

## Chapitre 3 : Eléments de la couche Physique

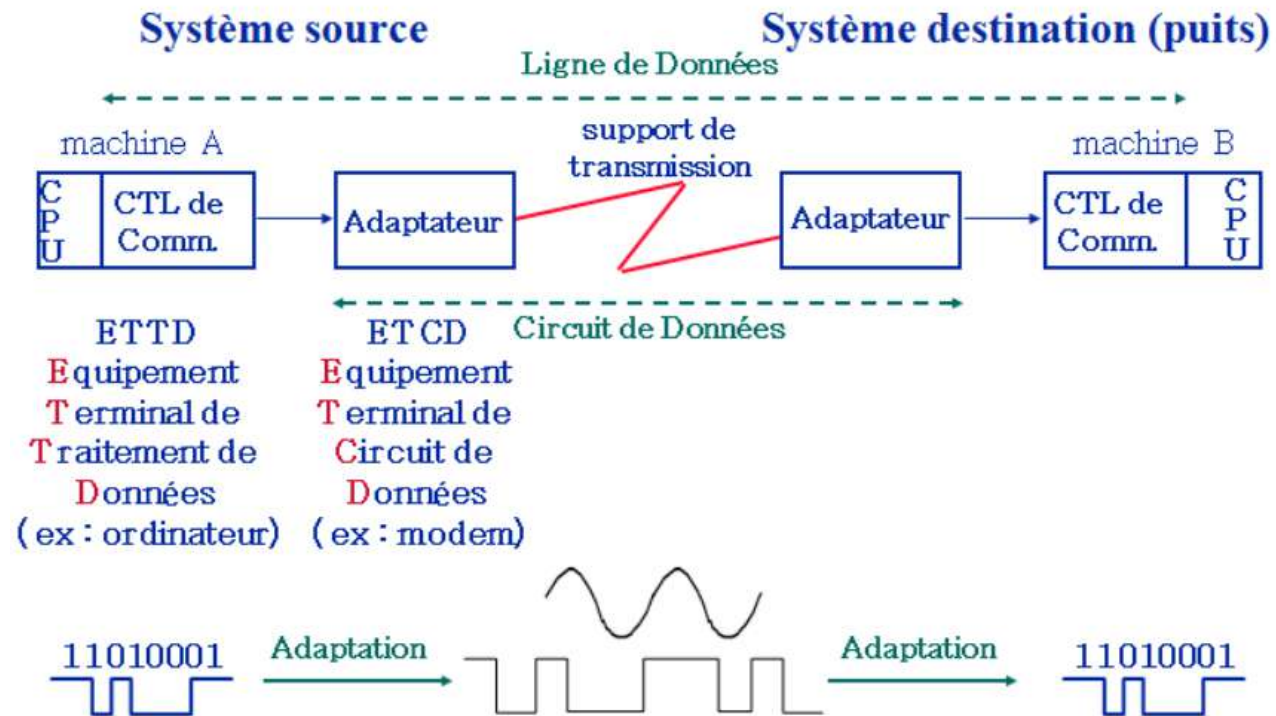


# Questions de synthèse du 17/10/2024

1. Modèle OSI ? Pourquoi ?
2. Communication logique Vs Communication physique ?
3. Principales fonctionnalités de la couche Physique ?

4. ETTD ?

5. ETC D ?



# Questions de synthèse du 17/10/2024

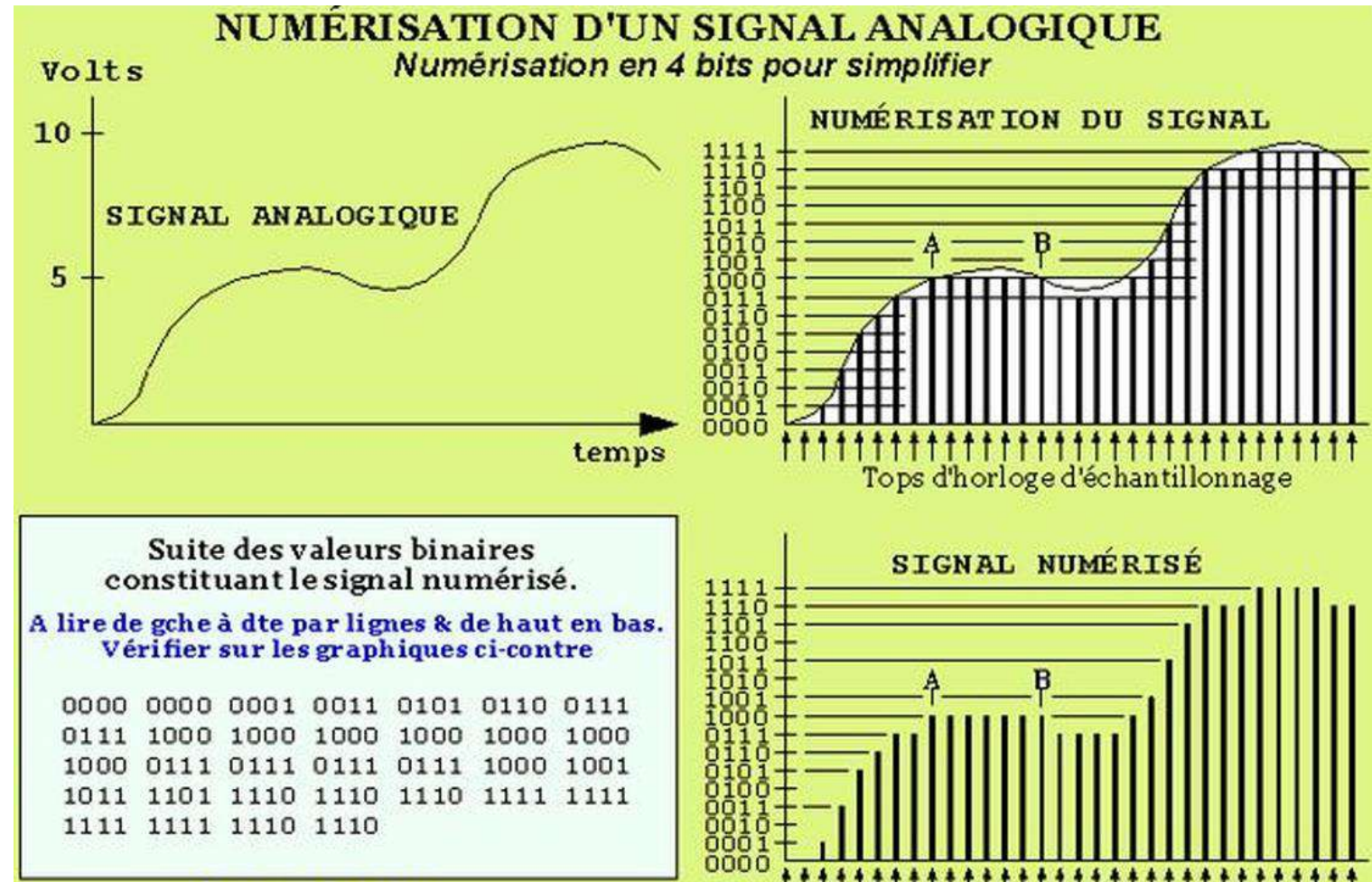
6. Pourquoi la numérisation ?

7. Chaîne de numérisation ?

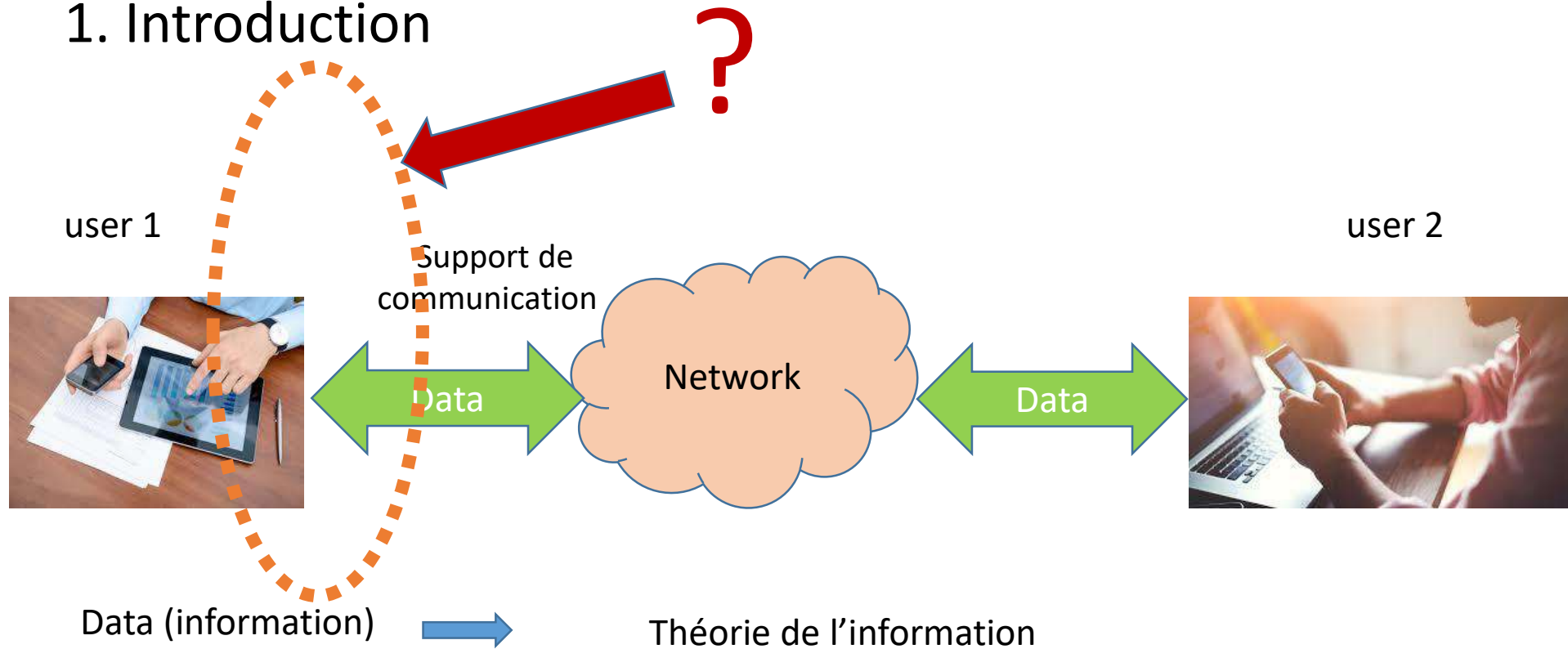
8. Echantillonnage ?

9. Quantification ?

10. Codage ?



# 1. Introduction



Supports de communication → Câblage, réseaux d'accès, multiplexage ...

End user → Protocoles, codec, ETTD, ETTCD, ...

Network → Communication logique et physique, Modèle de couche OSI ...



