

UE 503

L3 MIAGE

Initiation Réseau et Programmation Web  
La couche physique

A. Belaïd

[abelaid@loria.fr](mailto:abelaid@loria.fr)

<http://www.loria.fr/~abelaid/>

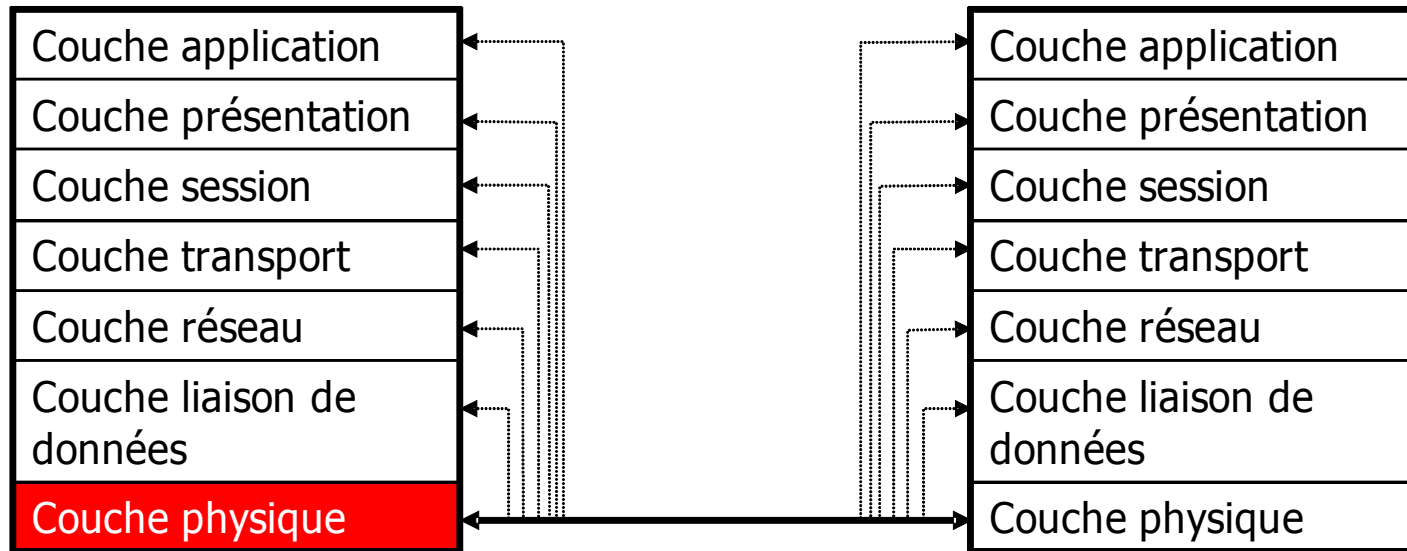
Année Universitaire 2011/2012



# Le Modèle OSI



## La couche physique ou le niveau bit





# La couche physique



## ■ Objectifs

- Se préoccupe de la communication matérielle entre émetteur et un récepteur
  - Le média de communication est formé par les câbles et les matériels d'interconnexion
    - On étudiera le signal, la carte réseau, les concentrateurs et commutateurs

# Le média de communication



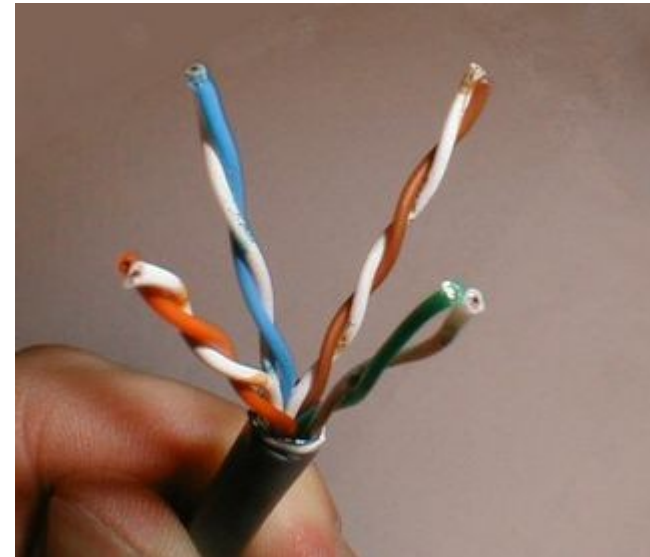
- Est composé d'un câble
  - dans lequel transite un signal
- Au début de l'époque des communications électriques (télégraphe ...)
  - Câbles simples (dans l'air)
- Plus tard
  - De grandes agglomérations se sont formées
    - ➔ Problème de dégradation, parasitage
    - ➔ Passage à des câbles enterrés

# Le média de communication

## Câblage



- De plus, on est passé à la paire torsadée
  - pour compenser des perturbations par les champs des deux fils enroulés
  - La paire torsadée est aujourd'hui utilisée à grande échelle pour connecter
    - des appareils téléphoniques individuels au réseau
    - des ordinateurs dans un réseau local
  - Bon marché



