

# COUCHE PHYSIQUE

## Caractéristiques et Fonctionnement du réseau au niveau de la couche physique

- Types de supports de transmission
- Architecture (topologie) physique d'un réseau
  - Construire un réseau
  - Connecter une machine au réseau
- Représentation des bits sur le support de transmission
  - Codage /décodage
  - Modulation/démodulation

# OBJECTIFS DU CHAPITRE

- Connaître le rôle de la couche Physique dans le réseau
- Comprendre les fonctions associées à cette couche
- Distinguer les supports de transmission
- Connaître le matériel nécessaire à la connexion à un réseau
- Distinguer les différentes architectures physiques des réseaux
- Distinguer les équipements de couche PHY
- Comprendre les caractéristiques d'une transmission
- Savoir construire un réseau local,

# PLAN

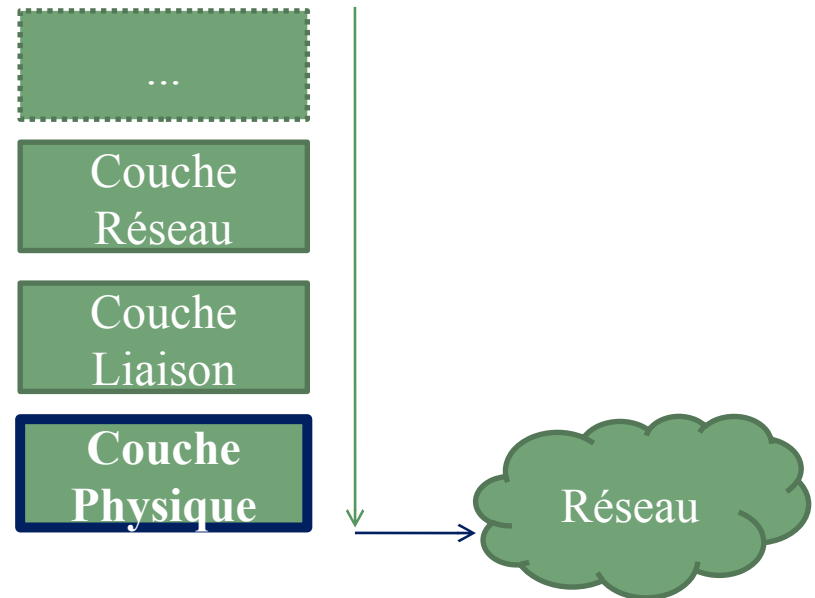
- Introduction
- Connexion au réseau
  - Supports de transmission
  - Architectures physiques
  - Equipements niveau couche physique
- Transmission des bits sur le support de communication
  - Codage
  - Modulation
- Autres caractéristiques d'une transmission
- Conclusion

# INTRODUCTION

- Les **fonctions réseau** sont réparties en plusieurs couches dont
- **Couche PHY**
  - la **plus basse** du modèle de référence

**Rôle** : assure

- la **connexion physique** au réseau et
- la **transmission** des données (transformées en **bits**) sous forme de **signaux** sur le **support de transmission**
- unité d'information: le **bit**



# CONNEXION PHYSIQUE AU RÉSEAU

- Supports de transmission
- Autres composants matériels nécessaires à la connexion
- Topologies physiques

5

*Pour que la communication soit possible, il faut que les différents équipements du réseau soient d'abord physiquement **connectés** entre eux par des supports de transmission*

# SUPPORT DE TRANSMISSION

- Entité qui assure la **liaison physique** et la **transmission des signaux** entre équipements adjacents
- On parle aussi de **médium** de communication

# TYPES DE SUPPORTS DE TRANSMISSION

2 grandes catégories de support :

- Les **câbles** : supports guidés

- **Métalliques** (fil de cuivre: coaxial ou paires torsadées)
- **En verre** (fibre optique)
- Caractéristiques:
  - - Déploiement statique
  - - Implique un coût du support et de son déploiement
  - + Débit généralement plus élevé

- Les **ondes** : supports non guidés

- Ondes radioélectriques
- Ondes infrarouges
- Caractéristiques:
  - + Liaisons plus flexibles, mobilité possible
  - - Liaison moins fiables et besoin de sécurité

# LES PAIRES TORSADÉES

Paires non blindées

○ Signal électrique

○ **Utilisation :**

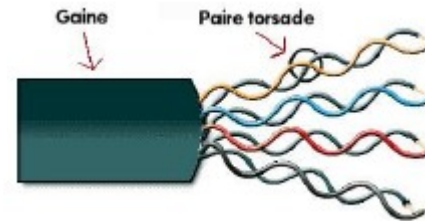
- Téléphonie (analogique)
- Informatique (numérique)
- Connecteurs **RJ45** (Informatique) ou **RJ11** (Téléphonie)



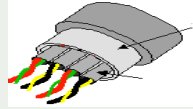
○ **Avantages:**

- Faible coût
- Installation facile

○ Plusieurs **catégories** de câbles : 1 à 7:

- Bandes passantes différentes



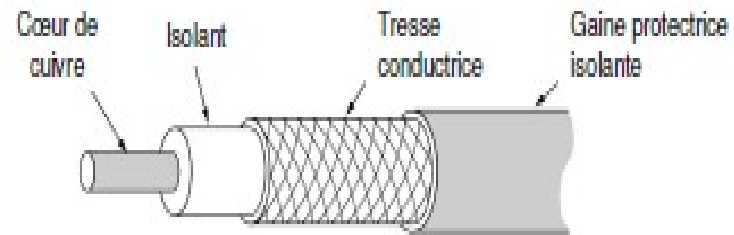
	UTP	Non blindé
	STP	Blindage global
		Blindage global et blindage par paires

FTP ?



# LE CÂBLE COAXIAL

- Signal électrique
- **Utilisation:**
  - **Télévision:** relie l'antenne au téléviseur ou au décodeur
  - **Informatique :** dans les premiers réseaux Ethernet 10Base 2 et 5
  - **Télécommunications:** réseaux câblés pour l'accès à la TV câblée, comme câbles sous-marins pour l'Internet (avant)
- **Avantages :**
  - Résistant aux bruits (par rapport aux paires torsadées)
- Mais ...
  - Installation difficile (rigide, connectique délicate)



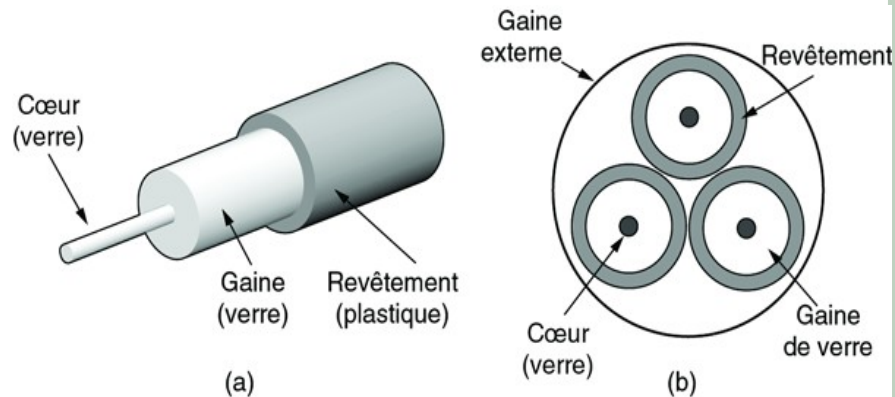
Le câble



Les connecteurs

# LA FIBRE OPTIQUE

- Signal optique (lumineux)
- **Utilisation:**
  - réseaux cœur d'internet, Câbles sous-marins
  - utilisé également en réseaux d'accès ou dans les LAN
- **Fonctionnement:**
  - **en entrée** (de la fibre): un diode **laser** ou **LED** génère la lumière à partir d'un signal électrique
  - **en sortie**: un **photodiode** reconvertit la lumière en signal électrique
- **Types de fibre:**
  - **Monomode**
    - Trajet direct, un seul rayon lumineux, Laser, plus longues distances (dizaines de kilomètres), plus haut débit
  - **Multimode:**
    - Plusieurs rayons lumineux, LED, max 2km
- **Avantages:** longues distances, très haut débit
- **Inconvénient:** installation délicate