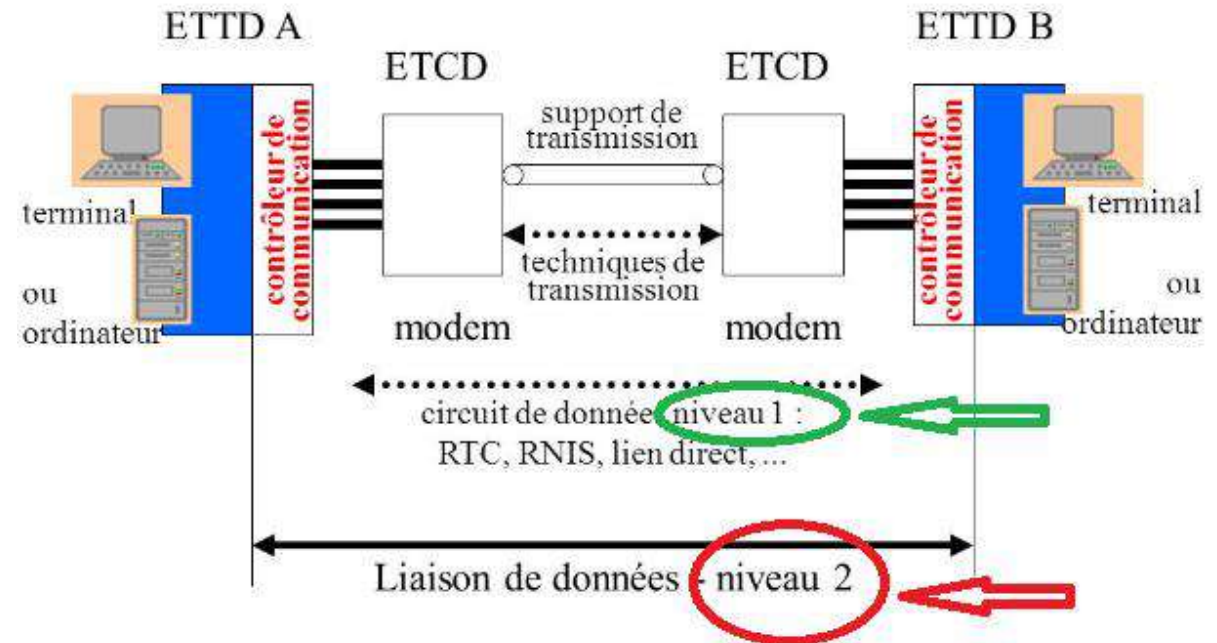
## 2. Circuits et liaisons de données

### ■ Liaison Téléinformatique

- Une liaison de transmission de données met en œuvre :

Des systèmes d'extrémité

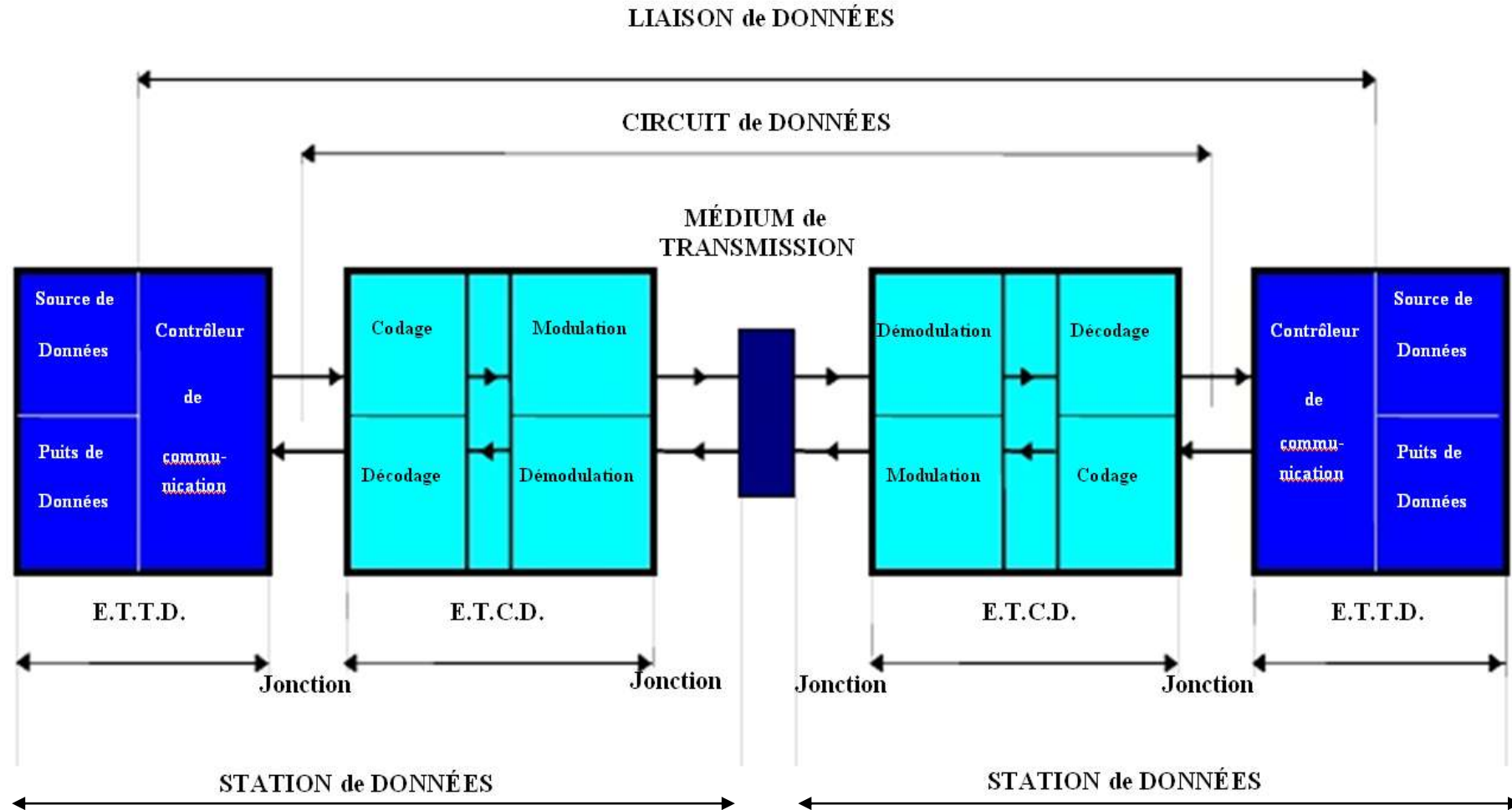
Des éléments d'interconnexion



- E.T.T.D = Equipement Terminal de Traitement de Données ; il permet :
  - le traitement de données;
  - gérer les communications.
- E.T.C.D = Equipement Terminal de Circuit de Données ; il permet :
  - l'adaptation électrique du signal de l'ETTD au support de transmission;
  - l'établissement et libération du circuit.
- Jonction = Interface normalisée entre E.T.T.D et E.T.C.D.

## 2. Circuits et liaisons de données

### Circuit de transmission



## 2. Circuits et liaisons de données

### ETTD / ETCD

- Définitions : ETTD (Équipement Terminal de Traitement de Données)
  - Équipement Terminal de Traitement de Données (émetteur / récepteur)
  - Équipement gérant la mise en forme de la représentation interne des données afin de les présenter sous la forme exigée pour les télétransmissions à l'émission (mode série, bloc ou caractère, calculs de parité ou CRC ...), et réalisant l'opération inverse à la réception.
  - Se sont les calculateurs d'extrémité dotés de circuits particuliers pour contrôler les communications.
  - ETTD est l'équipement qui prend en charge le contrôle du dialogue/protocole

## 2. Circuits et liaisons de données

### ETTD / ETCD

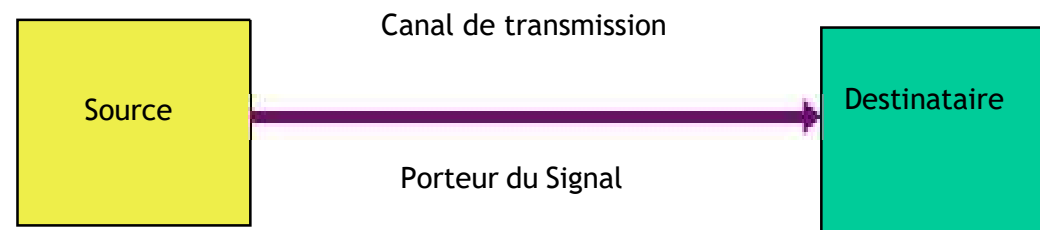
- Les ETCDs sont caractérisés par plusieurs paramètres :
  - La rapidité de transmission :
    - Bande de base
    - Modulation
  - Le codage utilisé
  - Le débit en bit/s
  - Le mode et le sens de transmission
  - L'interface avec le terminal ETTD



# 3. Théorie de l'information

## ■ Information et signaux

- La communication met en relation, à travers un canal (medium), la source d'information et le destinataire, cela à l'aide d'un signal ou d'une série de signaux.
- Le signal est le véhicule de l'information.
- L'information est la représentation des connaissances.



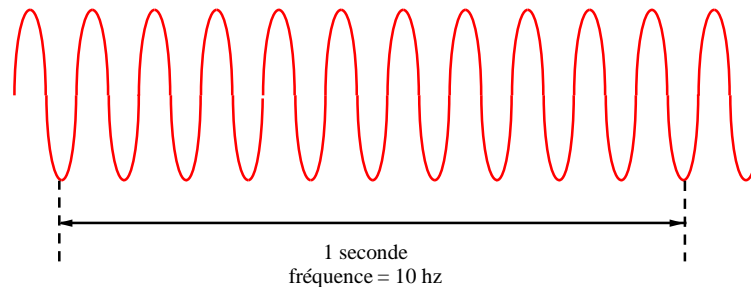
### 3. Théorie de l'information

- Types de données

- Les **données continues ou analogiques** résultent de la variation continue d'un phénomène physique.
- Les données discrètes, l'information résulte de l'assemblage d'une suite d'éléments indépendants les uns des autres.

- Un capteur fournit une tension proportionnelle à l'amplitude du phénomène physique analysé

- Signal analogique qui varie de manière analogue au phénomène physique
- Le signal analogique peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle déterminé



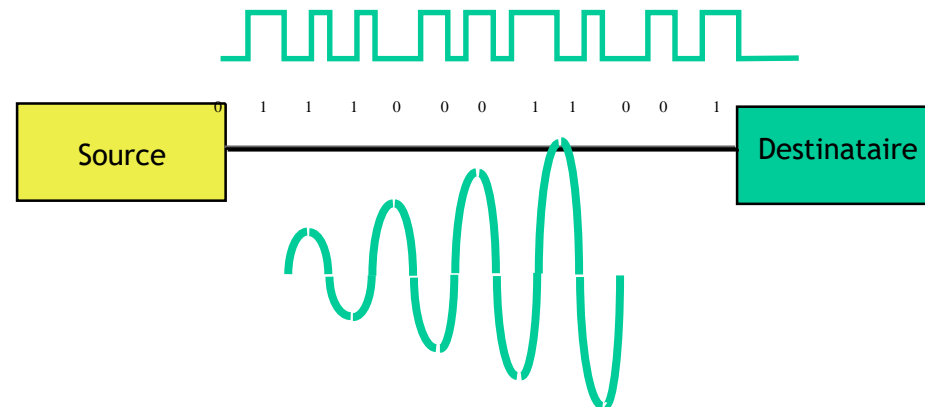
# 3. Théorie de l'information

## ■ Données Analogiques

- Un signal analogique est un signal dont la valeur peut être quelconque (à l'intérieur de limites fixées par l'environnement).
- La valeur de ce signal est significative à tout instant, et par suite toute perturbation même courte de ce signal peut causer une perte d'information.

## ■ Données numériques

- Pour traiter l'information par un système informatique, Il est nécessaire d'attribuer à chaque élément d'information une représentation binaire représentative de celui-ci.
- Cette opération porte le nom de :
  - Codage de l'information pour les informations discrètes.
  - Numérisation de l'information pour les informations analogiques.