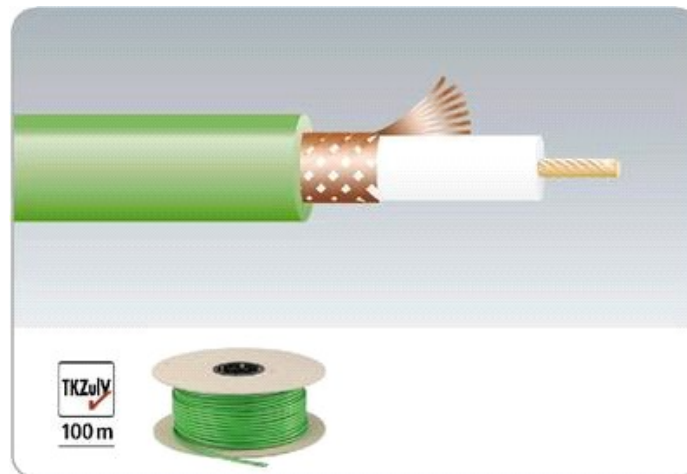
# Le média de communication

## Câblage



### ■ Autre solution : le câble coaxial

- Très bonne protection des signaux, grâce à l'écran formé par la gaine métallique
- Prix plus élevé, mais très large bande passante, avec des fréquences élevées
- Utilisé dans certains réseaux locaux, dans la télévision, et dans les lignes plus importantes de téléphonie



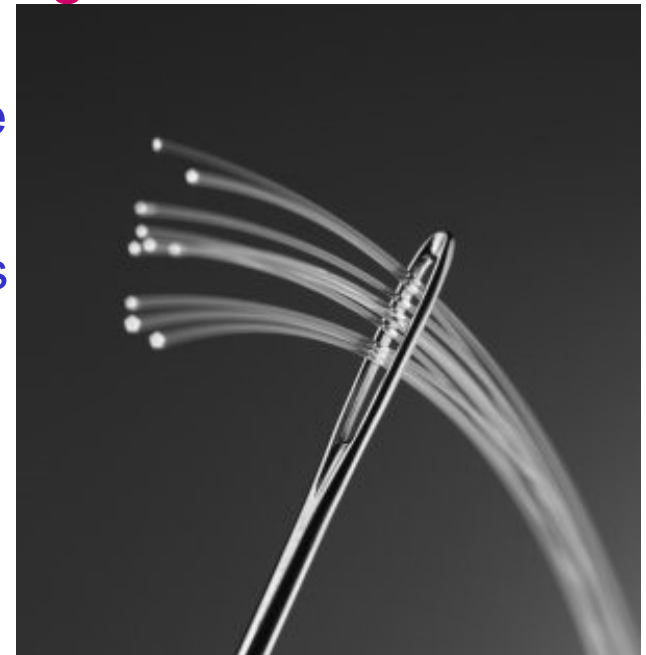
Source: <http://www.transistek.com/>

# Le média de communication

## Câblage



- **Fibre optique : beaucoup d'avantages**
  - guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière
  - bande passante plus large
  - sensibilité réduite aux perturbations
  - coût réduit de fabrication



Source: <http://www.journaldugeek.com/>

# Le média de communication

## ■ Ondes électromagnétiques

- Une **antenne** émettrice (fil électrique) envoie de l'énergie et une antenne réceptrice en reçoit une partie
- On trouve aujourd'hui la transmission par satellite
  - large couverture, mais possibilité d'écoute et latence élevée (trajet)
- Beaucoup utilisées pour les réseaux cellulaires

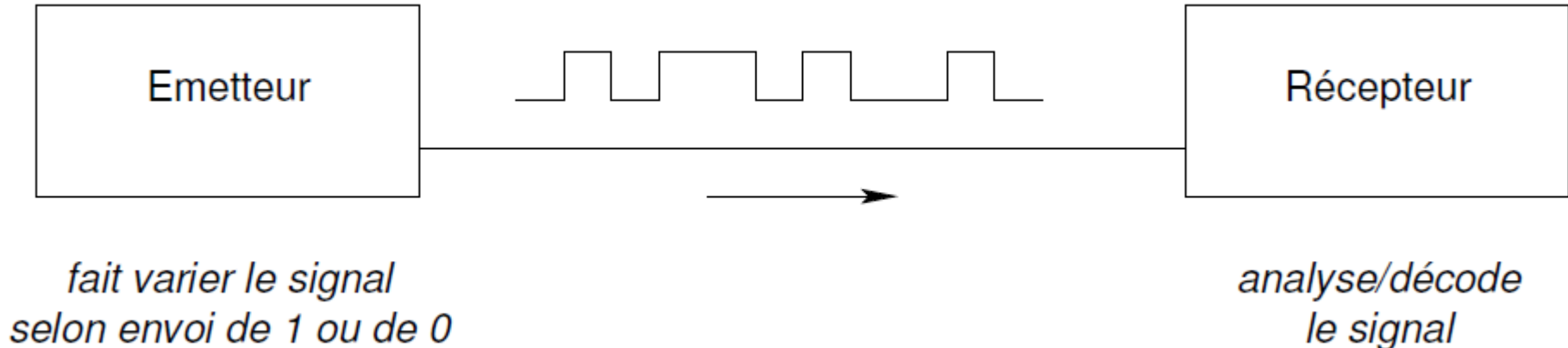




# Base théorique de la transmission



- L'information transmise est un signal
  - C'est une onde électromagnétique
    - Se propage dans un canal (liaison)
    - Ses variations représentent des informations