© Pearson Education France



Connecteurs les plus utilisés dans les LAN



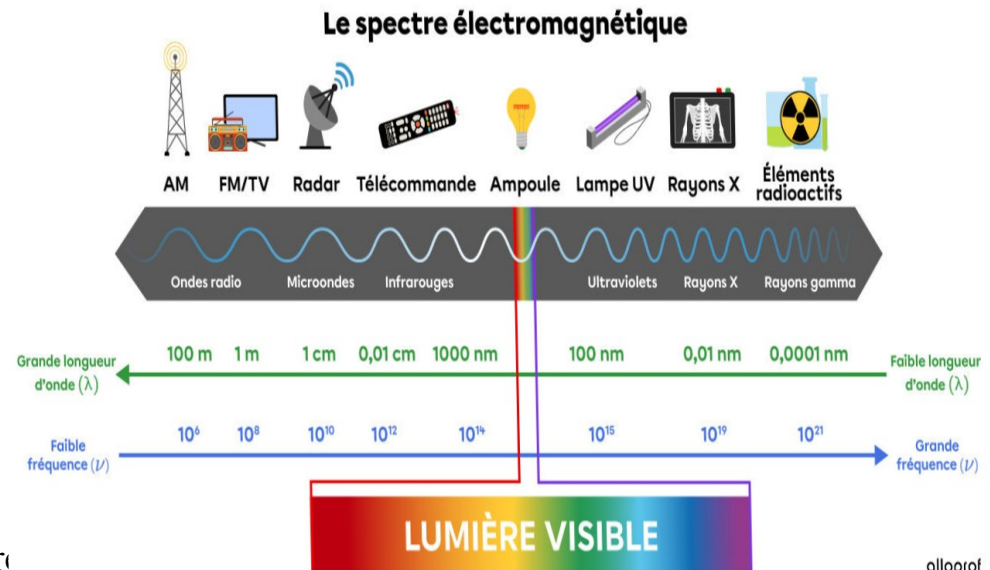
SC



ST

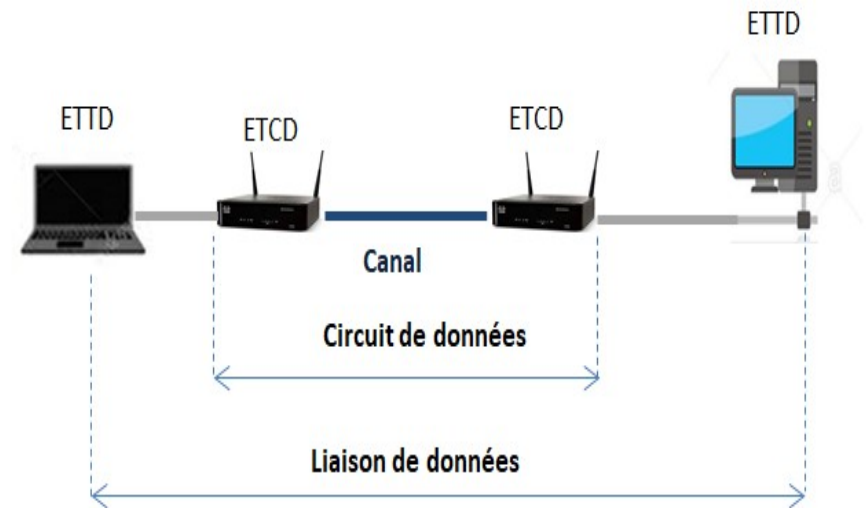
# LES MÉDIA HERTZIENS

- Les ondes électromagnétiques sont un autre support de transmission :
  - Ondes radio et micro-ondes (<300GHz)**
    - Réseaux cellulaires
    - TV
    - Radiodiffusion
    - Wifi, WPAN(Bluetooth, Zigbee, ...)
    - Radar
  - Ondes infra-rouges (300GHz - 375THz)**
    - Transmissions en ligne direct (LoS: Line of Sight)
    - Télécommandes, WPAN (IR)
- Fonctionnement**
  - Antenne émettrice génère des ondes
  - Antenne réceptrice pour capter les ondes
- Utilisation des ondes réglementée :**
  - nécessité d'une licence ou au cas contraire
  - respect de certaines contraintes (puissance d'émission, taux d'occupation)
- Avantages:** déploiement facile, flexibilité, mobilité
- Inconvénients:** atténuation du signal, chemins multiples, obstacles, interférences, → faible débit



# NOTIONS RELATIVES AU SUPPORT DE TRANSMISSION

- **Canal** : environnement physique dans lequel se propage le signal
- **Circuit de données** : portion de la liaison établie pour assurer une certaine transmission
- **Liaison de données** : chemin logique emprunté par les données entre deux machines adjacentes



# CARACTÉRISTIQUES D'UN SUPPORT(1/2)

- **Portée** : distance au-delà de laquelle le signal n'est plus décodable (à cause de l'atténuation)
- **Bande passante** (W): intervalle de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement transmis (en Hertz)

# CARACTÉRISTIQUES D'UN SUPPORT(2/2)

- **Capacité (C)**: nombre maximal de bits transportable par seconde (**en bits/s**). Limitée par la bande passante
  - $C=2W\log_2(V)$   $V$  est la valence du signal (Formule de Nyquist) : pour un canal parfait
  - $C=2W\log_2(1+S/B)$  (Formule de Shannon) : pour un canal bruité
- **Rapport signal sur bruit S/B** : rapport entre la puissance du signal ( $P_s$ ) et celle ( $P_b$ ) du bruit (signal indésirable). Exprimé en **dB (décibel)**
  - $S/B = 10\log_{10}(P_s/P_b)$

# CHOIX D'UN SUPPORT

Dépend de plusieurs critères:

- Utilisation (types de réseaux,...)
- Lieu de déploiement
- Distance
- Bande passante
- Coût

# AUTRES MATÉRIELS NÉCESSAIRES À LA CONNEXION

## ○ Carte réseau (coupleur):

- Carte de circuits intégrés qui connecte un périphérique au réseau

## ○ Émetteur/récepteur (transceiver)

:

- Composant de la carte réseau
- Émet et reçoit des signaux

## ○ Connecteur :

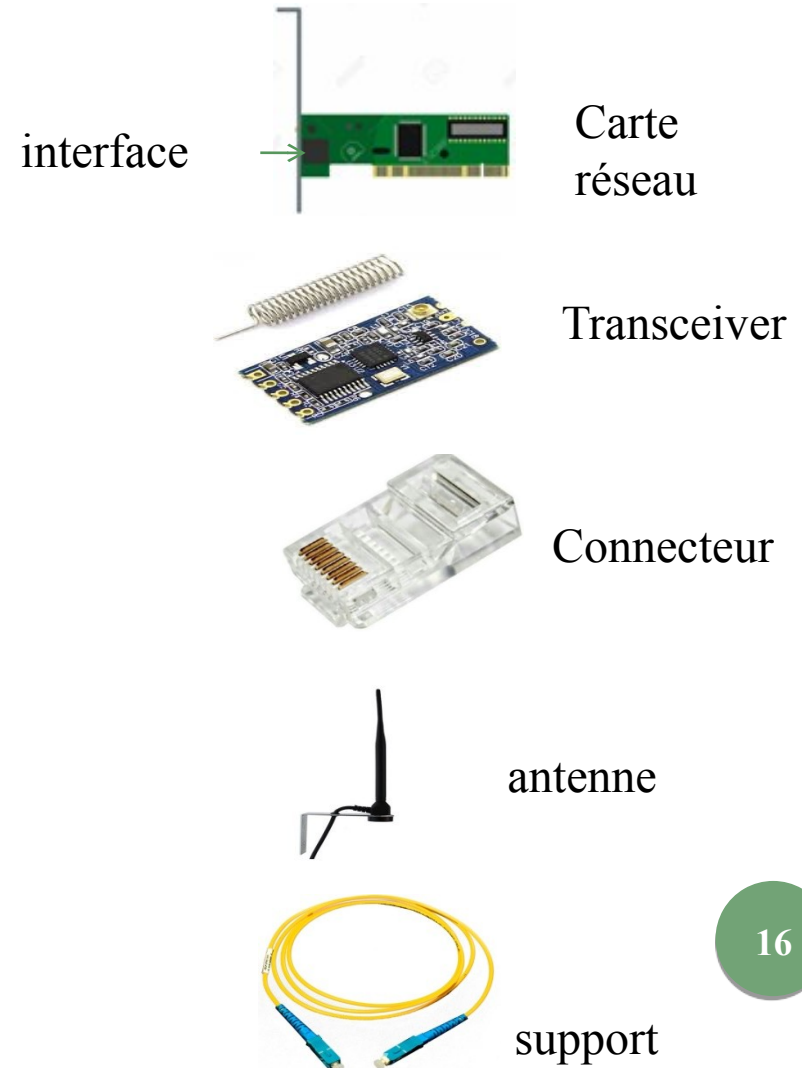
- Dispositif par lequel un câble est relié à un équipement

## ○ Interface (port):

- Point de connexion d'un équipement qui permet d'accueillir un câble

## ○ Antenne:

- Dispositif qui permet de rayonner et de capter des signaux

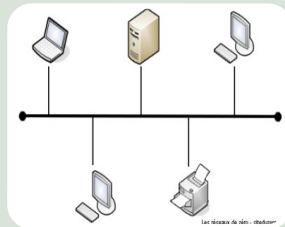




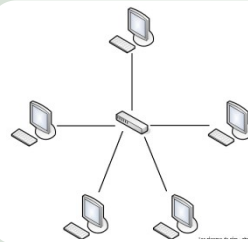
# TOPOLOGIES PHYSIQUES

## Manière dont les équipements sont connectés

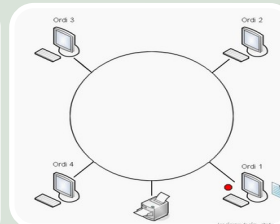
4 topologies physiques de base



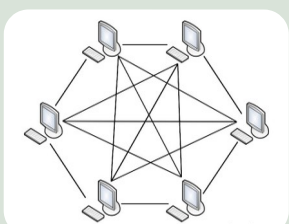
**Bus:** un  
câble de  
liaison



**Étoile :**  
Un  
équipement de  
connexion



**Anneau :**  
Liaisons  
bouclées



**Maillée :**  
liaisons point-  
à-point

Des combinaisons de ces topologies permettent des topologies en étoile étendues ou des topologies plus complexes.

# PÉRIPHÉRIQUES DE CONNEXION DE NIVEAU COUCHE PHYSIQUE

## ○ Répéteur :

- Amplifie le signal reçu pour prolonger la distance de transmission

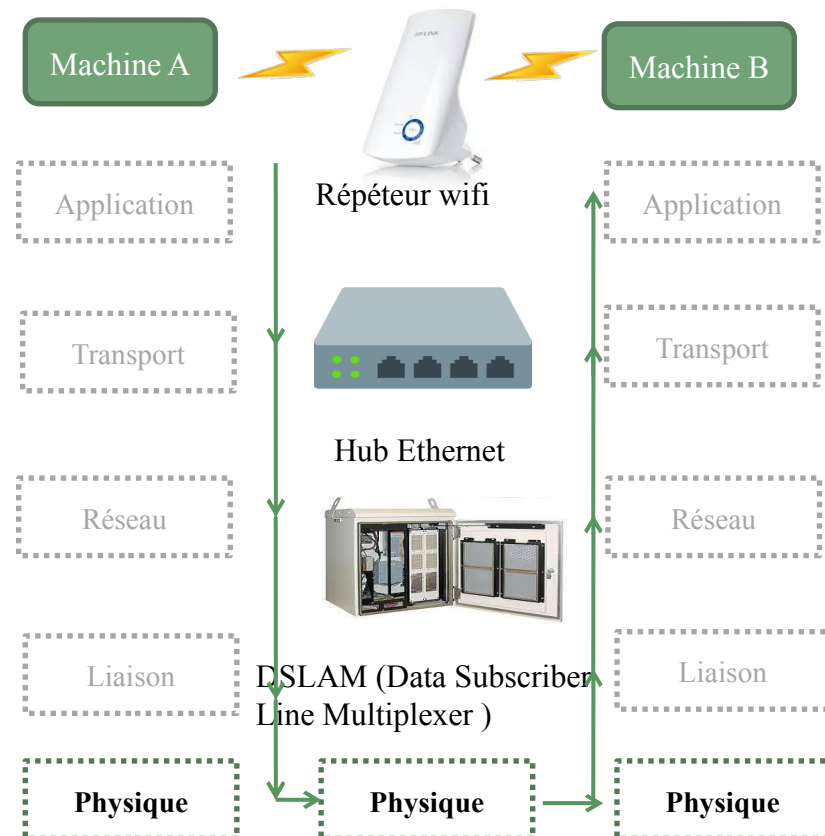
## ○ Concentrateur (hub)

- Répéteur multi-ports
- Diffuse le signal reçu d'un port sur les autres ports

## ○ Multiplexeur

- Transporte sur une liaison plusieurs signaux issus de différentes sources

○ ...



# TRANSMISSION DES BITS

Comment sont transmis les données sur le support?

Codage, Modulation,

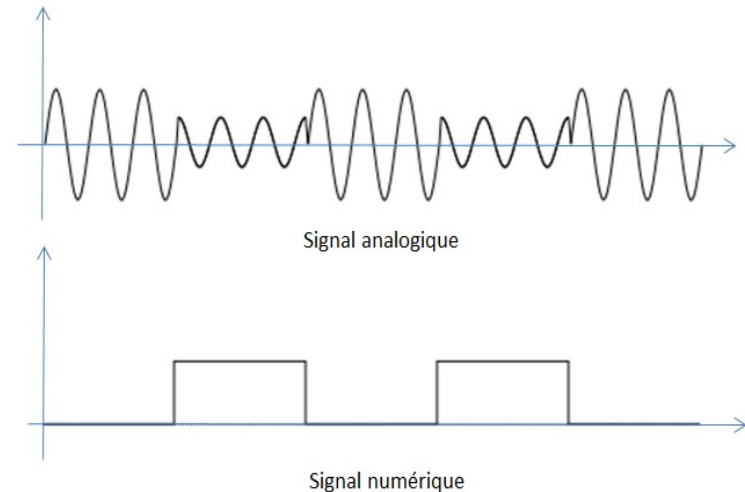
*Une fois le réseau construit, au niveau le plus bas de la communication, les bits sont transformés (par codage ou par modulation) en signaux pour pouvoir être transmis sur le support de communication*

# TRANSMISSION DE BITS

- Une fois la connexion physique établie entre les équipements, les **données préparées** depuis l'**émetteur** à travers les **différentes couches** et constituées d'une suite de **bits**, sont transmises sous forme de **signaux** dans le support de transmission
- Les signaux reçus au niveau du **récepteur** seront décodés en bits.