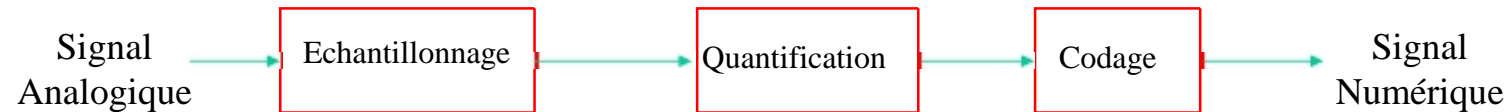


### 3. Théorie de l'information

- Numérisation des informations :

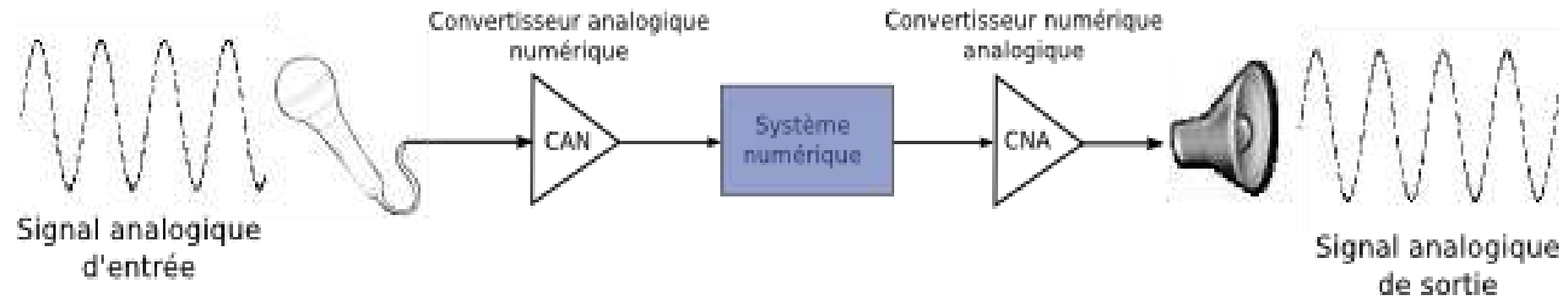
- Transformer la suite continue de valeurs en une suite discrète et finie
- Prélever, à des instants significatifs, un échantillon du signal : technique de l'échantillonnage.
- La quantification consiste à affecter une valeur numérique à chaque échantillon prélevé.
- Le récepteur, à partir des valeurs transmises, reconstitue le signal d'origine.

- Chaîne de numérisation :



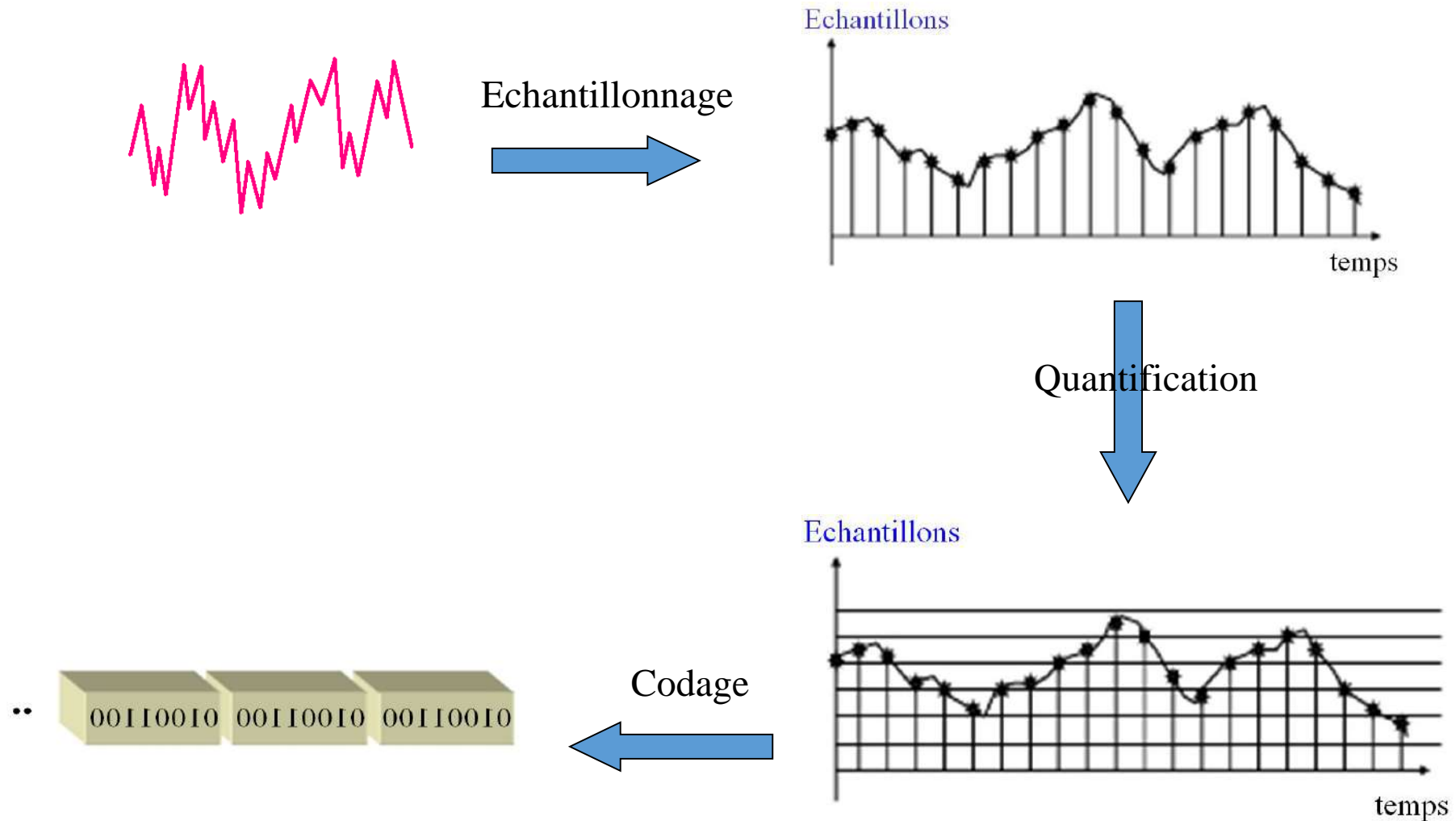
### 3. Théorie de l'information

#### ■ Exemple



### 3. Théorie de l'information

- Chaîne de numérisation :





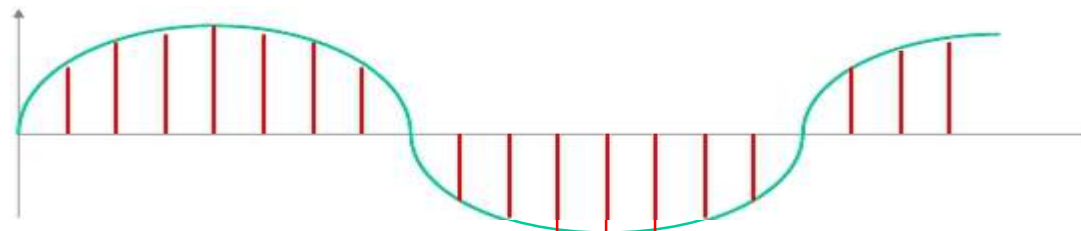
# 3. Théorie de l'information

## Échantillonnage

- L'échantillonnage est une opération effectuée sur le signal à transmettre en vue de réaliser la conversion "analogique / numérique".
- Il consiste à substituer, au signal d'origine, une suite de valeurs instantanées prélevées sur le signal et régulièrement espacées dans le temps.
- A des instants précis, régulièrement espacés, on prélève un échantillon du signal, qui sera représentatif de l'amplitude de celui-ci.
- **L'échantillonnage consiste à prélever de façon périodique des échantillons du signal à transmettre.**

### ■ Le théorème de Shannon

- montre qu'on ne peut pas reconstituer correctement le signal d'origine si la fréquence d'échantillonnage n'est pas 2 fois supérieure à la fréquence du signal à transmettre.
- $F_e > 2f_s$  : le signal peut être reconstitué
- $F_e < 2f_s$  : le signal ne peut être reconstitué (pas assez d'échantillons)



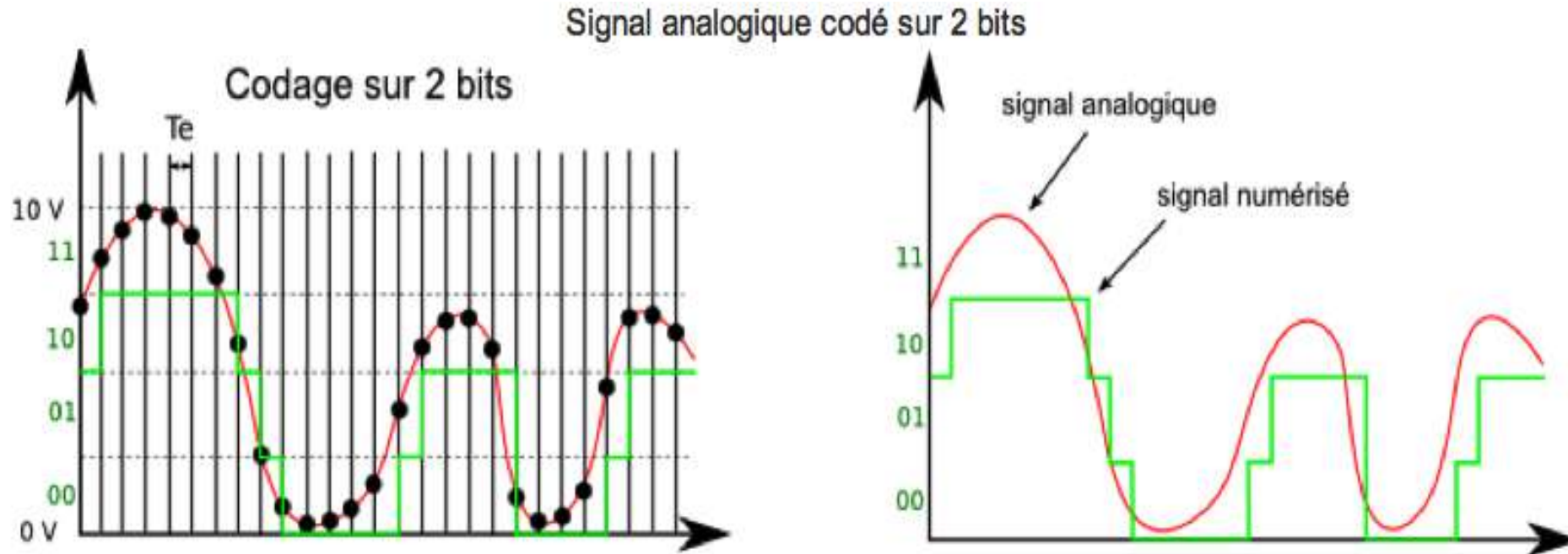
# 3. Théorie de l'information

## Quantification

- La quantification consiste à représenter l'amplitude de l'échantillon par un nombre.
  - Elle fait correspondre à chaque amplitude d'échantillon, l'amplitude la plus voisine d'une suite discrète et finie d'amplitudes "étalons" appelées "niveaux".
  - Dans cette opération, l'échelle des amplitudes est divisée en un certain nombre de plages
  - L'amplitude de chaque échantillon est quantifiée par rapport à une table binaire conventionnelle.
  - Toute amplitude située dans cette plage est remplacée par un nombre représentant l'amplitude moyenne de la plage; il en résulte une erreur qui se traduit par une imperfection appelée bruit de quantification.
  - Les plages de quantification ne sont pas forcément toutes égales.
  - L'erreur de quantification (différence entre niveau réel de l'échantillon et le milieu de la plage correspondante) se minimise quand le nombre de plages est grand.

