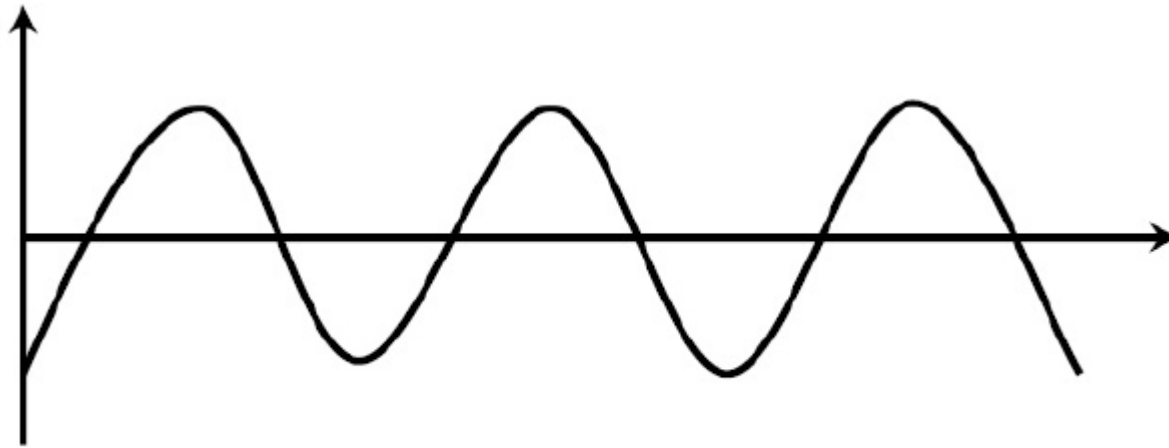
- Avantages de la Communication Numérique

3

- Numérisation d'un Signal Analogique

Signal Analogique

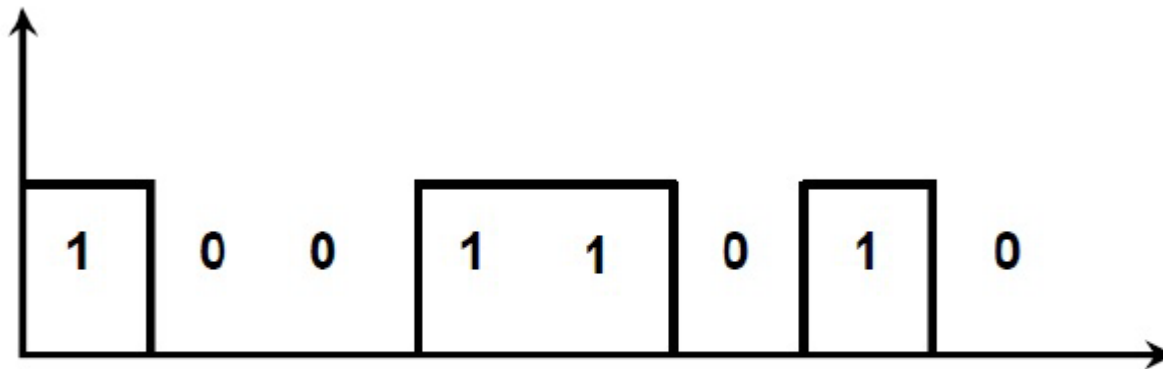
- Pour un signal analogique, tel que celui en usage pour la diffusion radio et TV, les informations voyagent sous forme d'onde continument variable.



Exemple d'un signal analogique

Signal Numérique

- Lorsqu'on traite des signaux numériques, on est en face à des signaux plus simples, dans la mesure où les informations circulent au moyen d'impulsions discrètes (Activé/Désactivé) sur un médium de communication.
- Par exemple, du courant peut être envoyé sur le fil électrique pour transmettre un '1' binaire, et l'absence de courant équivaut à un '0' binaire.