# QU'EST CE QU'UN SIGNAL?

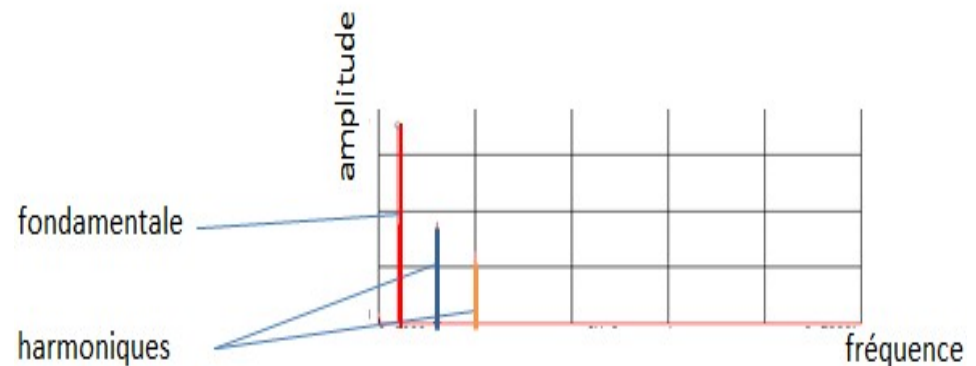
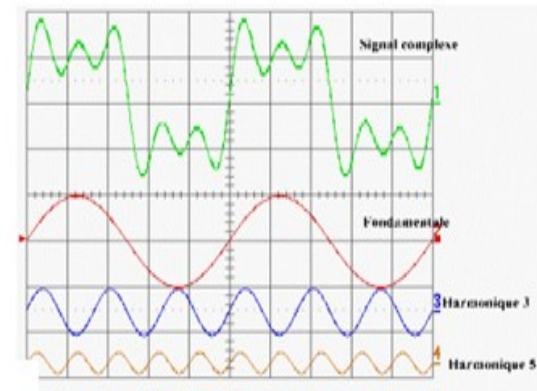
- Représentation des données sur le support
- Un signal est **une variation** de tension, d'impulsion ou une modulation d'une onde
- On distingue
  - Signaux numériques
  - Signaux analogiques



# SPECTRE D'UN SIGNAL

On distingue 2 représentations d'un signal

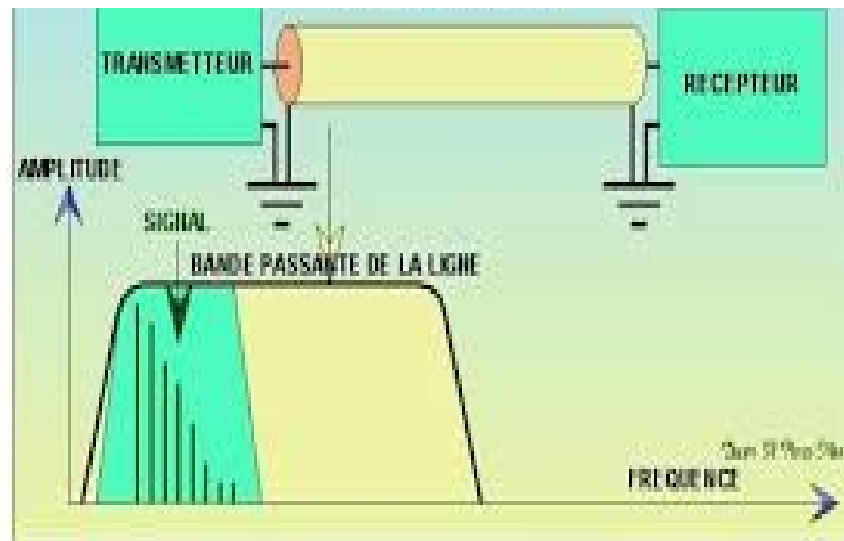
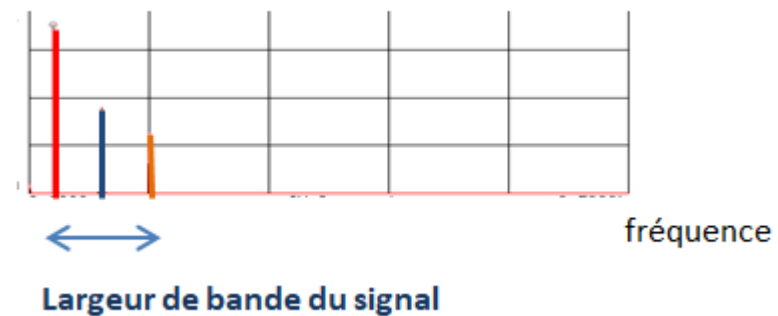
- Amplitude (et phase) en fonction du temps : **représentation temporelle**
- Amplitude (ou phase) en **fonction de la fréquence** : **représentation spectrale**



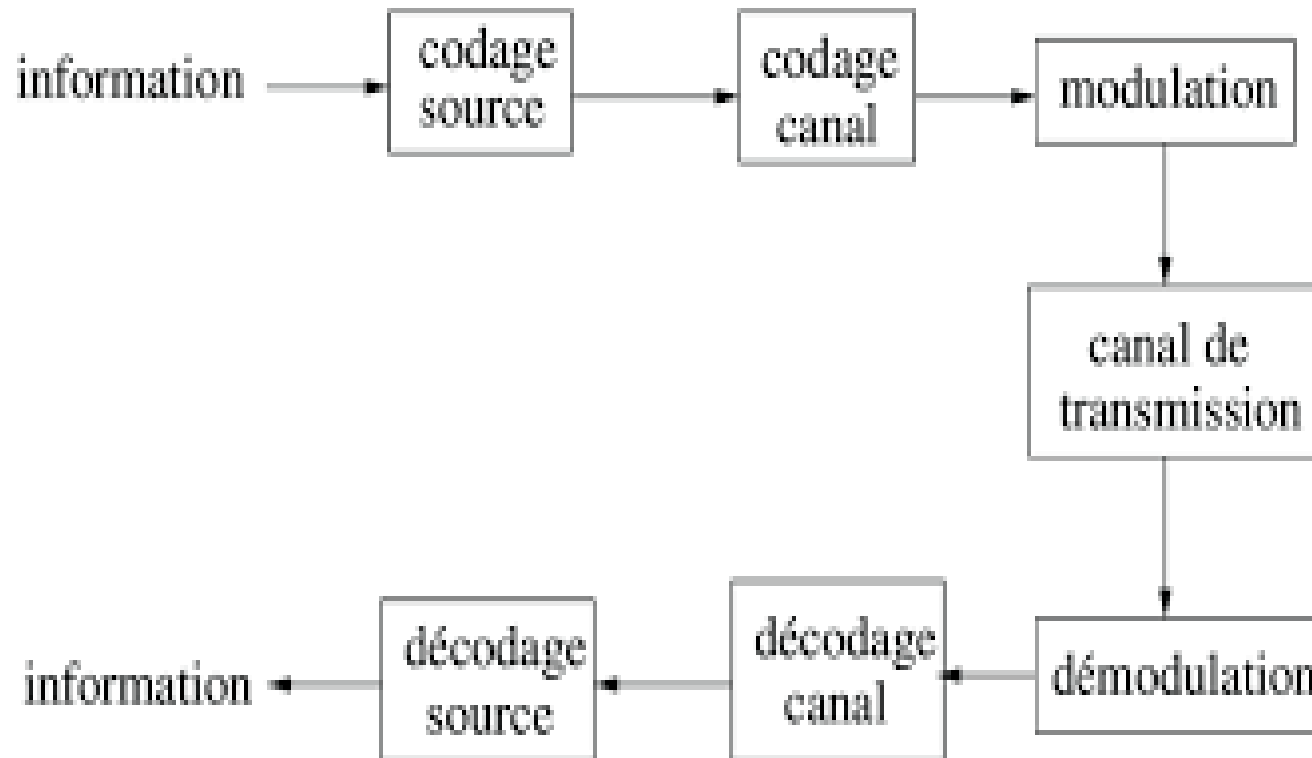
Spectre d'amplitude du signal complexe ci-dessus