### 3. Théorie de l'information

#### Quantification - Exemple

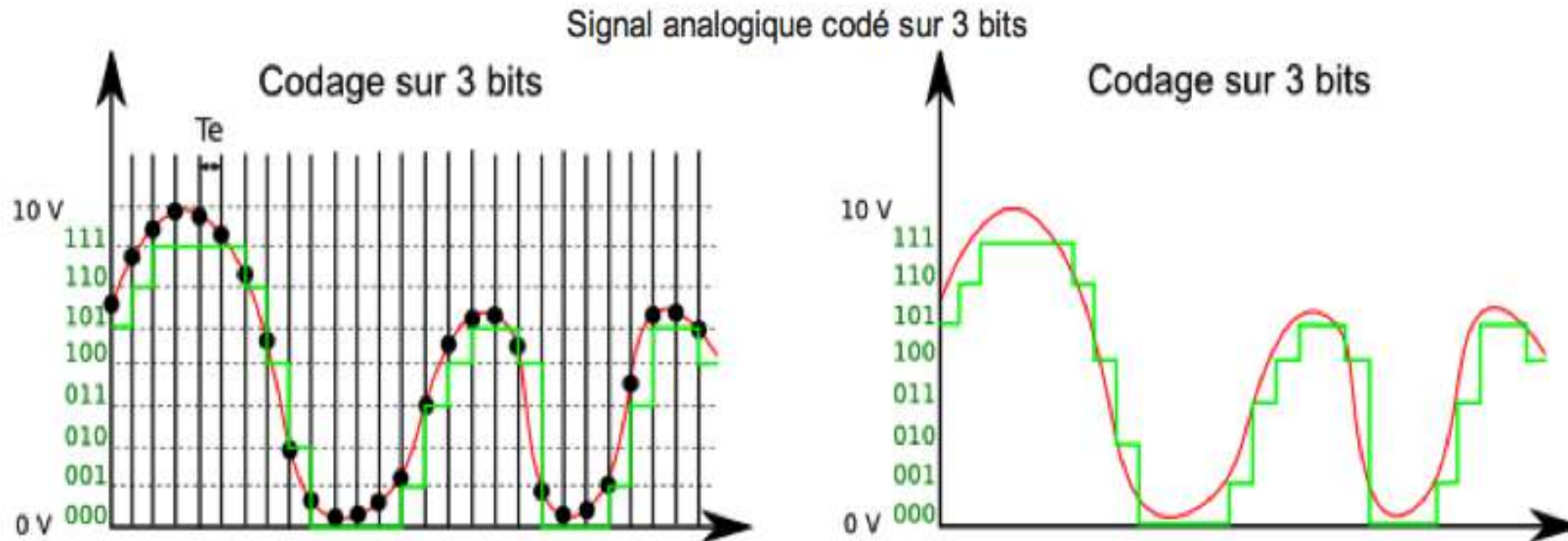


Dans cet exemple, le signal a une amplitude de 10 volts :

- 0 à 2,5 V, le code sera « 00 »
- 2,5 V à 5 V, le code sera « 01 »
- 5 V à 7,5 V, le code sera « 10 »
- 7,5 V à 10 V, le code sera « 11 »

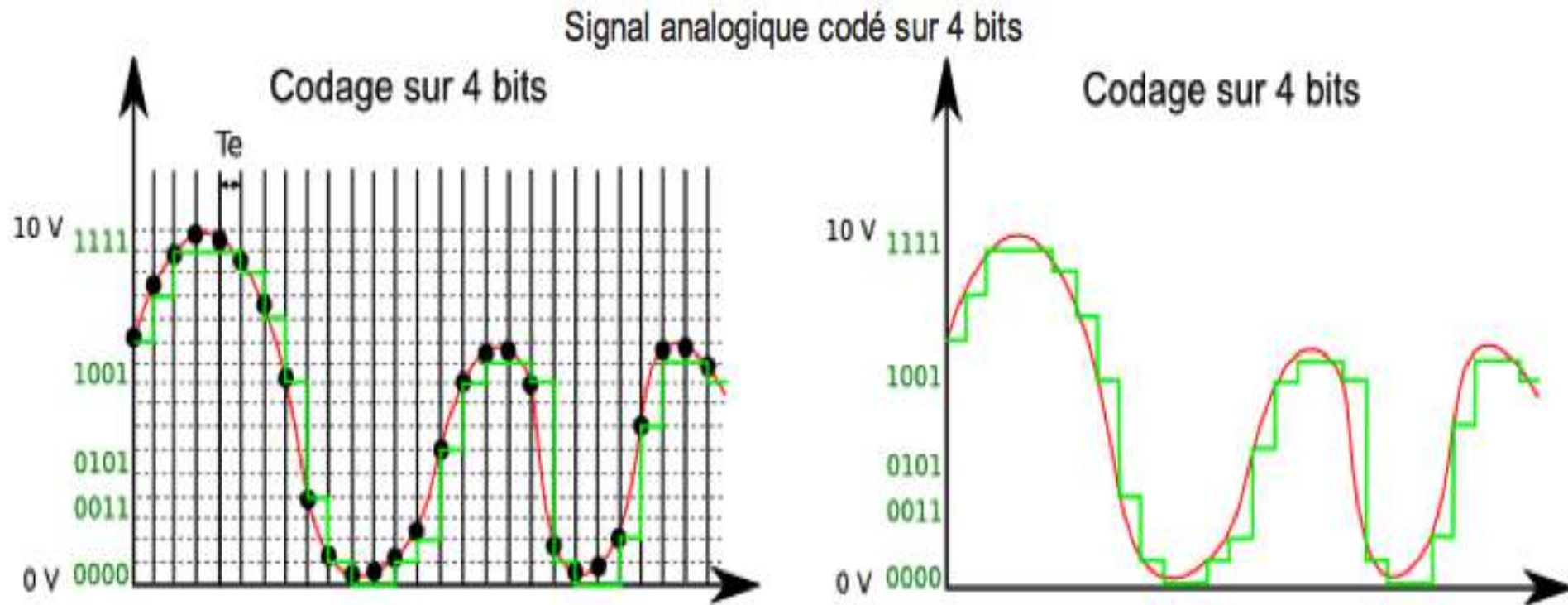
### 3. Théorie de l'information

#### Quantification - Exemple



### 3. Théorie de l'information

#### Quantification - Exemple



### 3. Théorie de l'information

#### ■ Chaîne de numérisation

La qualité du signal numérique dépendra de deux facteurs :

- la **fréquence d'échantillonnage** appelé aussi **taux d'échantillonnage**) : plus celle-ci est grande (c'est-à-dire que les échantillons sont relevés à de petits intervalles de temps) plus le signal numérique sera fidèle à l'original ;
- le **nombre de bits sur lequel on code les valeurs** appelé **résolution**;  
il s'agit en fait du nombre de valeurs différentes qu'un échantillon peut prendre. Plus celui-ci est grand, meilleure est la qualité.



### 3. Théorie de l'information

- Avantages de la numérisation

- Grâce à la numérisation on peut garantir la qualité d'un signal, ou bien la réduire volontairement pour :
  - diminuer le coût de stockage
  - diminuer le coût
  - diminuer les temps de traitement
  - tenir compte des limitations matérielles

### 3. Théorie de l'information

#### ■ Convertisseur analogique - numérique

Un convertisseur analogique numérique (CAN) est un appareil permettant de transformer en valeurs numériques un phénomène variant dans le temps. Lorsque les valeurs numériques peuvent être stockées sous forme binaire (donc par un ordinateur), on parle de données multimédia.

Un ordinateur dit « multimédia » est une machine capable de numériser des documents (papier, audio, vidéo...). Les principaux périphériques comportant des convertisseurs analogique numérique sont :

- les cartes d'acquisition vidéo
- les scanners
- les cartes de capture sonore (la quasi-totalité des cartes-sons)
- la souris, l'écran et tout mécanisme de pointage
- les lecteurs (optiques comme le lecteur de CD-ROM, magnétiques comme le disque dur)
- les modems (à la réception)

### 3. Théorie de l'information

#### ■ Convertisseur numérique - analogique

Les convertisseurs numérique analogique permettent de restituer un signal numérique en signal analogique. En effet, si une donnée numérique est plus facile à stocker et à manipuler, il faut tout de même pouvoir l'exploiter. A quoi servirait un son numérique si l'on ne pouvait pas l'entendre...

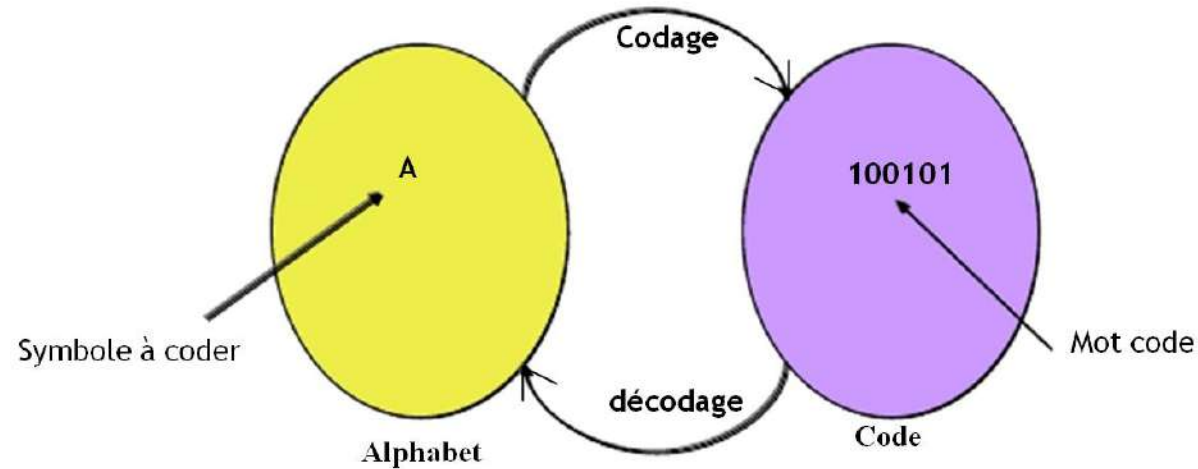
Ainsi, sur un ordinateur multimédia on trouve des convertisseurs numérique analogique pour la plupart des sorties :

- sorties audio des cartes-sons
- synthétiseur musical
- imprimante
- modem (à l'émission)

### 3. Théorie de l'information

#### ■ Codage :

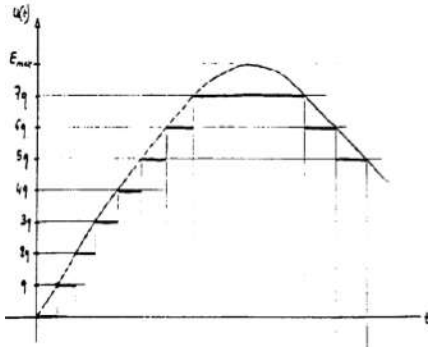
- Le codage consiste à caractériser une plage de quantification par son numéro écrit en numération binaire.
- C'est une opération qui consiste à faire correspondre à chaque symbole d'un alphabet (élément à coder) une représentation binaire (mot code)



Exemple : voir travaux dirigés sur le codage !!