# Base théorique de la transmission



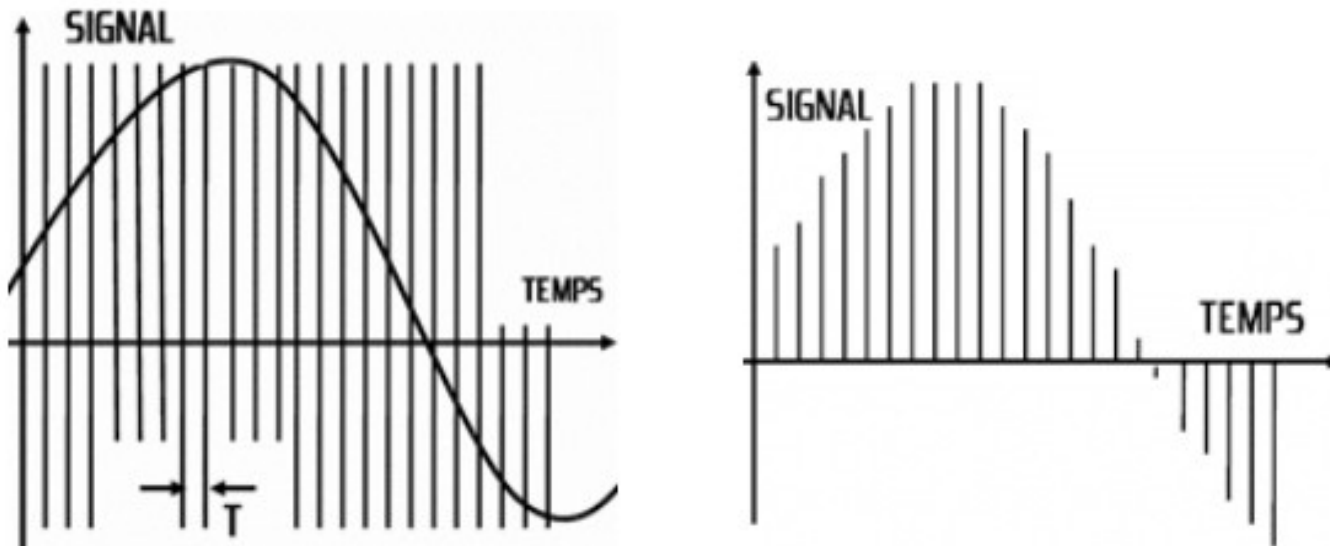
## ■ Numérisation du signal

- Le signal se trouve sous forme analogique
- Pour l'utiliser, on le convertit en un signal numérique : une série de bits
- Cette conversion consiste à prélever un certain nombre d'échantillons à une « **fréquence** d'échantillonnage », puis à les coder sur un certain nombre de bits, « la quantification »
- La numérisation comporte donc deux activités parallèles : **l'échantillonnage** et la **quantification**
  - La qualité du signal converti dépend de ces deux éléments

# Base théorique de la transmission



## ■ Échantillonnage

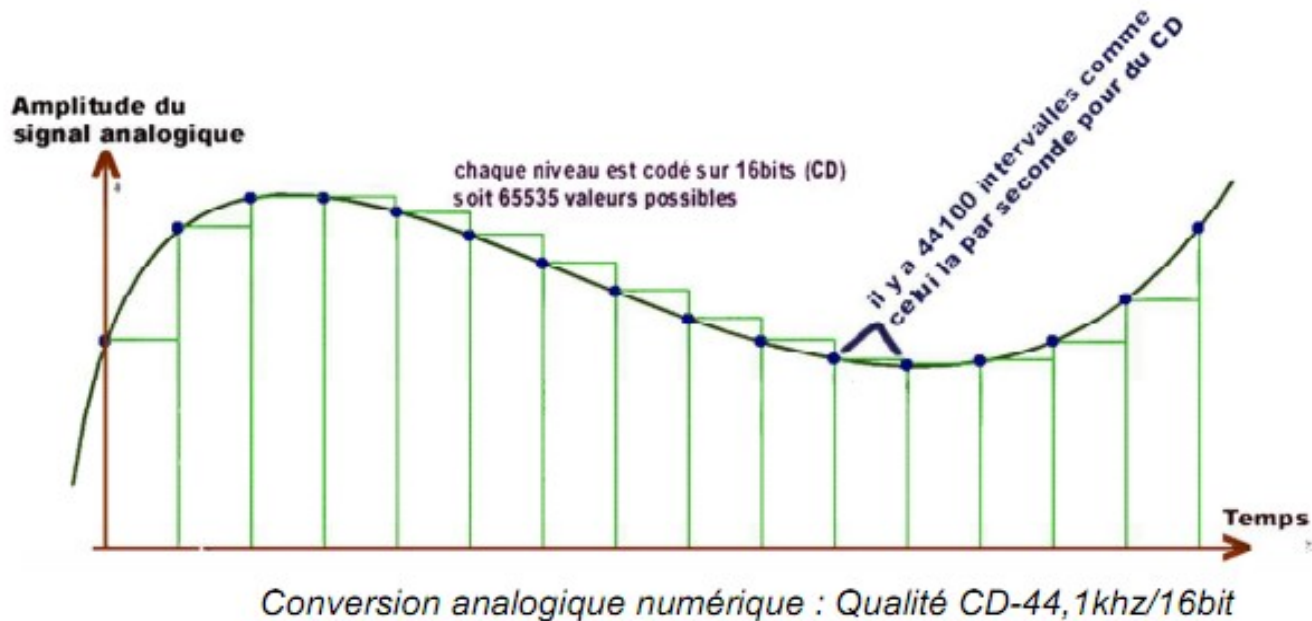


*Ici, un signal quelconque est échantillonné à intervalles de temps réguliers (à gauche) afin de générer de courtes impulsions (à droite) dont les amplitudes représentent l'amplitude instantanée du signal*