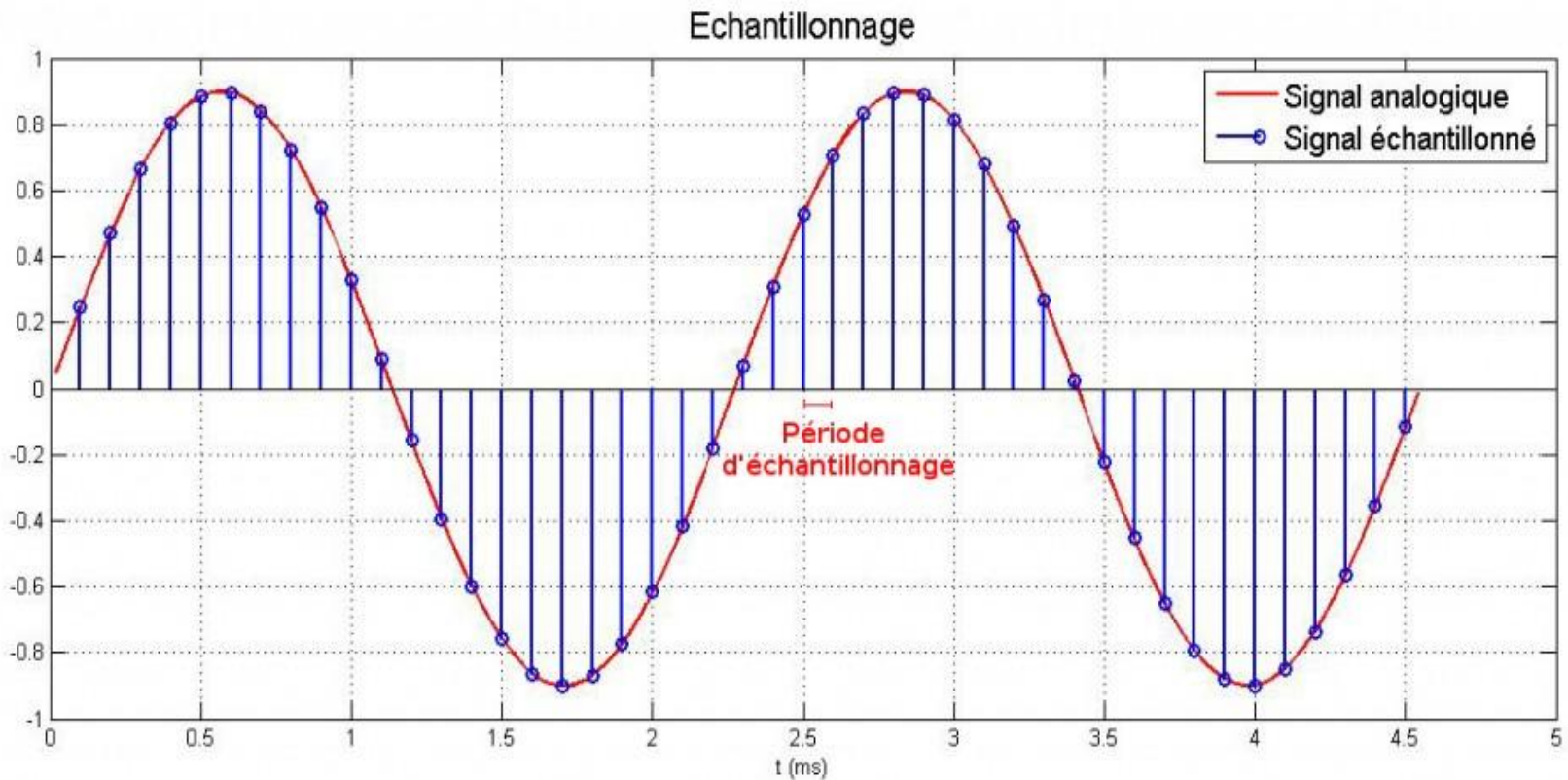


Exemple d'un signal Numérique

Échantillonnage (1/3)

■ Échantillonnage

Consiste à prendre des points du signal analogique au fur et à mesure qu'il se déroule.



Échantillonnage (2/3)

■ Exercice: Théorème d'échantillonnage de Shannon

Afin de numériser un signal analogique BF $x(t)$, on procède d'abord à son échantillonnage : prendre des échantillons à une cadence T_e , qu'on notera $x(nT_e)$; $n \in \mathbb{Z}$. De ce fait, le signal échantillonné théorique s'exprime comme suit

$$x_e(t) = x(t) \cdot \delta_{T_e}(t), \quad \delta_{T_e}(t) = \sum_n \delta(t - nT_e) : \text{signal peigne de Dirac}$$

notez que l'échantillonnage peut se voir ainsi comme une simple multiplication du signal analogique par un train d'impulsions.