# LARGEUR DE BANDE D'UN SIGNAL

- La **largeur de bande** est l'espace des fréquences occupé par le spectre du **signal**
- La **bande passante** d'un **support de transmission** : bande de fréquences dans laquelle les signaux sont correctement transmis



# CHAÎNE DE TRANSMISSION





# ADAPTATION DU SIGNAL AU SUPPORT DE TRANSMISSION(1)

- Comment transmettre le signal sur le support?
- La technique de transmission doit se faire de telle sorte que les fréquences du signal (son spectre) se situent dans la bande passante du support de transmission

# ADAPTATION DU SIGNAL AU SUPPORT DE TRANSMISSION(2)

Deux types de techniques

- **Transmission en bande de base : le codage**
  - Utilise une signalisation numérique
  - Le spectre du signal occupe toute la bande passante du support
- **Transmission en large bande : la modulation :**
  - Utilise une signalisation analogique
  - Le spectre du signal n'occupe pas forcément toute la bande passante du support

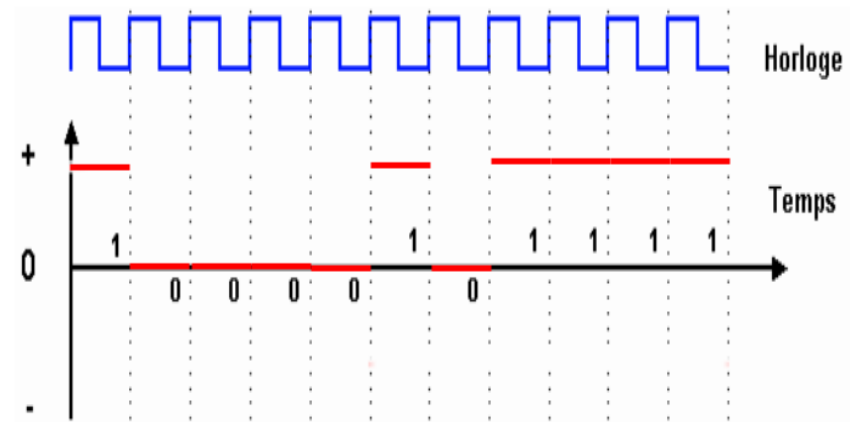


# CODAGE

- Conversion des bits en des niveaux de tension ou d'impulsion lumineuse
- Pour les liaisons courtes (centaines de mètres : LAN)

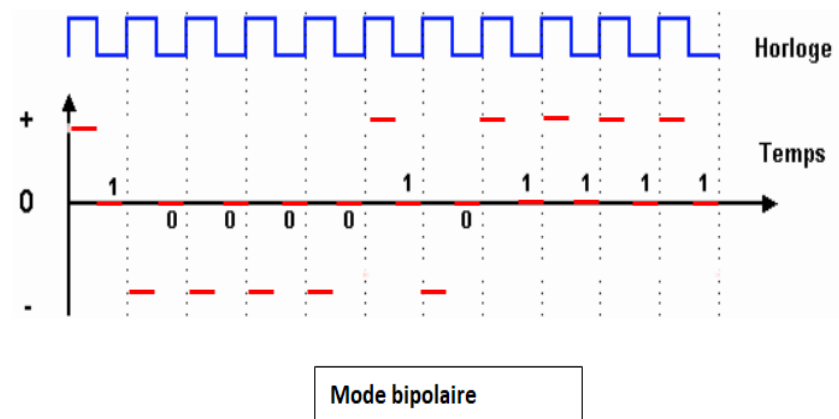
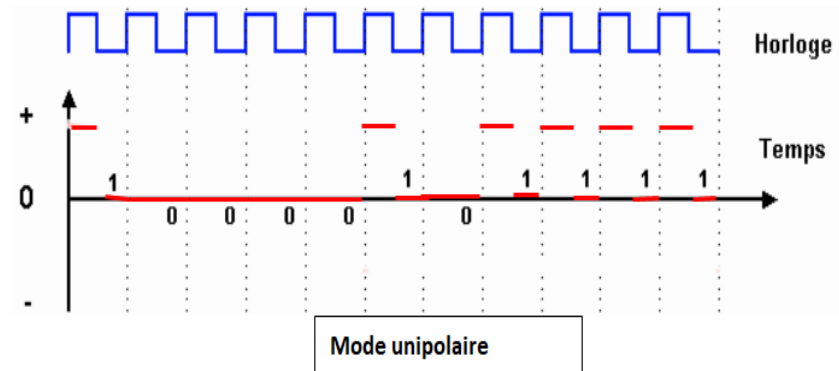
# CODAGE TOUT OU RIEN

- Codage en bande de base le plus simple:
  - bit 0 = tension nulle
  - bit 1 = tension positive
- Pour les longues suites de 0 ou de 1 : risque de désynchronisation



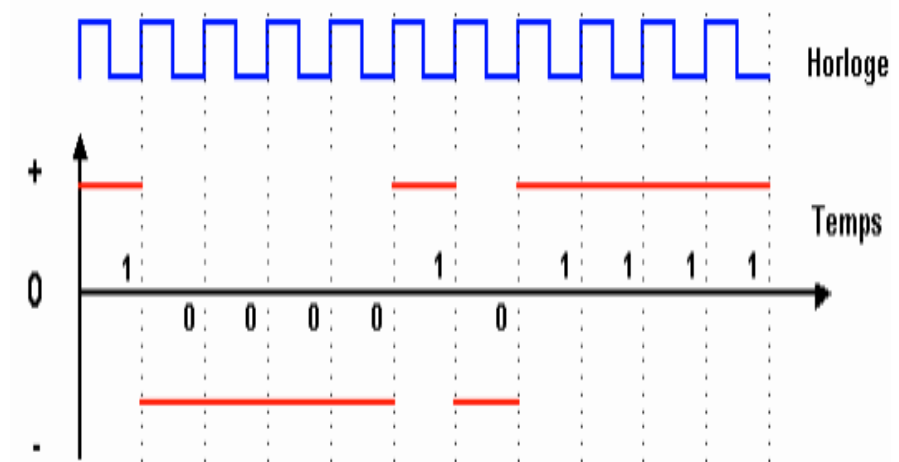
# CODAGE RZ (RETURN TO ZERO)

- **Retour à une tension nulle** avant la fin de chaque bit
- 2 modes:
  - Unipolaire:
    - bit 1 =  $+V$
    - bit 0 =  $0V$
  - Bipolaire:
    - bit 1 =  $+V$
    - bit 0 =  $-V$



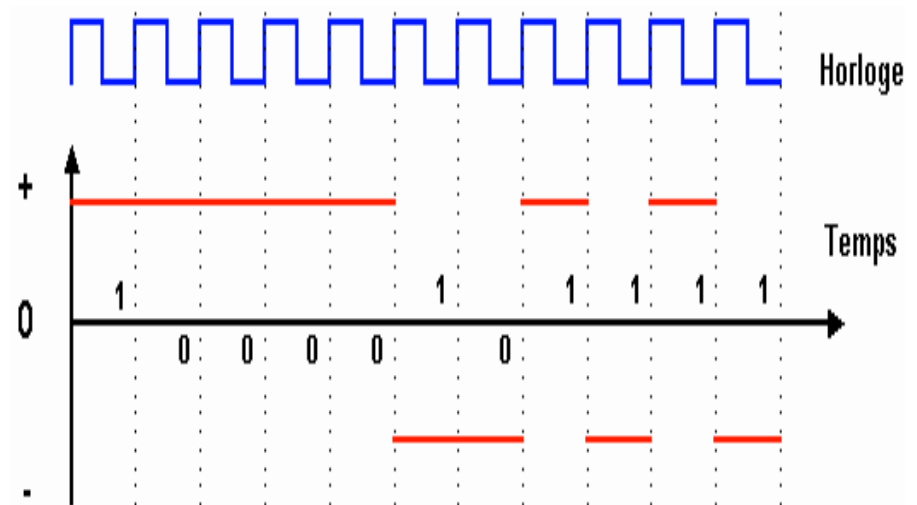
# CODAGE NRZ (NON RETURN TO ZERO)