### 3. Théorie de l'information (récapitulatif)

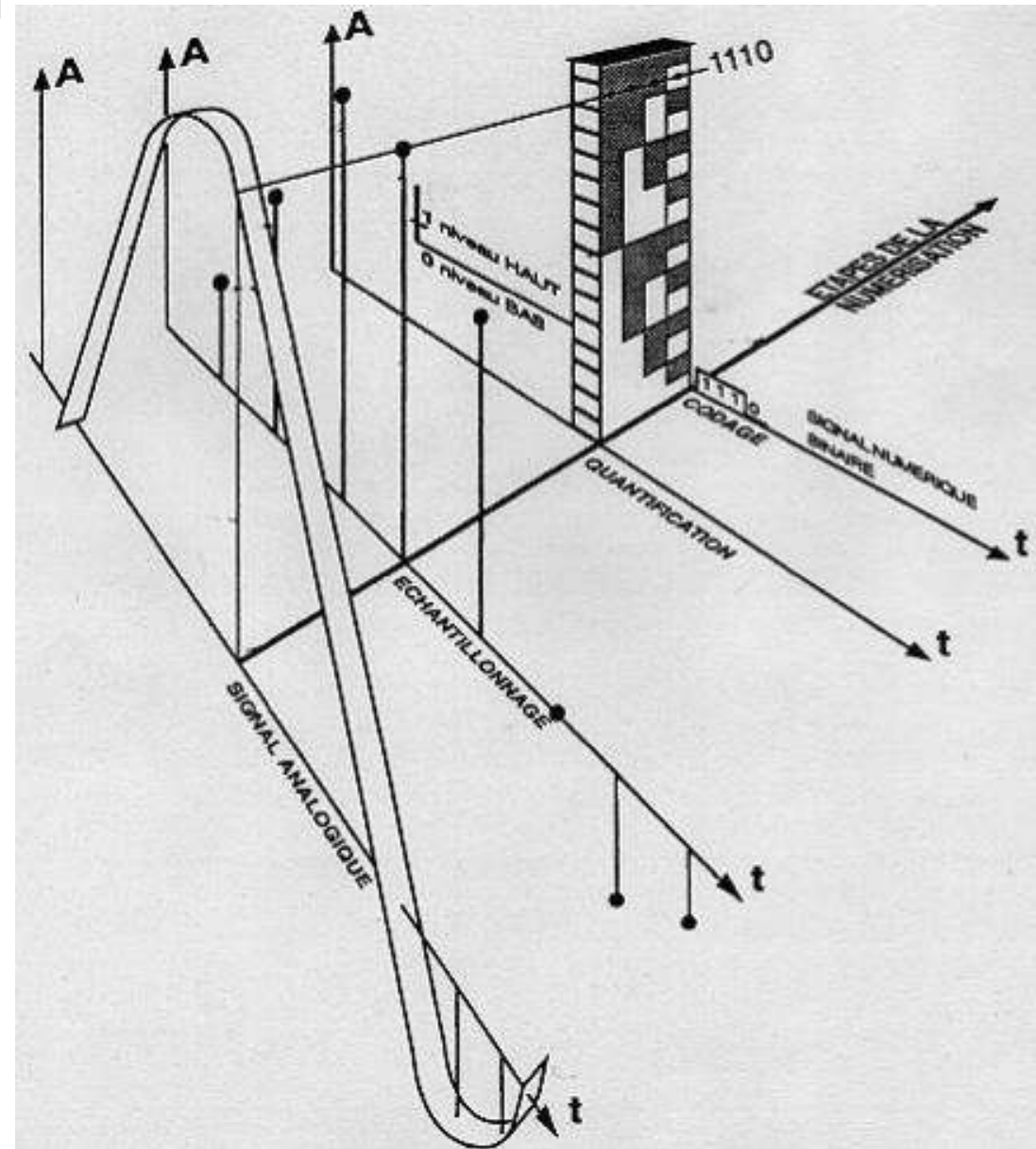
#### 1. Théorème Shannon



2. A chaque niveau de tension est associé à une valeur binaire codée sur N bits: N bits vont permettre de distinguer  $2^n$  niveaux de tension répartis de  $-V_m$  à  $+V_m$ . On définit alors le pas de quantification par :

$$q = \frac{2V_m}{2^n}$$

3. Le codage permet d'établir la correspondance entre le signal analogique et sa valeur binaire.



# 3. Théorie de l'information

## Les codes de représentation (de l'information)

- Chaque état du système est codé par un certain nombre de bits :
  - 1 bit on peut coder 2 états (0, 1)
  - 2 bits on peut coder 4 états (00, 01, 10 et 11)
  - 3 bits on peut coder 8 états (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, et 111)
  - Avec n bits on peut coder  $2^n$  états
  
- Le nombre de bits nécessaires pour coder P états est n tel que :
  - $2^{(n-1)} \leq P \leq 2^n$
  
- Le nombre de bits pour coder P symboles est donc :
  - $n = E[\log_2 P]$
  
- Application
  - Combien de bits sont nécessaires pour coder les lettres de l'alphabet ?
  
  - $2^{(n-1)} \leq P \leq 2^n$  avec  $P=26$  :  $2^4 \leq P \leq 2^5$
  - 5 bits sont alors nécessaires



### 3. Théorie de l'information

#### Les codes de représentation (de l'information)

Les principaux codes utilisés sont les suivants :

- **Code télégraphique**, à 5 moments. L'alphabet peut comporter 32 caractères, dont seulement 31 sont utilisés.
- **Code ASCII**, à 7 moments, soit 128 caractères disponibles.
- **Code EBCDIC** à 8 moments, qui autorise jusqu'à 256 caractères.
- **Unicode**, à 16 moments, qui reprend de façon légèrement simplifiée les spécifications du code ISO 10646 UCS (Universal Character Set), à 32 moments. Ce code unique permet de prendre en compte toutes les langues du monde.

### 3. Théorie de l'information

#### Les codes de représentation (de l'information)

- Exemples : ASCII, EBCDIC .....

Digit	ASCII	EBCDIC	XS3	4221
0	0011 0000	1111 0000	0011	0000
1	0011 0001	1111 0001	0100	0001
2	0011 0010	1111 0010	0101	0010
3	0011 0011	1111 0011	0110	0011
4	0011 0100	1111 0100	0111	1000
5	0011 0101	1111 0101	1000	0111
6	0011 0110	1111 0110	1001	1100
7	0011 0111	1111 0111	1010	1101
8	0011 1000	1111 1000	1011	1110
9	0011 1001	1111 1001	1100	1111

.....

### 3. Théorie de l'information

ASCII code

символ	10-й код	2-й код	символ	10-й код	2-й код	символ	10-й код	2-й код	символ	10-й код	2-й код
	32	00100000	8	56	00111000	P	80	01010000	h	104	01101000
!	33	00100001	9	57	00111001	Q	81	01010001	i	105	01101001
"	34	00100010	:	58	00111010	R	82	01010010	j	106	01101010
#	35	00100011	;	59	00111011	S	83	01010011	k	107	01101011
\$	36	00100100	<	60	00111100	T	84	01010100	l	108	01101100
%	37	00100101	=	61	00111101	U	85	01010101	m	109	01101101
&	38	00100110	>	62	00111110	V	86	01010110	n	110	01101110
'	39	00100111	?	63	00111111	W	87	01010111	o	111	01101111
(	40	00101000	@	64	01000000	X	88	01011000	p	112	01110000
)	41	00101001	A	65	01000001	Y	89	01011001	q	113	01110001
^	42	00101010	B	66	01000010	Z	90	01011010	r	114	01110010
+	43	00101011	C	67	01000011	[	91	01011011	s	115	01110011
,	44	00101100	D	68	01000100	\	92	01011100	t	116	01110100
-	45	00101101	E	69	01000101	]	93	01011101	u	117	01110101
.	46	00101110	F	70	01000110	^	94	01011110	v	118	01110110
/	47	00101111	G	71	01000111	_	95	01011111	w	119	01110111
0	48	00110000	H	72	01001000	`	96	01100000	x	120	01111000
1	49	00110001	I	73	01001001	a	97	01100001	y	121	01111001
2	50	00110010	J	74	01001010	b	98	01100010	z	122	01111010
3	51	00110011	K	75	01001011	c	99	01100011	{	123	01111011
4	52	00110100	L	76	01001100	d	100	01100100		124	01111100
5	53	00110101	M	77	01001101	e	101	01100101	}	125	01111101
6	54	00110110	N	78	01001110	f	102	01100110	~	126	01111110
7	55	00110111	O	79	01001111	g	103	01100111	□	127	01111111

## 4. Transmission des données

### Modes de transmission

Au niveau de l'ETCD, l'information est codée, elle devienne ainsi prête pour la phase De transmission.

Ce transport proprement dit des données peut être effectué en **parallèle** ou en **série**.

## 4. Transmission des données

### Modes de transmission

#### Transmission parallèle

Dans la transmission en parallèle, les bits d'un même caractère sont envoyés sur des fils métalliques distincts pour arriver ensemble à destination. Il peut y avoir 8, 16, 32 ou 64 fils parallèles, voire davantage dans des cas spécifiques. Cette méthode pose toutefois des problèmes de synchronisation, qui conduisent à ne l'utiliser que sur de très courtes distances, le bus d'un ordinateur, par exemple.

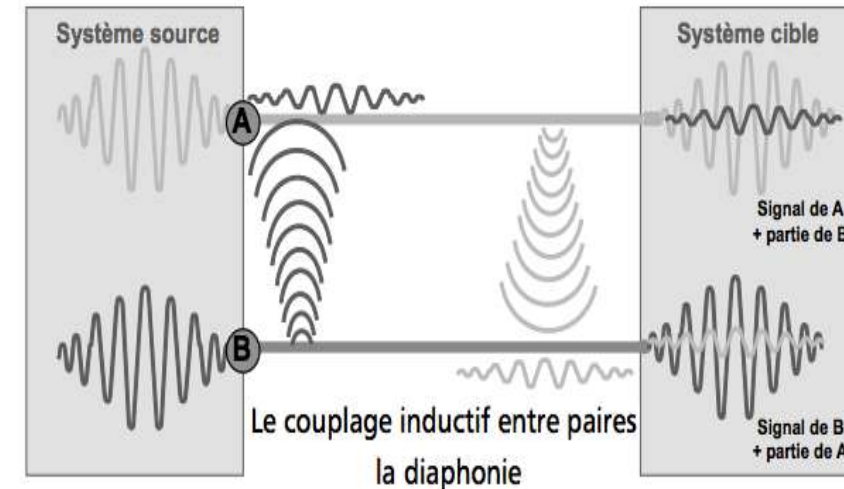
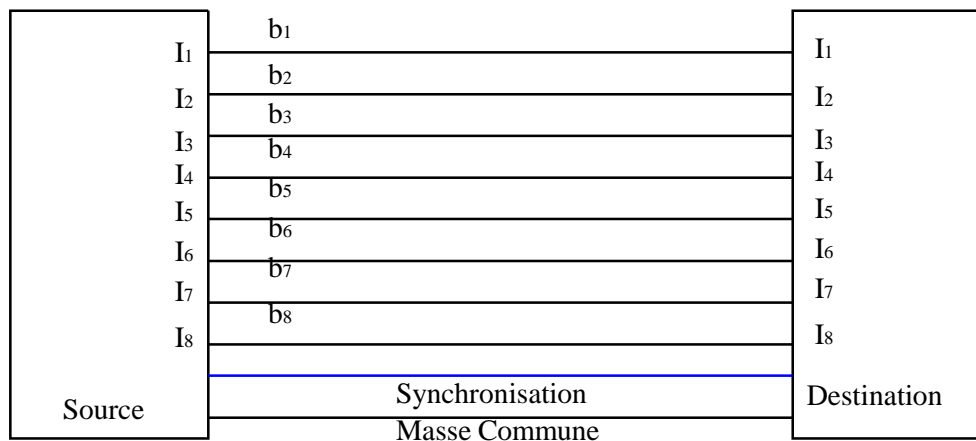