1. Donner d'abord l'allure du spectre de $x(t)$.
2. Déterminer le spectre de $x_e(t)$ en fonction de celui de $x(t)$ et tracer l'allure de son amplitude (on distinguera 3 cas selon la valeur de la fréquence d'échantillonnage $f_e = 1/T_e$).
3. Quel est l'effet spectral de l'échantillonnage ?
4. Est-il possible de récupérer le signal analog. $x(t)$ à partir de celui échantillonné $x_e(t)$.

■ Théorème d'échantillonnage de Shannon

Pour un signal analogique $x(t)$, l'échantillonnage consiste à prélever périodiquement des échantillons du signal, on obtient un signal $x_e(t)$ comme suit:

$$\begin{aligned}x_e(t) &= x(t) \sum_n \delta(t - nT_e) \\ &= \sum_n x(nT_e) \delta(t - nT_e)\end{aligned}$$

T_e est la période d'échantillonnage.

La transformé de Fourier de $x_e(t)$ s'écrit comme suit:

$$\begin{aligned}X_e(f) &= X(f) * f_e \left(\sum_n \delta(f - n f_e) \right) \\ &= f_e \left(\sum_n X(f - n f_e) \right)\end{aligned}$$

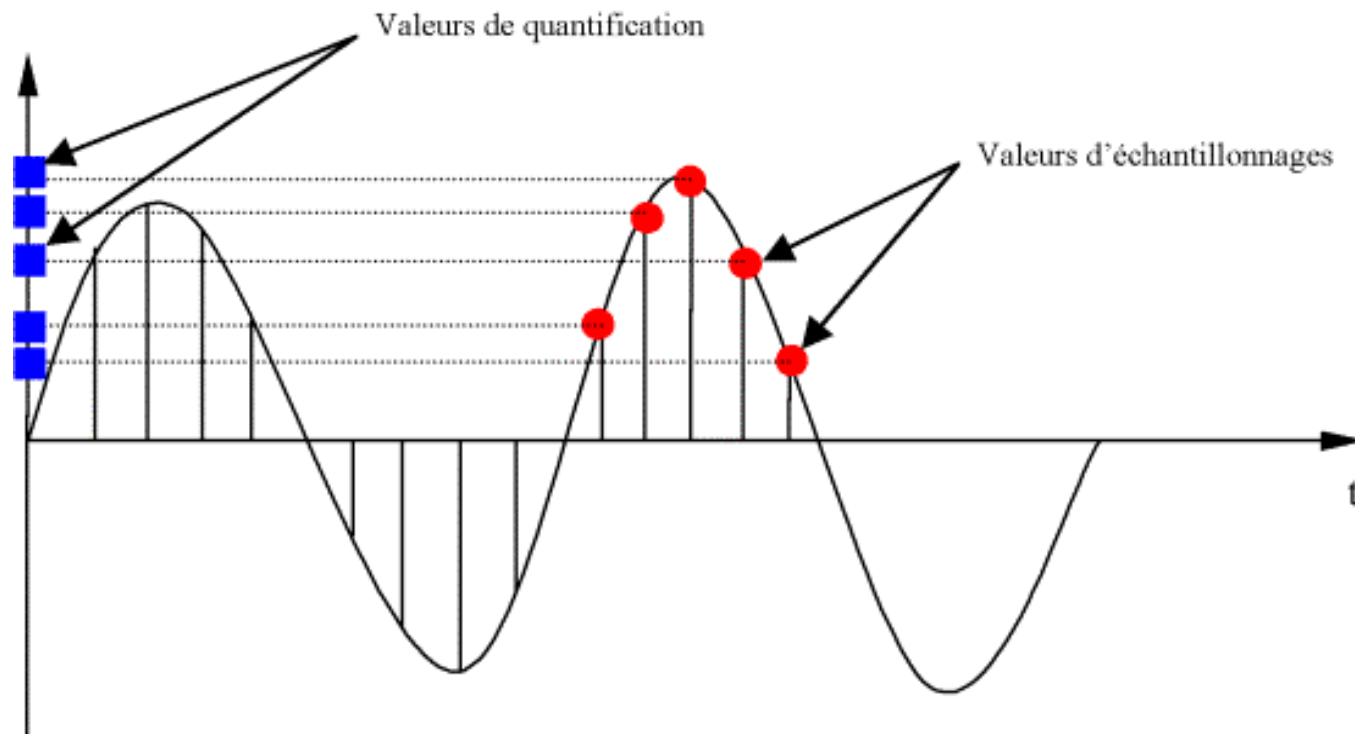
f_e est la fréquence d'échantillonnage.