- Codage
  - bit 1 = +V
  - bit 0 = -V
- Augmente la différence d'amplitude entre bit 1 et bit 0 du codage tout ou rien
- Évite la confusion entre coupure de liaison et suite de 1 du codage tout ou rien ou RZ unipolaire
- Problème de synchronisation dans les longues suites de 1 ou de 0



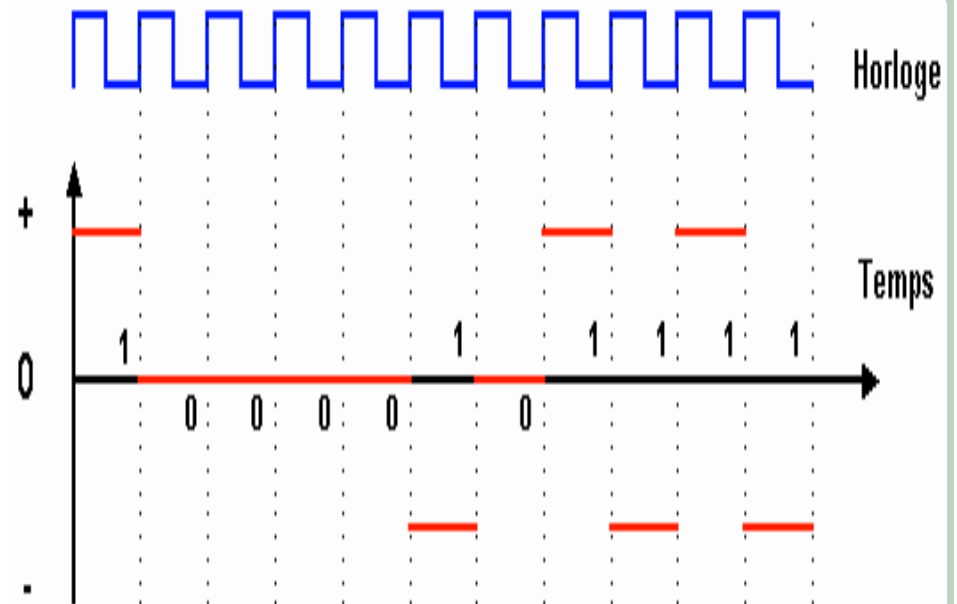
# CODAGE NRZI (NON RETURN TO ZERO INVERTED)

- bit 1 =  $+V$  ou  $-V$  alternatif
- bit 0 = tension précédente
- Une longue suite de 0 peut engendrer une perte de synchronisation



# CODAGE BIPOLAIRE

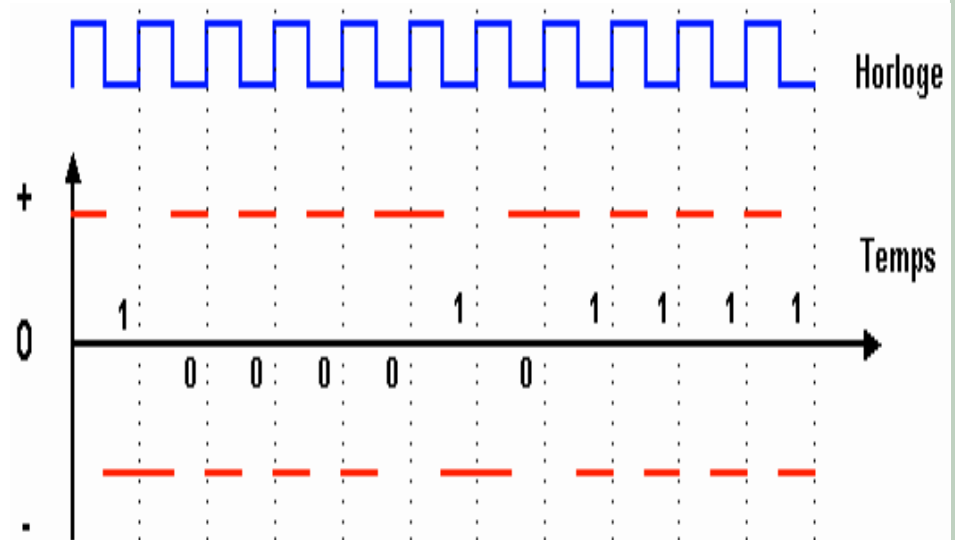
- C'est un codage tout ou rien dans lequel le code du **bit 1** alterne entre une tension positive et une tension négative





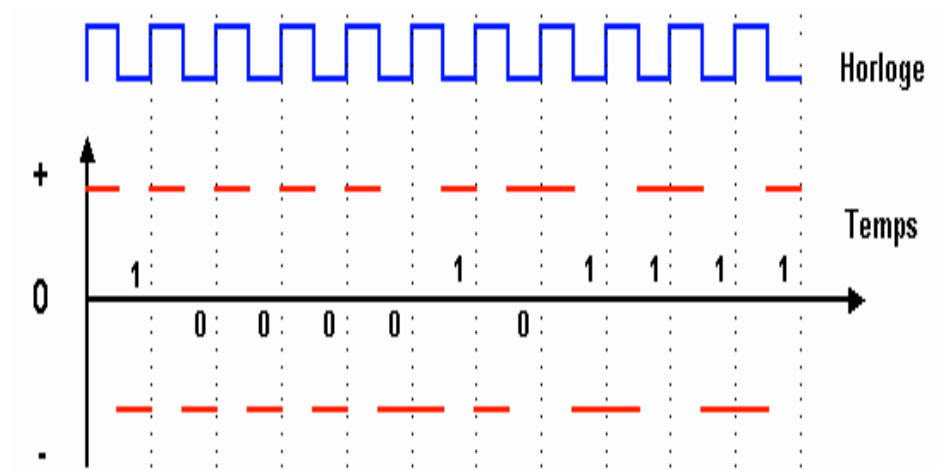
# CODAGE MANCHESTER

- Transition au milieu de l'intervalle:
  - bit 1 : transition descendante (de haut en bas)
  - bit 0 : transition montante (de bas en haut)



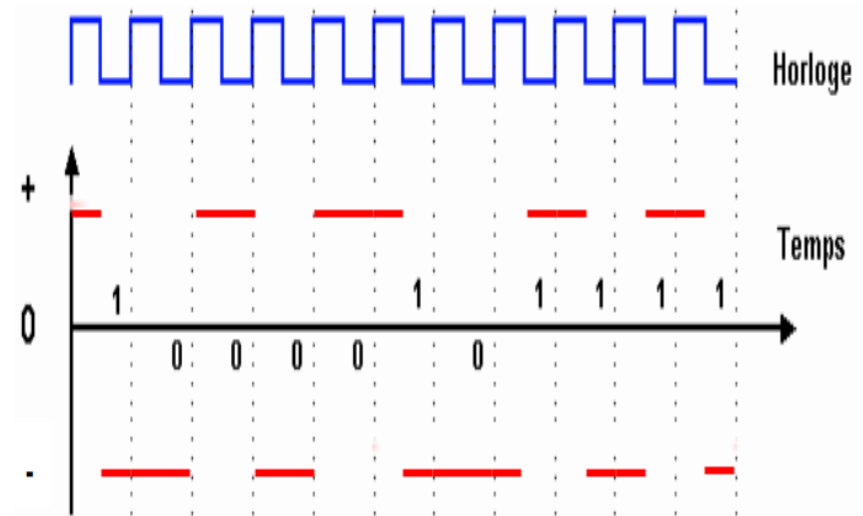
# CODAGE MANCHESTER DIFFÉRENTIEL

- Transition au milieu de l'intervalle
- **Bit 0** : transition au début de l'intervalle
- **Bit 1** : pas de transition au début de l'intervalle