**Synchronisation nécessaire**

# 4. Transmission des données

## Transmission Parallèle

- Dans ce type de transmission, les bits sont envoyés simultanément sur des fils métalliques distincts pour arriver ensemble à destination
  - par exemple pour transmettre un octet, on émet huit signaux sur huit fils différents.
- La Transmission parallèle est parfois intéressante notamment lorsque ces équipements sont séparés par une courte distance, cela aura pour effet
  - de réduire le délai de transfert
  - d'avoir une grande vitesse de transmission (débit).
- Effets secondaires :
  - Rayonnement inter-fils : diaphonie
  - La différence des temps de propagation (vitesse de propagation) entre les fils
  - Coût élevé dû au grand nombre de support de transmission utilisés

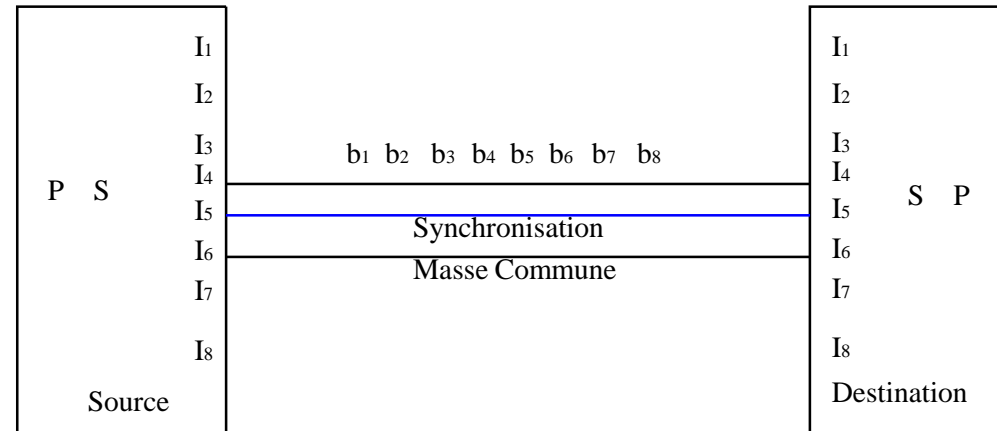




# 4. Transmission des données

## Transmission Série

- Dans ce type de transmission, les bits sont envoyés successivement sur le même support pour arriver un après un à destination
  - Pour transmettre un octet, on émet bit après bit sur un fil.
- la transmission série, est en général utilisée pour les communications à longue distance
  - c'est le cas des réseaux informatiques car elle est adaptée au support de transmission usuel
- Vu qu'aux niveaux des nœuds, les données sont traitées en parallèle, la TS nécessite alors l'utilisation d'interfaces de conversion pour
  - sérialiser les bits en émission (P → S)
  - désérialiser les bits en réception (S → P)

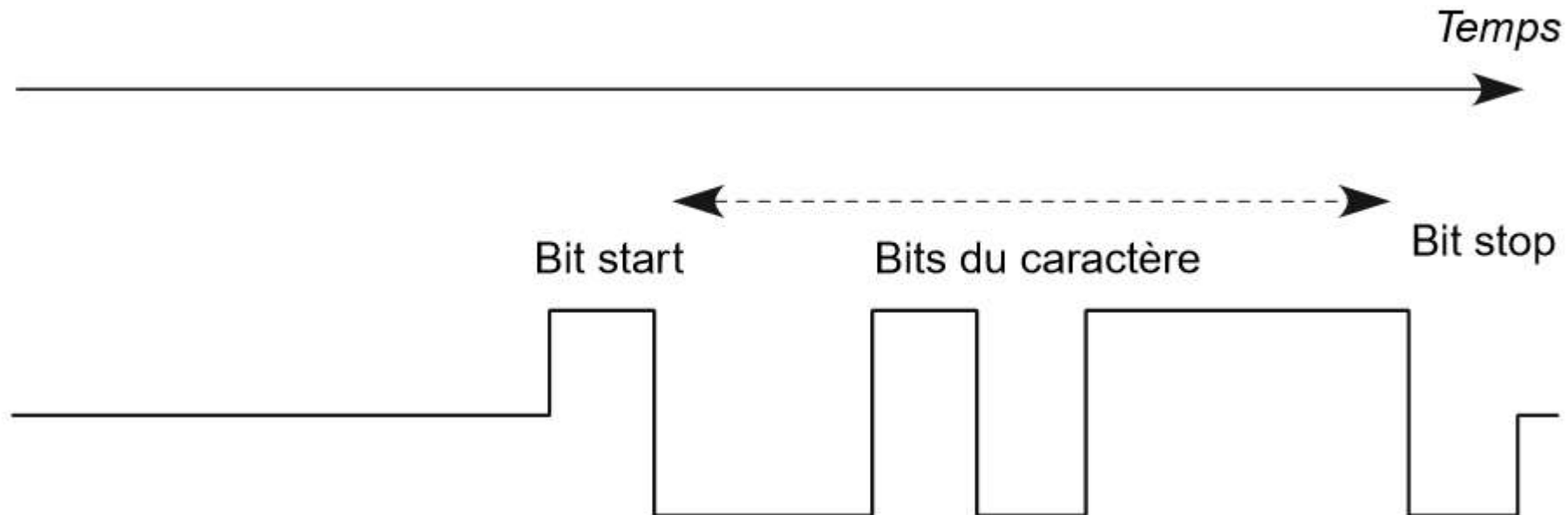


## 4. Transmission des données

### Modes de transmission

#### Transmission série

Dans la transmission en série, les bits sont envoyés les uns derrière les autres. La succession de caractères peut être **asynchrone** ou **synchrone**. Le mode asynchrone indique qu'il n'y a pas de relation préétablie entre l'émetteur et le récepteur. Les bits d'un même caractère sont encadrés de deux signaux, l'un indiquant le début du caractère, l'autre la fin. Ce sont les bits Start et Stop. Le début d'une transmission peut se placer à un instant quelconque dans le temps.

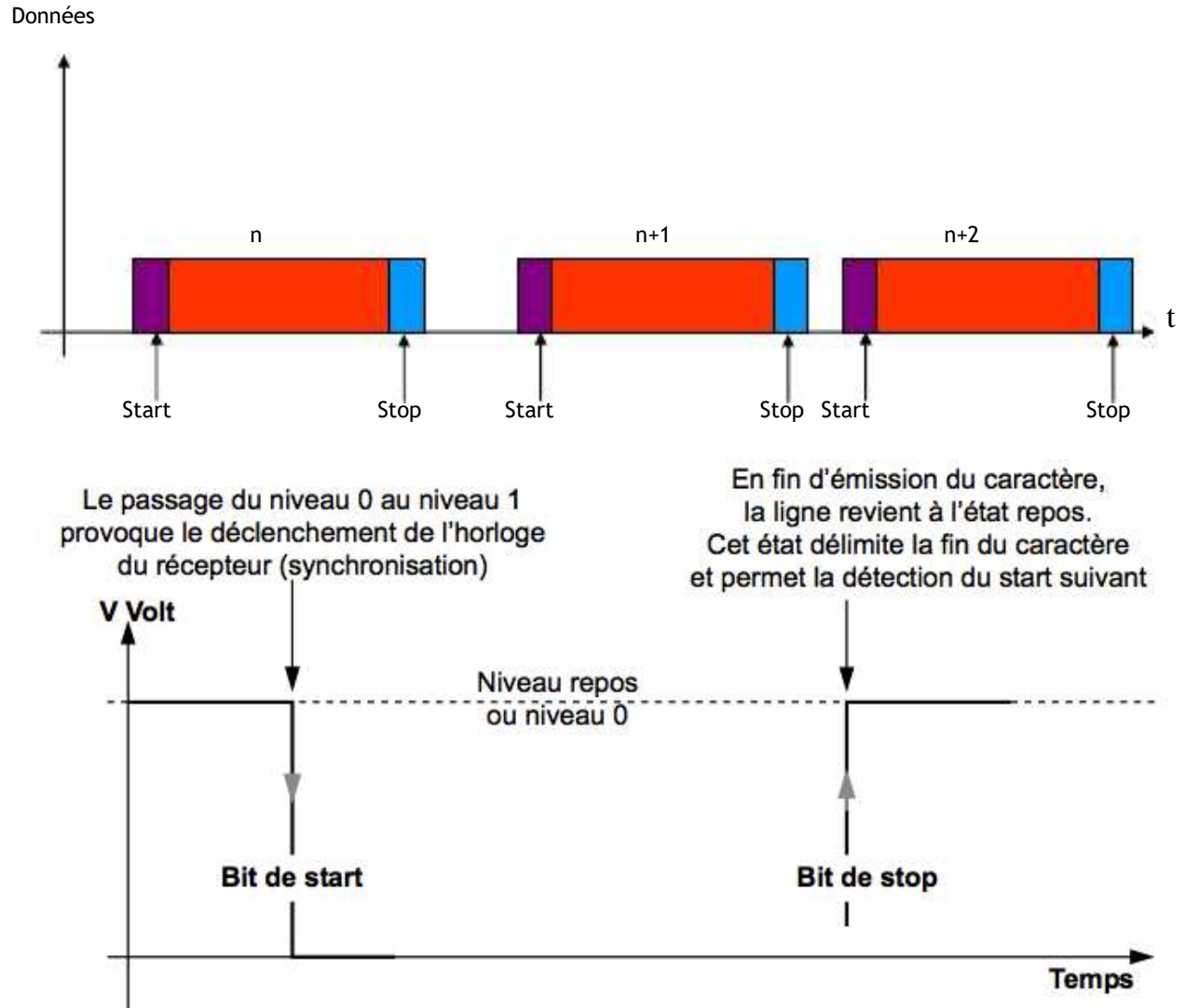


# 4. Transmission des données

## Modes de transmission

### Transmission asynchrone

- Les caractères (mot) émis sont précédés d'un signal de synchronisation :
  - Le bit de start.
- Pour garantir la détection du bit de start entre chaque caractère, la ligne est remise à l'état zéro.
  - Ce temps de repos minimal varie de 1 à 2 temps bit : il constitue le ou les bits de stop.