# Base théorique de la transmission



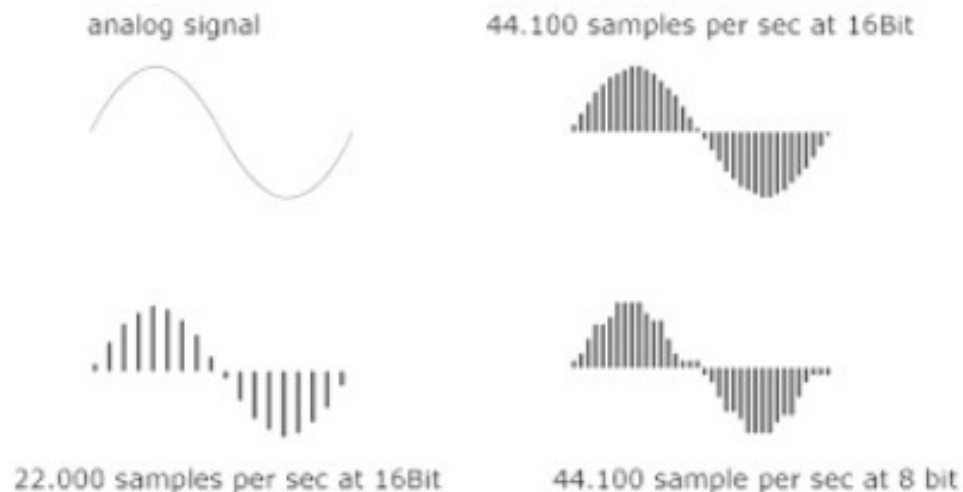
- Fréquence d'échantillonnage
  - $f_e = 1/T$  (en Hertz)



# Base théorique de la transmission



## ■ Fréquence d'échantillonnage (suite 1)



La fréquence à laquelle on procède à l'échantillonnage conditionne la bande passante du système. Ainsi, la fréquence d'échantillonnage de 44.1 KHz du CD et de 48 KHz pour les systèmes professionnels offre une bande passante de 20 à 20 000 Hz.

# Base théorique de la transmission



## ■ Fréquence d'échantillonnage (suite 2)

- La valeur de la fréquence d'échantillonnage, pour un CD audio par exemple, n'est pas arbitraire, elle découle en réalité du théorème de Nyquist - Shannon
  - La fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment **grande**, afin de préserver la forme du signal
  - Elle doit être égale ou supérieure au double de la fréquence maximale contenue dans ce signal
- Notre oreille perçoit les sons environ jusqu'à 20 000 Hz, il faut donc une fréquence d'échantillonnage au moins de l'ordre de 40 000 Hz pour obtenir une qualité satisfaisante

# Base théorique de la transmission



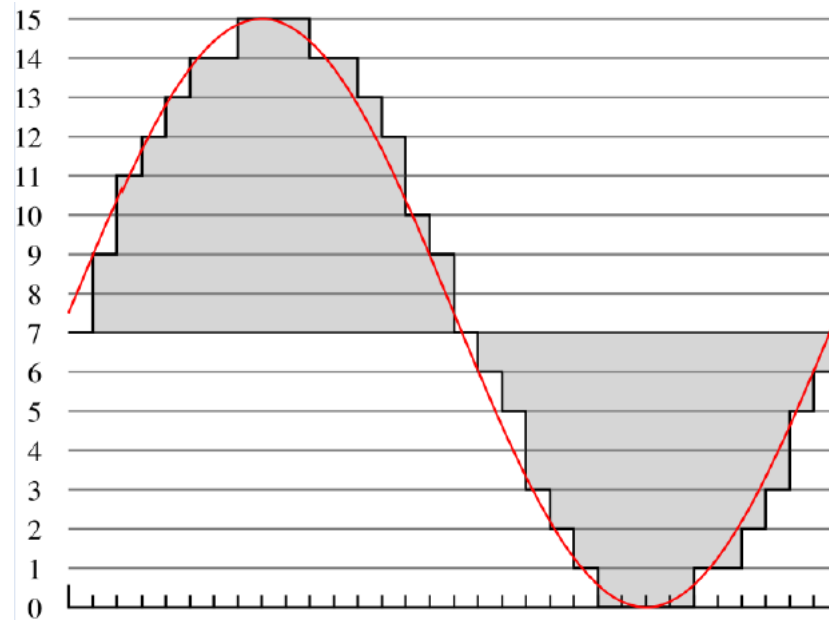
## ■ Fréquence d'échantillonnage (suite 3)

– Il existe un certain nombre de fréquences d'échantillonnage normalisées :

- 32 kHz : pour la radio FM en numérique
- 44.1 kHz : pour l'audio professionnelle et les compact-disques
- 48 kHz : pour les enregistreurs numériques multi-pistes professionnels et l'enregistrement grand public (DAT, MiniDisc...)