Ainsi, si $f_e \geq 2 f_{\max}$, il n'y a pas de repliement de spectre et on peut récupérer $X(f)$ à partir de $X_e(f)$. Ce résultat porte le nom de **théorème de Shannon** : la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à deux fois la fréquence maximale du signal traité. Sous cette condition, **on peut reconstituer** le signal analogique $x(t)$ de départ.

Quantification (1/2)

■ Quantification du signal échantillonné

La quantification consiste à représenter un échantillon par une **valeur numérique** au moyen d'une **loi de correspondance**. Cette phase consiste à trouver une loi de correspondance telle que la valeur des signaux ait le plus de signification possible. Cette quantification détermine la justesse avec laquelle le codage peut s'effectuer.

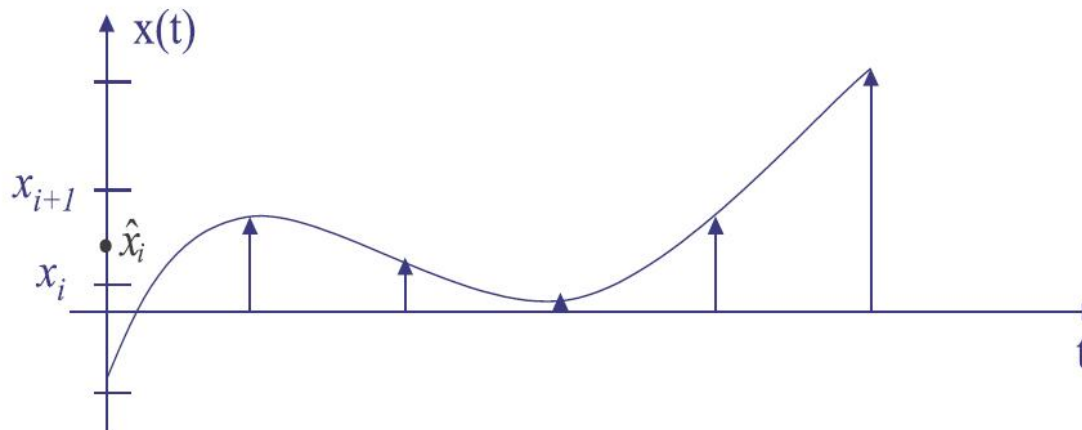


Quantification (2/2)

■ Paramètres du quantificateur

Après échantillonnage, on obtient un signal à temps discret et à valeurs continues. La quantification permet de le rendre à valeurs discrètes. La quantification consiste à subdiviser la région où le signal traité rend ses valeurs grâce à des partitions $\{x_i\}_{1 \leq i \leq N+1}$. On obtient ainsi N régions et le quantificateur est dit à N niveaux.

Si $x(nT_e) \in [x_i, x_{i+1}]$, alors il est quantifié en $x(nT_e) = x_i$.