# 4. Transmission des données

## transmission asynchrone

- **Asynchrone en mode caractères :**
  - la transmission a lieu caractère par caractère
  - L'intervalle de temps qui sépare deux caractères successifs peut être quelconque (multiple de la fréquence de l'horloge)
  
- **Asynchrone en mode blocs :**
  - la transmission a lieu bloc par bloc (ensemble de caractères)
  - L'intervalle de temps qui sépare l'émission de deux blocs successifs peut être quelconque (multiple de la fréquence de l'horloge)

## 4. Transmission des données

### Modes de transmission

#### Transmission synchrone

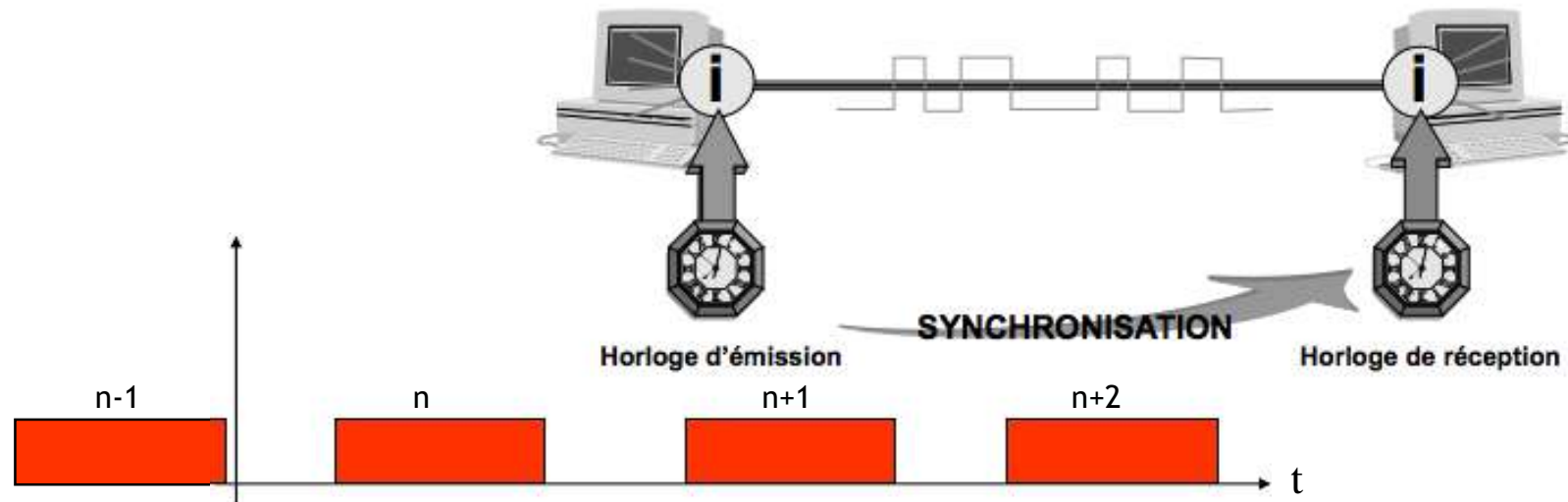
Dans le mode synchrone, l'émetteur et le récepteur se mettent d'accord sur un intervalle constant, qui se répète sans arrêt dans le temps. Les bits d'un caractère sont envoyés les uns derrière les autres et sont synchronisés avec le début des intervalles de temps. Dans ce type de transmission, les caractères sont émis en séquence, sans aucune séparation. Ce mode est utilisé pour les très haut débits.

## 4. Transmission des données

### Modes de transmission

#### Transmission synchrone

- Dans ce mode de transmission, les horloges émetteur et récepteur sont en phase en permanence
- Utilisation d'un signal de synchronisation
  - transmis sur une ligne spéciale
  - ou déduit des bits supplémentaires insérés entre chaque blocs et comportant de nombreuses transitions de façon à identifier les bits et les caractères.



## 4. Circuits et liaisons de données

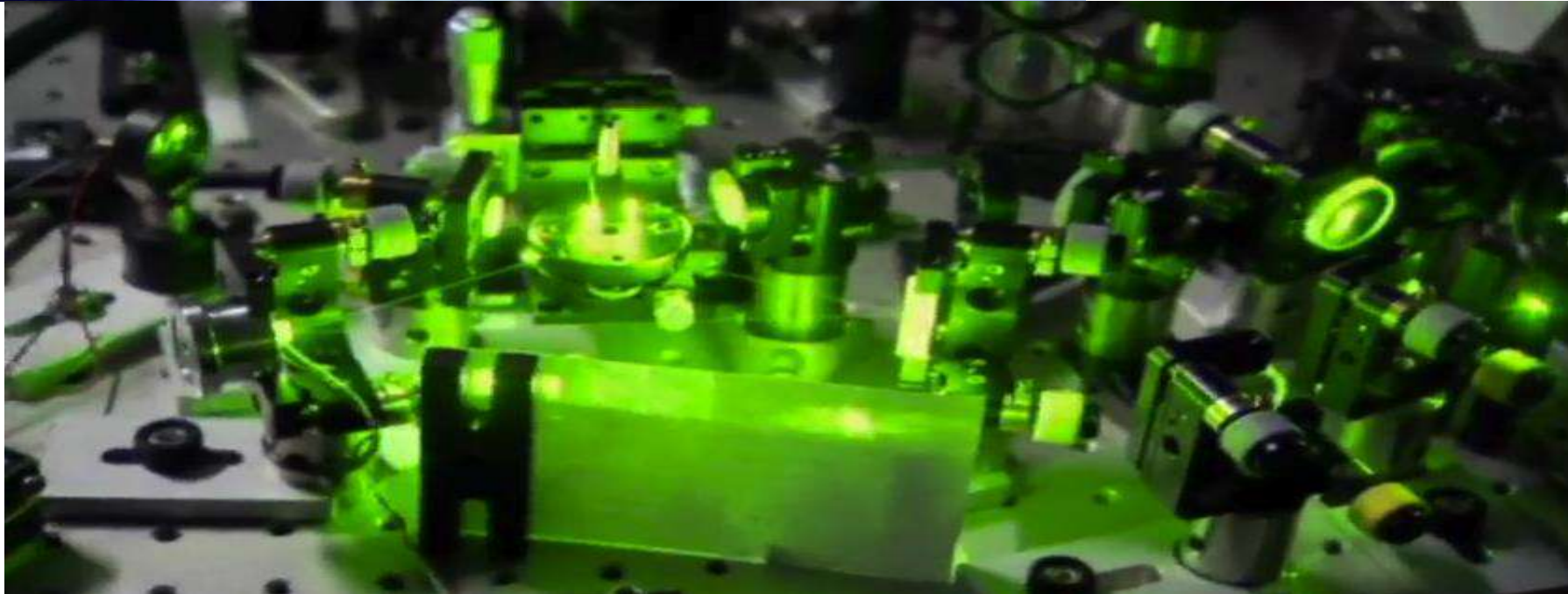
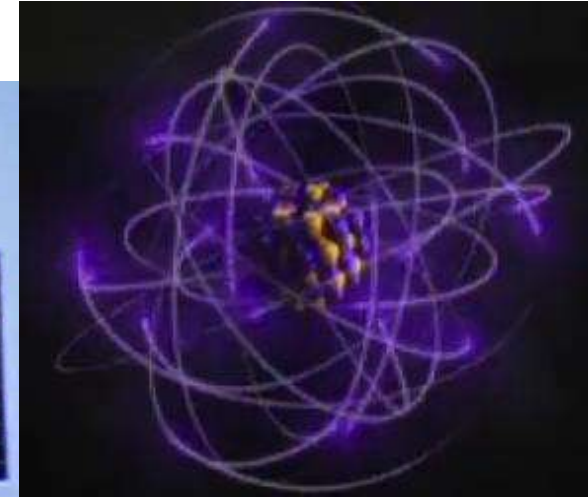
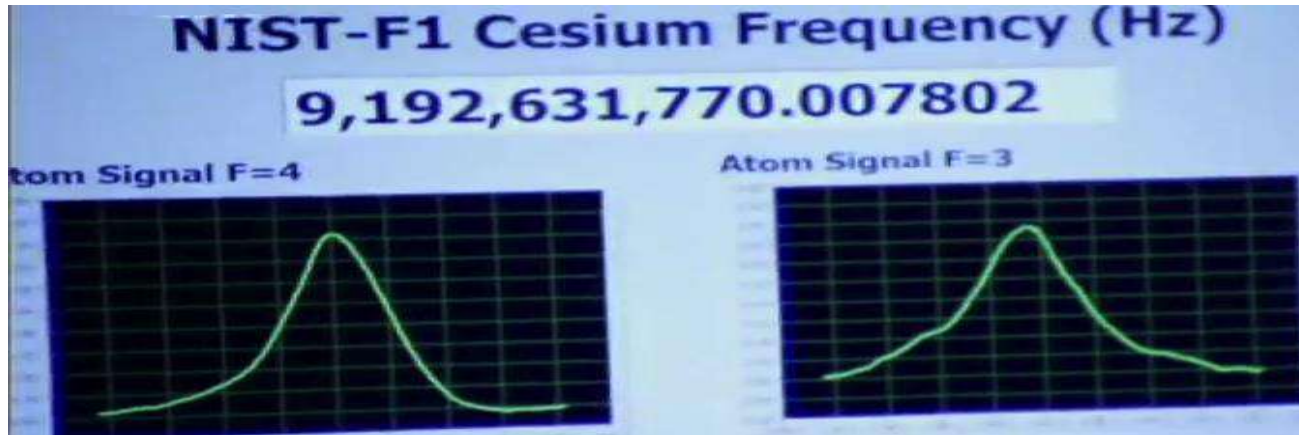
### - Notion de Synchronisation

+ Pour que deux équipements puissent échanger des données sur un support de communication, il faut établir un **haut niveau de coordination** entre eux. Au niveau le plus bas, le niveau physique, les données sont typiquement transmises bit par bit. Pour ce faire, le circuit de transmission convertit les états 0 et 1 en émettant un niveau de tension pendant une courte période de temps sur un support de communication. Le signal résultant est représenté par une onde carrée appelé signal binaire.

+ Un signal binaire transmis par une source possède une fréquence et chaque bit est caractérisé par une amplitude et une largeur. La largeur correspond au temps pendant lequel on maintient la valeur pour représenter un bit.

## 4. Circuits et liaisons de données

### - Notion d'Horloge ?



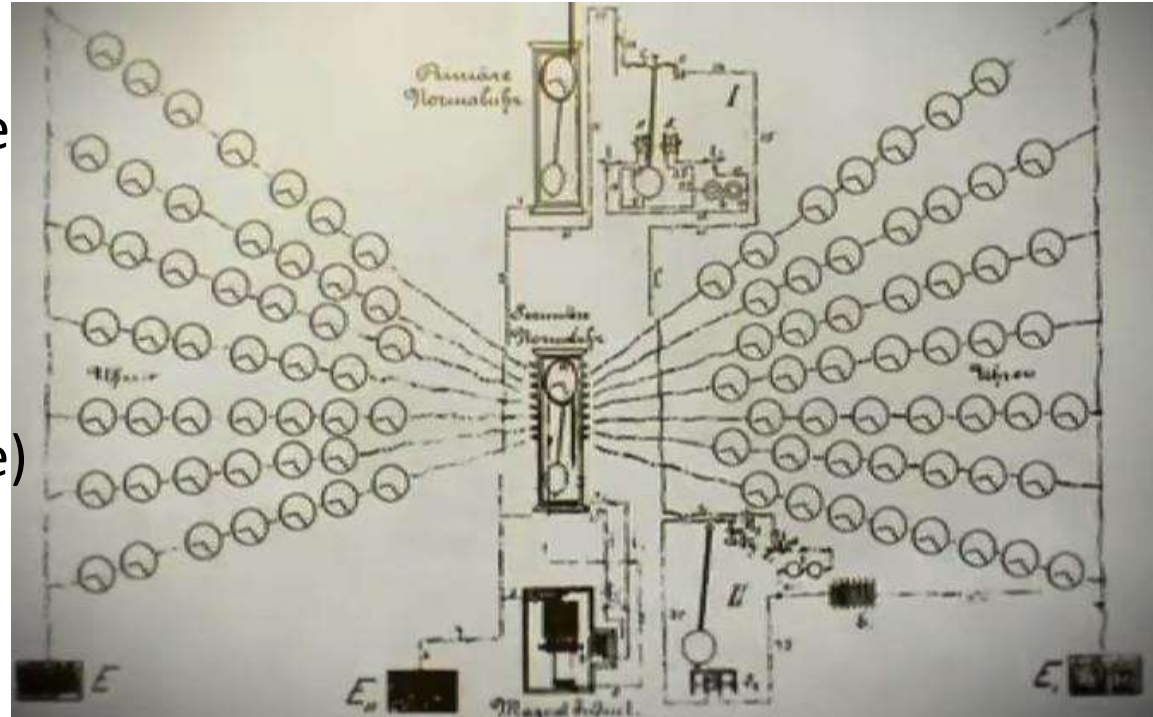


## 4. Circuits et liaisons de données

### - Comment réaliser une synchronisation ?

-Synchronisation hiérarchique  
(réf relative vs absolue)

-Synchronisation implicite  
(incluse dans l'infos transmise)



## 4. Circuits et liaisons de données

### - **Synchronisation** (suite)

+ Les systèmes de transmission et de réception doivent se synchroniser de très près pour que chacun des bits transmis par l'émetteur soit lu par le récepteur. La synchronisation de deux ordinateurs séparés étant impossible, à moins de les relier à la même horloge, on observe des différences de fréquence régissant les ports d'entrée-sortie.