## ■ Quantification

- Procédé d'approximation du signal **continu** par des valeurs **V** d'un ensemble **discret** d'assez petite taille
- On utilise généralement un nombre de pas de quantification étant une puissance de deux, ce qui permet de le coder facilement en binaire
- Par exemple, ce **signal est codé sur 4 bits** : 16 valeurs





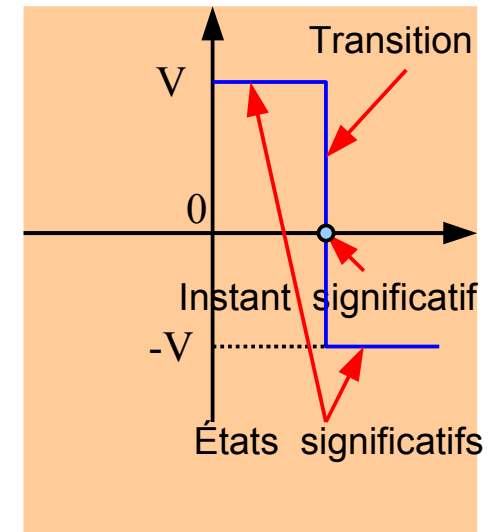
# Codage du signal

<http://www.samomoi-technos.com/teleinformatique/debit.php>



## ■ États significatif, instants significatifs, transition

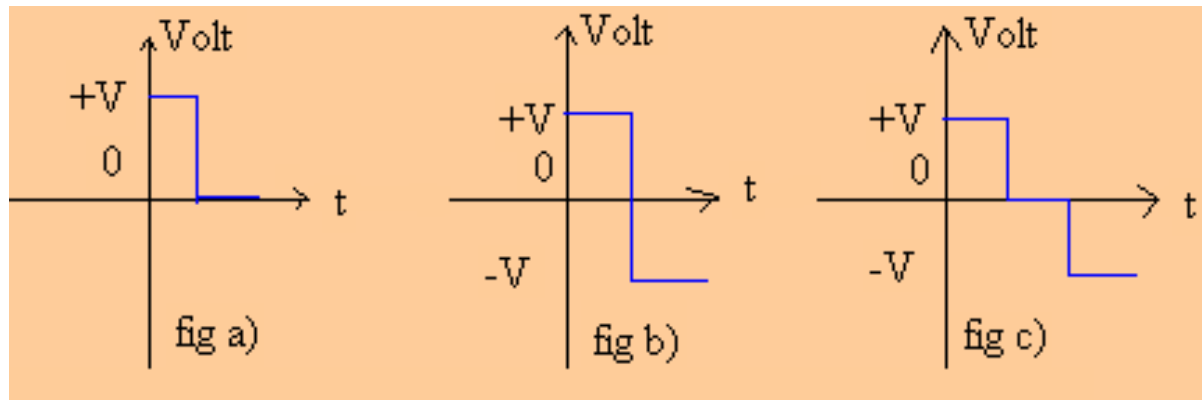
- La tension  $V$  peut prendre 2 valeurs ( $+V$ ,  $-V$ )
  - Ces valeurs constituent les **états significatifs**
- Le passage d'un état significatif à un autre est appelé **transition**
- Le nombre d'états significatifs que peut prendre le signal est appelé **valence**



# Codage du signal

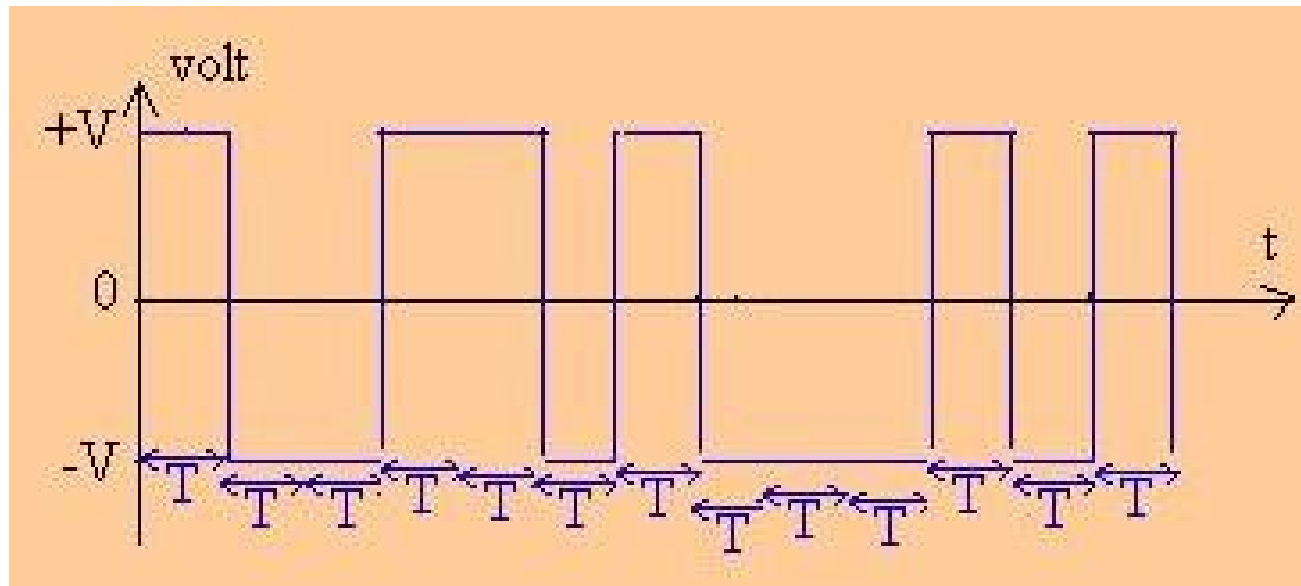


- Les signaux des figures **a** et **b** sont des signaux **bivalents** tandis que le signal de la figure **c** est un signal **trivalent**