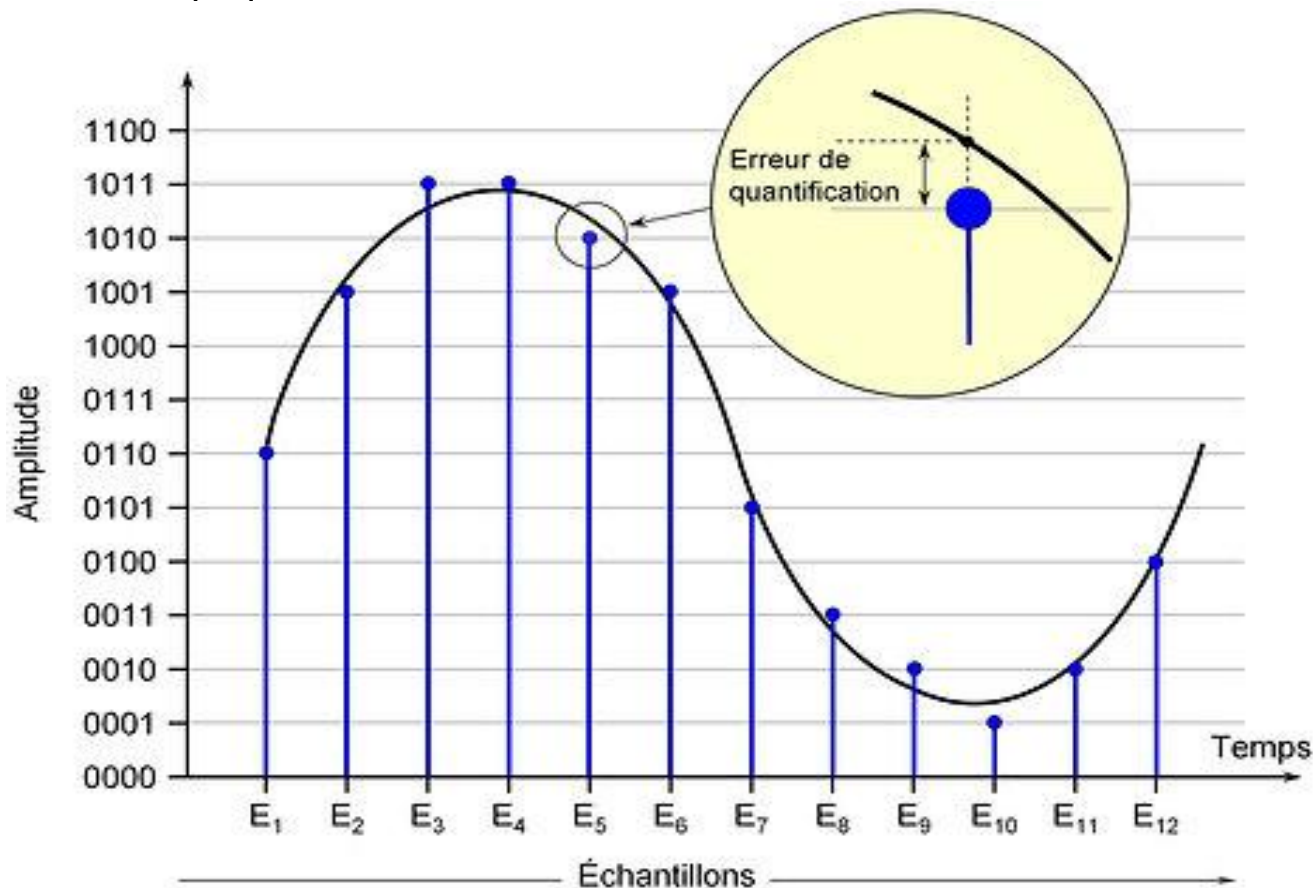


Les paramètres du quantificateur sont donc :

- Le nombre de niveaux du quantificateur: **N** (N est une puissance de 2 car la sortie du quantificateur sera codée en binaire).
- La partition : $\{x_i\}_{1 \leq i \leq N+1}$
- Les valeurs quantifiées : $\{x_i\}_{1 \leq i \leq N}$

■ Codage du signal quantifié

Consiste à donner une valeur numérique aux échantillons. Ce sont ces valeurs qui sont transportées dans les paquets.



Numérisation du Signal Téléphonique (1/2)



- ✓ En sortie du codeur, la parole d'un abonné se présente sous la forme d'un mot binaire de **8 bits (256 plages de quantification)** au rythme de **8 khz** (fréquence d'échantillonnage).
- ✓ Le débit binaire correspondant à une liaison numérique (unidirectionnelle) pour un abonné est donc:
$$8000 \times 8 = 64 \text{ kbits/s}$$
- ✓ La liaison globale (X vers Y et Y vers X) nécessite deux flots indépendants de 64 kbits/s chacun (**full-duplex**)

Numérisation du Signal Téléphonique (2/2)

Figure 1. Echelle de Quantification de la loi européenne pour la téléphonie