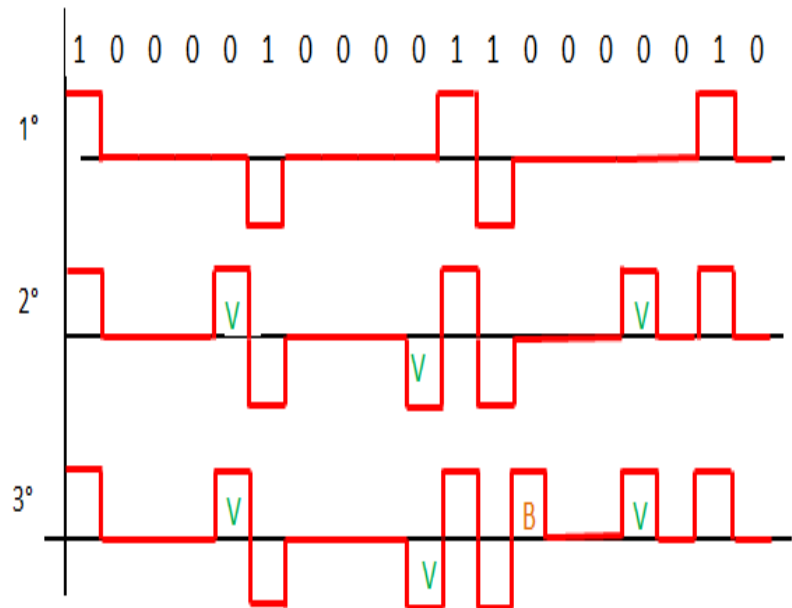
# CODAGE MILLER

- Bit 1 : transition au milieu de l'intervalle
- Bit 0 : pas de transition
  - Pas de transition au milieu de l'intervalle
  - Mais transition en fin d'intervalle s'il est suivi d'un bit 0



# CODAGE BHDN

- Codage Bipolaire Haute Densité d'ordre n (HDBn en anglais)
- Amélioration du codage bipolaire pour éviter les longs courants nuls :
  - Insertion de bit de viol
- Exemple BHD3
  1. Codage bipolaire
  2. Ajout de bit de viol (V : viole les règles de polarité du 1) au 4° 0 consécutif en suivant sa propre loi de polarité
  3. Ajout de bit de bourrage (B) pour rétablir le viol



# CODAGE 4B/5B

- Codage par bloc:
  - $\neq$  codage par bit
- Comprend 2 phases:
  - **Codage logique** : 4 bits codée sur 5 bits (voir table) : pas de trois 0 consécutifs
  - **Codage physique** : NRZI
- Utilisé dans la fibre optique

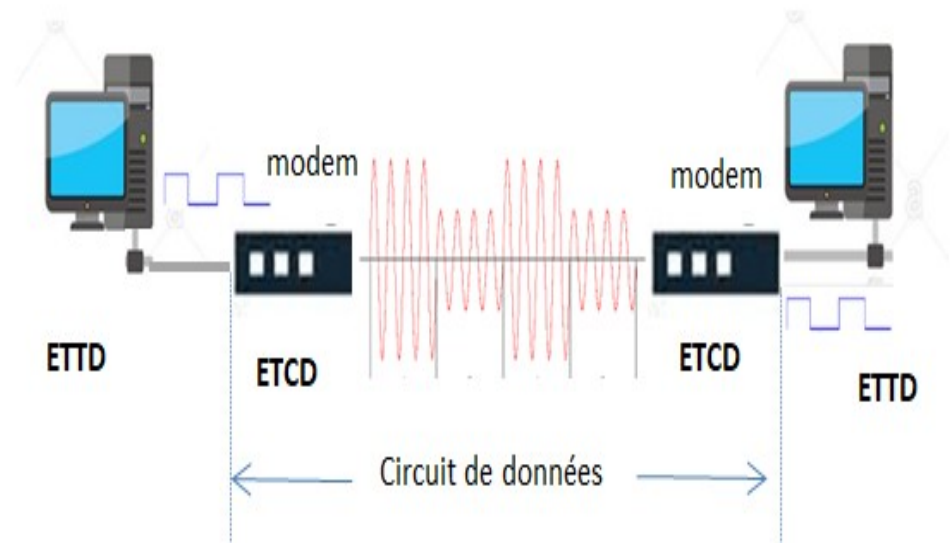
Bits d'origine	Codage de ces bits
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

# INCONVÉNIENTS DE LA TRANSMISSION EN BANDE DE BASE

- Très sensibles aux **pertes** et **affaiblissements** du signal
  - Pas adapté aux longues distances et aux
  - Communications sans fil
- Ne permet pas le **multiplexage (fréquentiel)**

# MODULATION

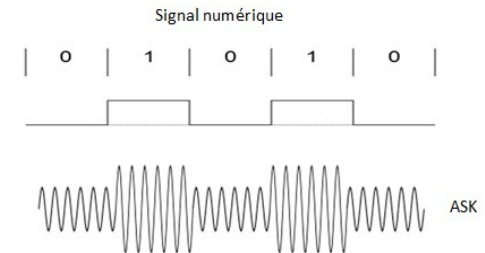
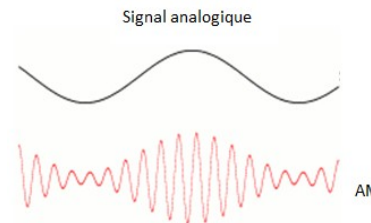
- Transformation d'un signal en un signal analogique
- Utilise un **modem** (modulateur/démodulateur)
- On distingue :
  - La **modulation analogique** : le signal modulant (signal source) est un signal analogique
  - La **modulation numérique** : le signal modulant est un signal numérique



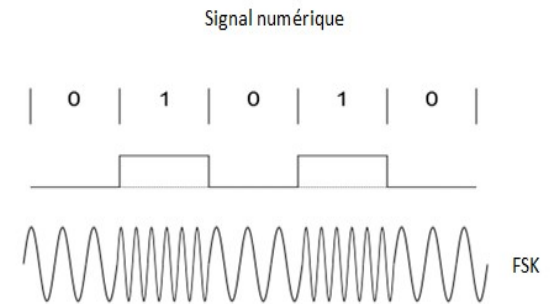
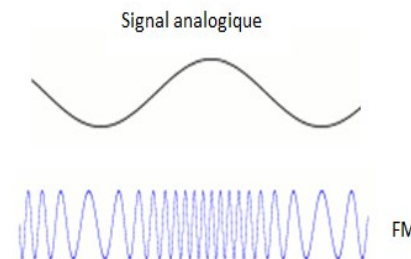
# TYPES DE MODULATION

On distingue 3 principaux types de modulation

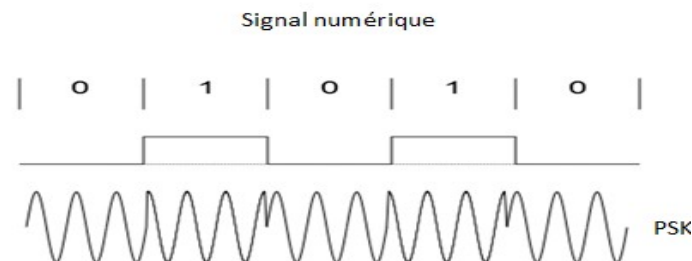
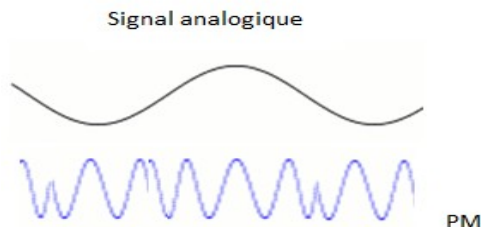
- Modulation d'amplitude
- Modulation de fréquence
- Modulation de phase