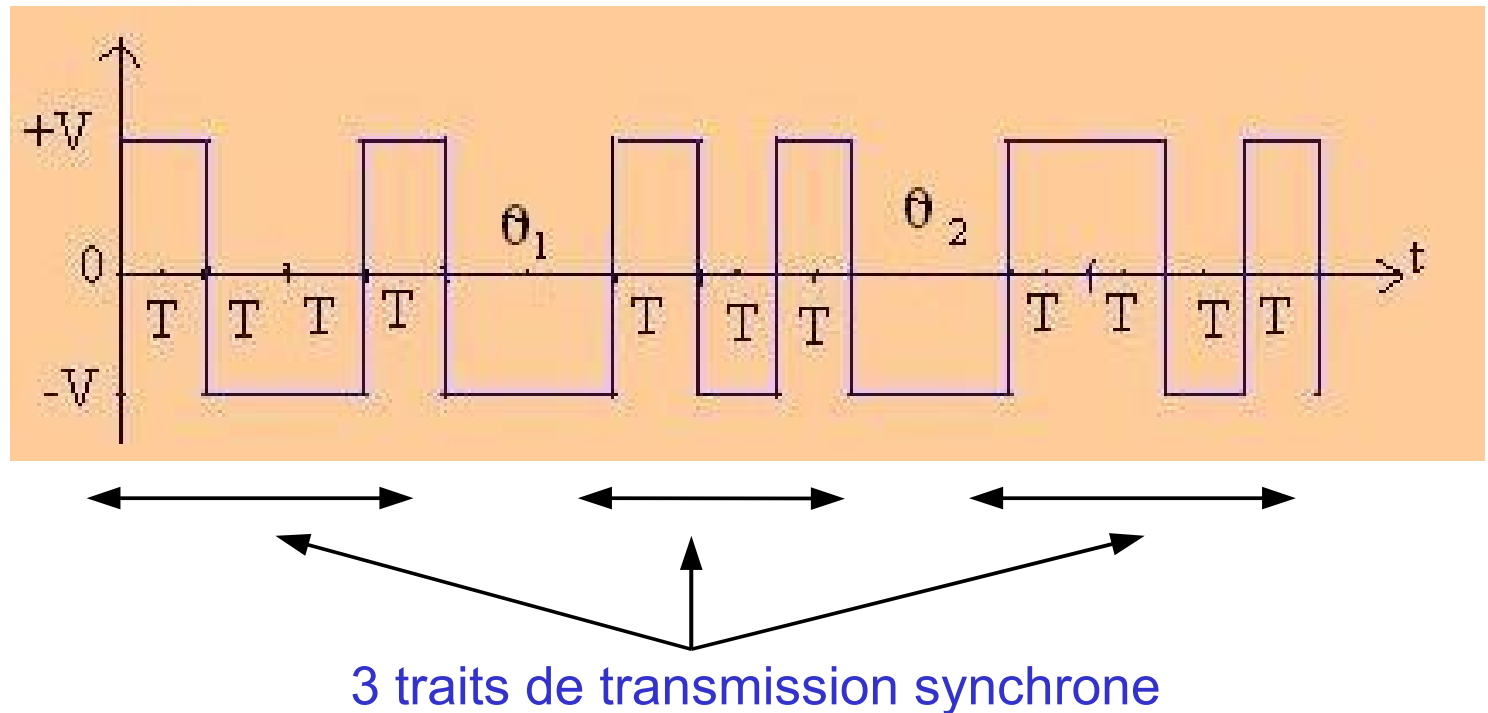
## ■ Transmission synchrone

- Une transmission est dite **synchrone** si le temps qui sépare 2 instants significatifs ou deux transitions quelconques est un multiple entier de même intervalle de temps **T**
- T est appelé intervalle élémentaire
- L'élément qui produit la base de temps pour assurer cette fonction est appelé **horloge**
- Le signal d'horloge est un signal alterné de période T et de fréquence  **$F = 1/T$**



## ■ Transmission asynchrone

- Une transmission est dite **asynchrone** si elle est constituée par la succession de traits de transmission synchrone séparés par un ou des intervalles de temps quelconques ( $\theta_1, \theta_2$ )