+ Même si deux composantes électroniques sont à un moment donné parfaitement synchronisées en fréquence et dans le temps, les dérivations (retards) propres à chacun des circuits provoquent un glissement dans le temps.

## 4. Transmission des données

### Sens de transmission

#### ■ **Simplex :**

- Dans ce mode de transmission les données ne circulent que dans un seul sens sur la ligne de transmission.
- Mode utilisé pour des applications spécifiques
  - Collecte des résultats de télémessure
  - Contrôle des acquittement de données provenant d'un banc de mesure
  - Diffusion : Télévision, radio ...
- L'émetteur des données comporte le minimum de matériel
- Le récepteur se charge d'assurer tous les contrôles relatifs à la fiabilité des données

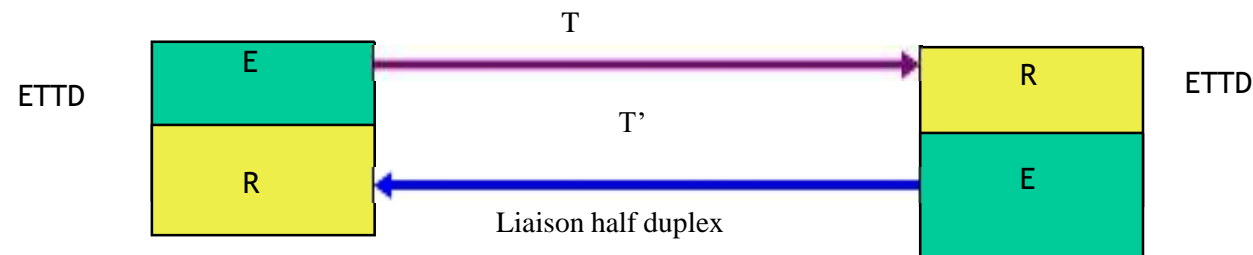


## 4. Transmission des données

### Sens de transmission

#### ■ **Half-Duplex :**

- La transmission de données est possible dans les deux sens mais à tour de rôle
- À un instant données un des deux ETTDs est émetteur, l'autre est récepteur
- À cause des erreurs d'initialisation : les deux ETTDs peuvent se retrouver en position d'émetteur ou de récepteur : Phénomène de contention
- Le soft de la liaison de données ne peut pas éviter ce phénomène : doit détecter ce phénomène et l'empêcher de se reproduire

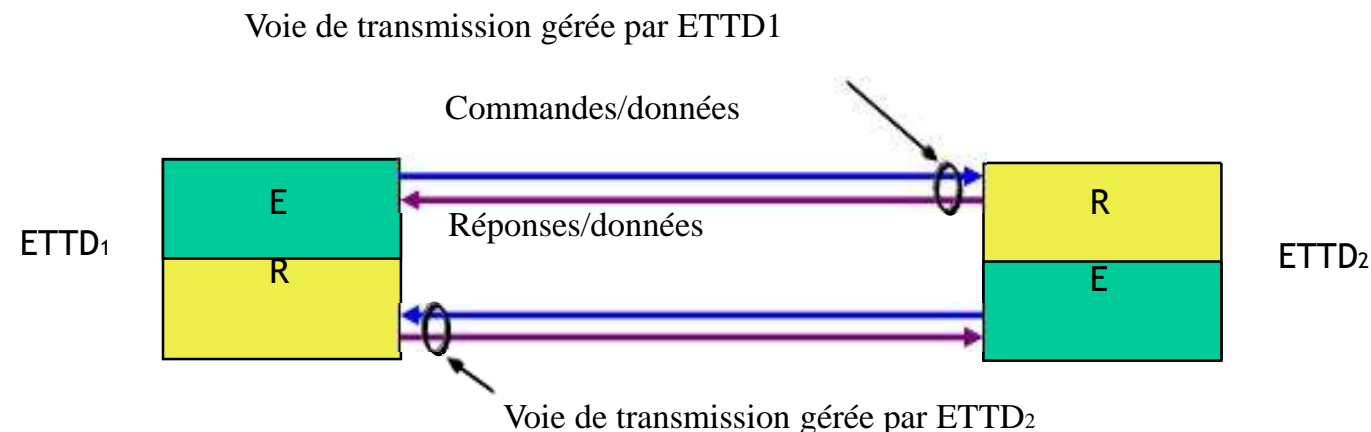


## 4. Transmission des données

### Sens de transmission

#### ■ **Full-Duplex :**

- La transmission de données est possible dans les deux sens et à tout moment
- À un instant données les deux ETTDs peuvent émettre des données vers leurs ETCDs respectifs
- Dans la pratique chaque ETTD est responsable d'une voie de transmission sur laquelle il émet des commandes et des informations et reçoit des réponses et des informations
- L'interaction entre les deux flots de données est gérée par des logiciels de gestion de la LD à chaque extrémité



## 4. Transmission des données

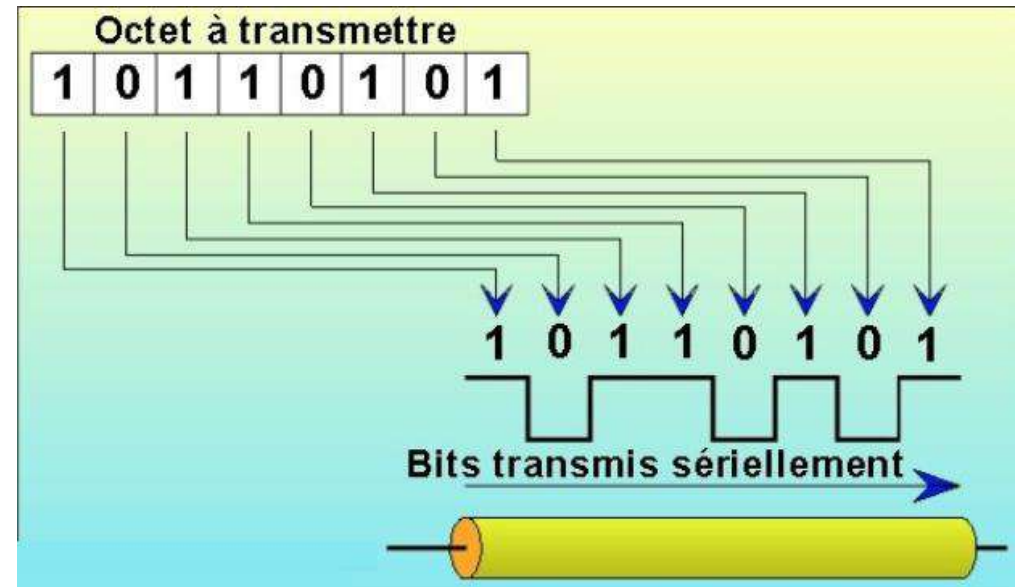
### Le débit et la rapidité

- Le débit : nombre de bits transmis par seconde
- La rapidité est le nombre de codes (symboles) transmis par seconde
- Débit= la rapidité \* longueur du code
- R est une caractéristique physique de la ligne de transmission
- D dépend des techniques de transmission

## 4. Transmission des données

### Transmission en bande de base

- La transmission en bande de base typique de la plupart des réseaux locaux, consiste à **transmettre directement les signaux numériques sur le support** de transmission.
- Le signal en bande de base **ne subit pas de transposition en fréquence**
- L'organe de transmission est un simple codeur : codeur bande de base aussi dit modem bande de base



- Le Codeur bande de base, a essentiellement pour objet :
  - De transformer le signal numérique en une suite de symboles pris dans un alphabet finis de  $q$  symboles, afin que le spectre du nouveau signal soit mieux adapté aux caractéristiques du support de transmission (de bande passante en particulier)
  - De maintenir la synchronisation entre l'émetteur et le récepteur.
  - Un tel procédé est simple et non coûteux, mais demande des supports de transmission à grande bande passante.

## 4. Transmission des données

### Limitations de la transmission en bande de base

- Les signaux en bande de base sont sujet à une atténuation au fur et à mesure de la distance parcourue
  - le signal doit être régénéré très souvent
- Cette méthode de transmission ne peut être utilisée que sur de très courtes distances, la distance maximale d'utilisation dépend essentiellement de la qualité du support utilisé, elle est de l'ordre de 5 Km.



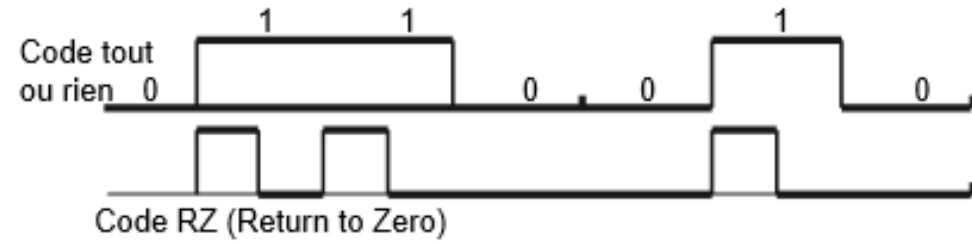
## 4. Transmission des données

codes utilisés dans la transmission en bande de base moyennant du courant continu.



Il ne faut pas confondre le code de représentation de l'information avec celui de sa transmission.

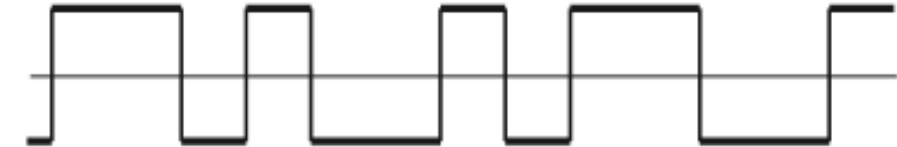
Voir TD pour plus de détails



Code de Miller (Delay Modulation)

1 transition au milieu de l'intervalle

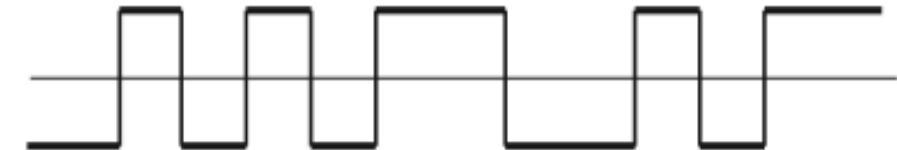
0 pas de transition si suivi par un 1,  
transition à la fin de l'intervalle si suivi par un 0



Code Manchester, ou biphase-L, ou biphase-level ou encore biphase

1 transition de haut en bas au milieu de l'intervalle

0 transition de bas en haut au milieu de l'intervalle



Code biphase M, ou biphase Mark

1 transition de haut en bas au milieu de l'intervalle

0 pas de transition ; en haut et en bas alternativement

Code biphase S, ou biphase space

1 pas de transition ; en haut et en bas alternativement

0 transition de bas en haut au milieu de l'intervalle