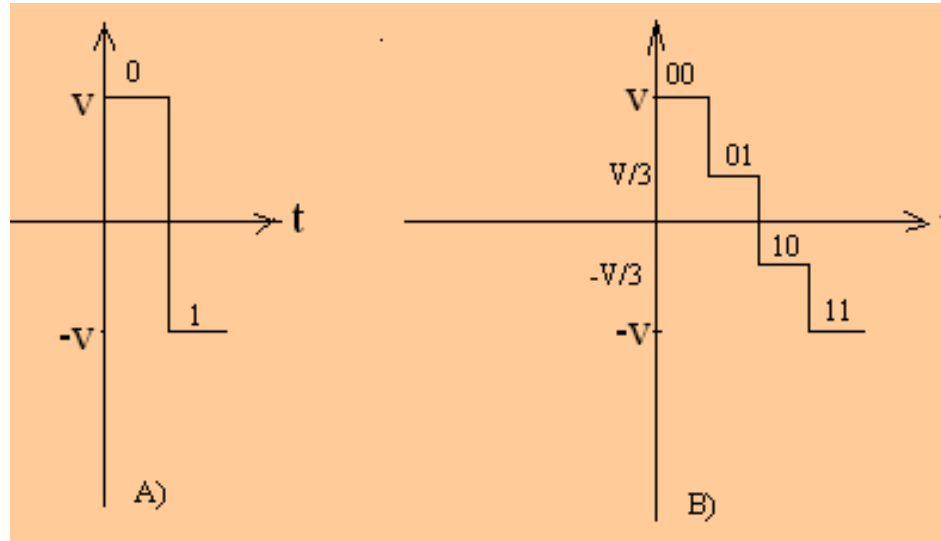


## ■ Rapidité de modulation

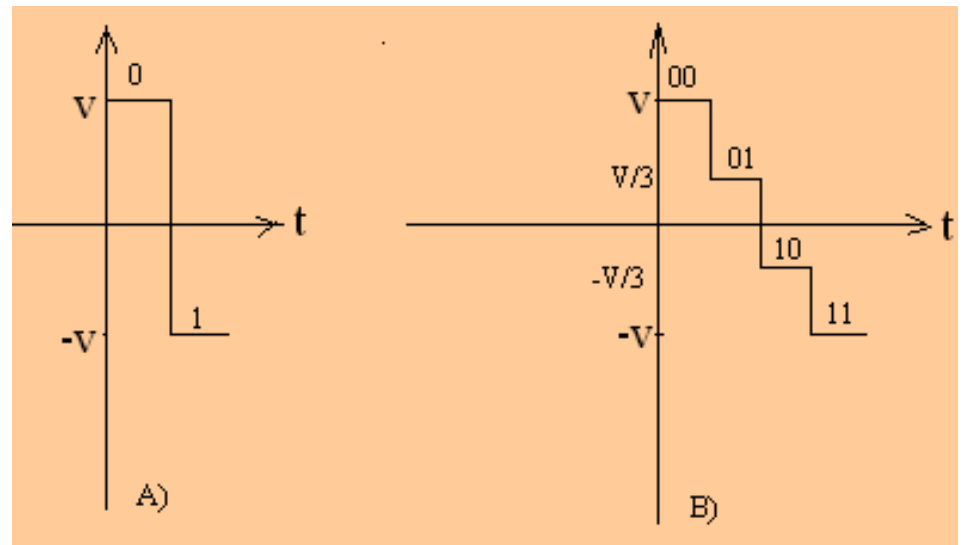
- Une transmission synchrone ou asynchrone est caractérisée par sa **rapidité de modulation**
- Par définition, la **rapidité de modulation** est l'inverse de l'intervalle élémentaire T
  - $R = 1/T$  (R en **baud**(bd), T en seconde(s))
- La rapidité de modulation donne la **cadence** de succession des éléments du signal
- Cette grandeur est nécessaire pour déterminer la **bande** de la largeur de fréquence à transmettre en ligne

## ■ Débit binaire

- Supposons qu'on ait les signaux suivants :



- Dans le cas du signal bivalent (A), chaque élément peut être représenté par 1 seul élément binaire
- La quantité d'information contenue par élément du signal est donc 1 bit
- Le nombre de bits transmis par seconde est appelé **débit binaire** = rapidité de modulation (en baud)



- Dans le cas du signal quadrivalent (B), chaque élément peut être représenté par l'une des combinaisons suivantes : 00, 01, 10, 11
- Chaque élément du signal porte donc une quantité d'information égale à 2 bits
- Le débit binaire est donc dans ce cas égal à  $D=2/T = 2 \cdot (1/T) = 2R$
- Le débit binaire d'un signal quadrivalent est donc 2 fois plus élevé que le débit binaire d'un signal bivalent de même rapidité de modulation

■ De manière générale

- Le débit binaire est donné par la formule :
  - $D = v \times R / N$  bit/s
- où  $v$  et  $N$  dépendent du codage utilisé :
- $v$  est la valence du signal, un entier calculé par :
  - $v = \log_2(V)$
- $V$  étant le nombre de variations (états) possibles du signal, une puissance de 2 telle que  $V = 2^v$
- $N$  est le nombre d'états (informations élémentaires) successifs nécessaires pour extraire une information binaire

Rappels :

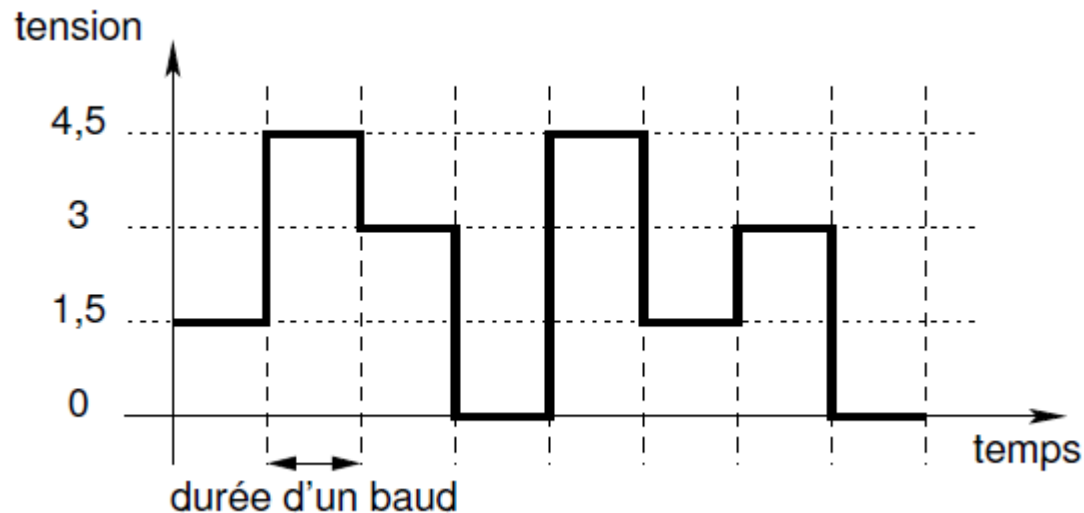
- $\log_b(x) = \frac{\log(x)}{\log(b)}$

- $x = b^{\log_b(x)}$



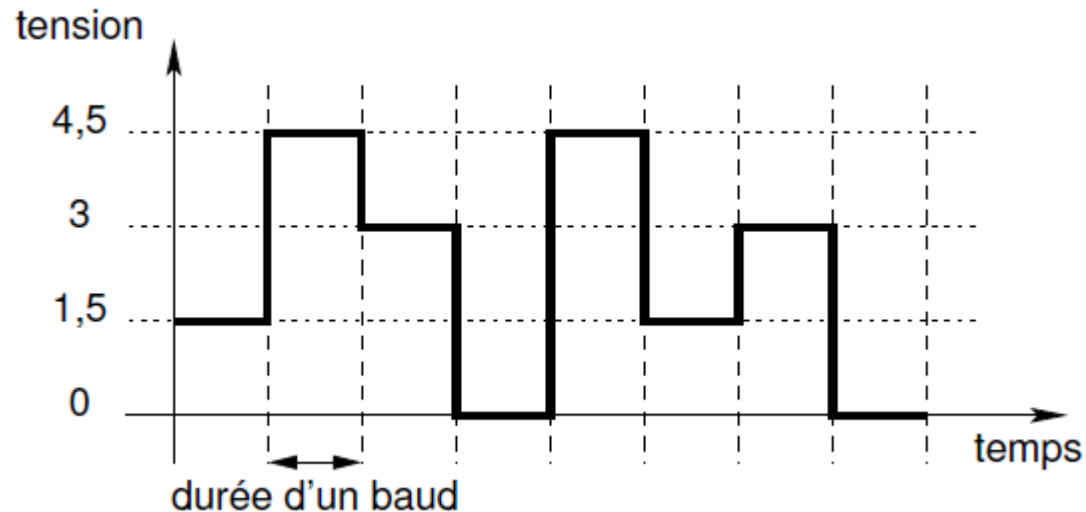
## ■ Exemple 1

- Soit un codage utilisant 4 variations et une extraction par baud avec une rapidité de modulation  $R=1200$  bauds
- Le signal émis pourrait ressembler à ceci :



- On a :
  - Nombre de variations :  $V = 4$
  - Valence :  $v = \log_2(4)$ , donc  $v = 2$
  - $N = 1$
  - Ce codage transmet donc 2 bits par baud
  - Le débit est  $D = 2 \times 1200 = 2400$  bit/s

## ■ Exemple 2

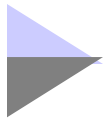


- Si le codage établit la correspondance suivante entre une tension (**palier horizontal**) et une valeur binaire (code) :

tension	bits
0	00
1,5	01

tension	bits
3	10
4,5	11

- alors le signal émis représente la séquence :  
**0111100011011000**

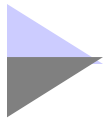


# Transmission du signal



## ■ Exemples de débits binaires

- RTC (+modem) : 9.6, 19.2 Kbit/s à 38.4 Kbit/s
- Ethernet : 10 Mbit/s à 100 Mbit/s
- Token Ring : 1, 4, 16 Mbit/s
- FDDI : 100 Mbit/s
- ATM : 25, 155 Mbit/s à 620 Mbit/s



# Transmission du signal



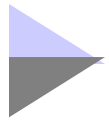
## ■ Capacité de transmission

- C'est la quantité d'information en bits pouvant être transmise sur un canal en 1s
- Comme les signaux subissent des distorsions, on tolère qu'un canal puisse passer une bande de fréquences :

$$[f_{min}; f_{max}]$$

- La largeur de la bande passante est :

$$H = f_{max} - f_{min}$$



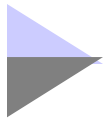
# Transmission du signal



## ■ Conséquences sur le débit binaire

- Le débit binaire est une mesure de la quantité de données numériques transmises par unité de temps
- Le débit maximal théorique d'après Nyquist est :

$$D_{\max} = 2 \times H \times \log_2(V) = 2 \times H \times v$$



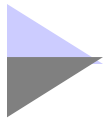
# Transmission du signal



## ■ Effet du bruit parasite

– Tout support est sujet à un bruit parasite :

- On le quantifie à l'aide du rapport signal sur bruit, noté :  $S/N$  où
  - $S$  : puissance du signal
  - $N$  : puissance du bruit
- Il désigne la qualité de la transmission par rapport aux parasites
- Il s'obtient en comparant le signal à l'entrée et à la sortie pour mesurer le niveau de bruit



# Transmission du signal



## ■ Effet du bruit parasite sur la transmission

- La capacité de transmission maximale, d'après Shanon, s'altère comme suit :

$$C_{\max} = H \times \log_2(1 + S/N)$$

- H = bande passante et S/N : signal sur bruit

→ Le bruit s'accroît avec la distance, et il s'exprime souvent en décibel (dB)/km

# Transmission du signal



- **Capacité de transmission d'une ligne téléphonique**
  - Les caractéristiques d'une ligne téléphonique classique sont :
    - $H = 3\,200\text{Hz}$  (limitée par des filtres)
    - S/N de 30dB
    - Puisque  $30\text{dB} = 10\log_{10}(S/N)$ , alors  $S/N = 10^{30/10} = 1\,000$
    - Ainsi  $C_{\text{max}} = 3\,200 \log_2(1 + 1\,000) \approx 32\text{ kbit/s}$
  - On en déduit aussi qu'on ne peut transmettre plus de 5 bits par baud sur ce type de ligne