Modulation d'amplitude



Modulation de fréquence



Modulation de phase



# VARIANTES DE MODULATION

- Modulation avec plusieurs phases ou plusieurs niveaux d'amplitude:
  - QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)
  - QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
- Combinaison de techniques
  - PSK+ AM
- Modulation multi-porteuse
  - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- Etallement de spectre:
  - Saut de fréquence : FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
  - Séquence directe : DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

# PARAMÈTRES D'UNE MODULATION

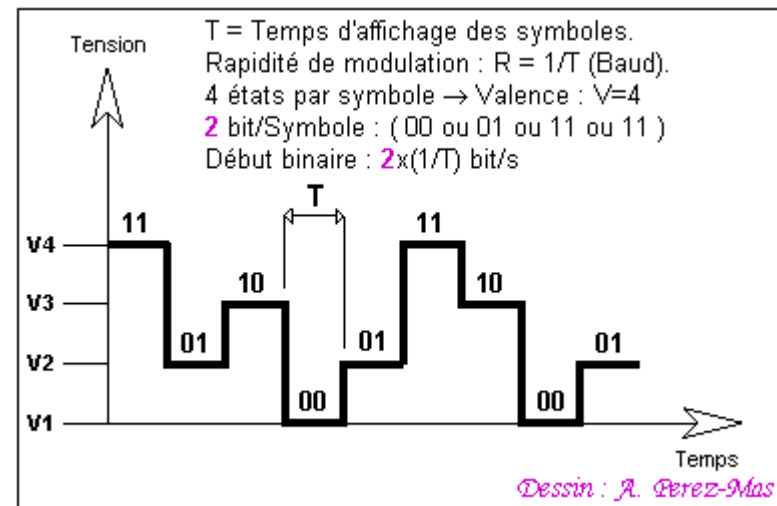
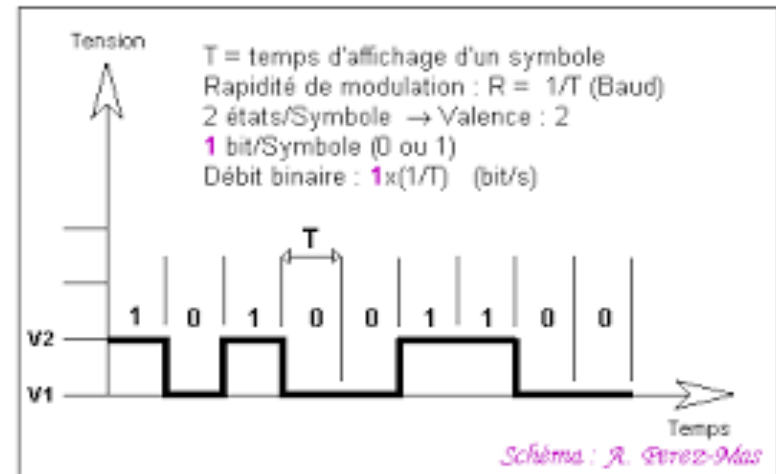
- **Valence (V)**: nombre d'états (symboles) possibles d'un signal

- $n = \log_2(V)$
- $n$  = nombre de bits d'un symbole

- **Moment (T)**: durée d'un symbole

- **Rapidité (R)**: nombre de symboles par unité de temps

- $R = 1/T$
- $D(\text{débit binaire}) = nR$



# MULTIPLEXAGE

- Transmission de plusieurs signaux de sources différentes sur une seule liaison
- Plusieurs types:
  - Temporelle
  - Fréquentielle
  - De code

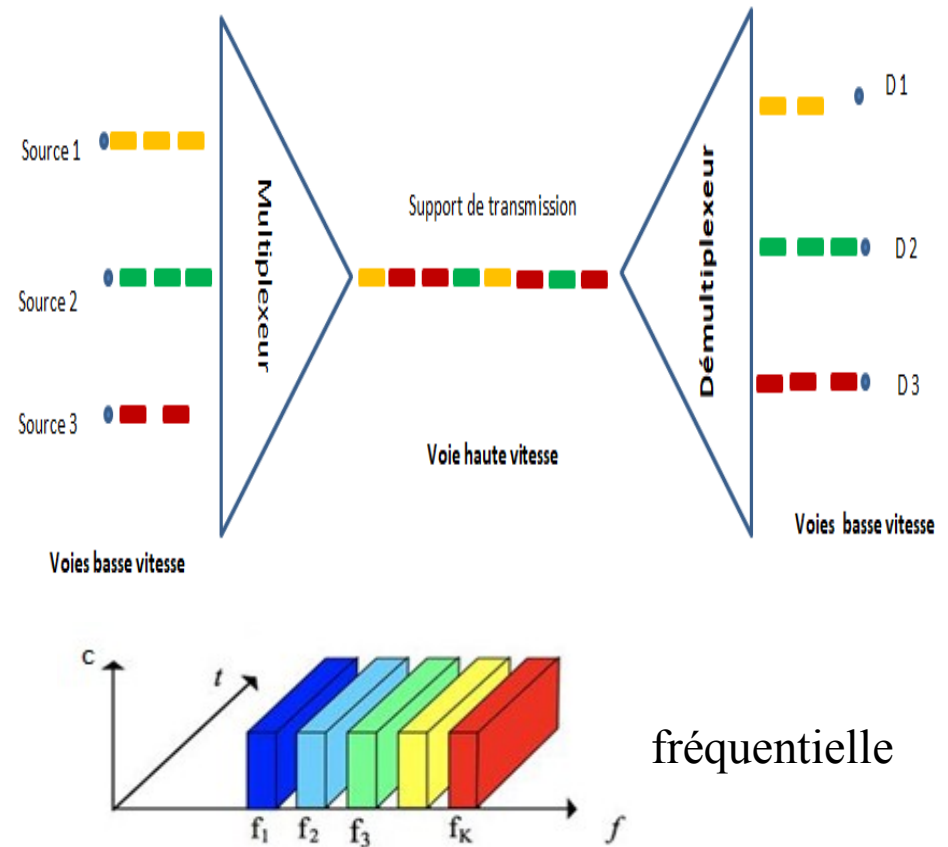
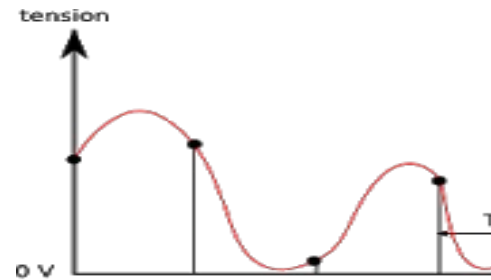


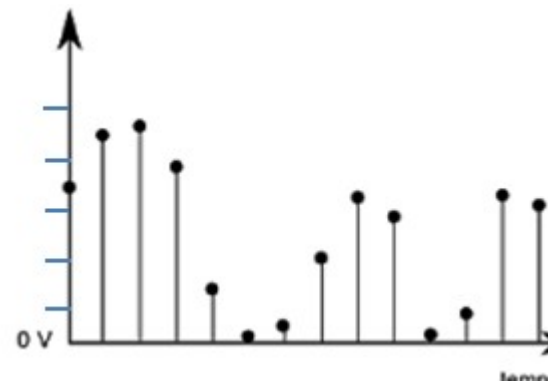
Schéma de  
temporelle et de  
code

# CONVERSION D'UN SIGNAL ANALOGIQUE EN SIGNAL NUMÉRIQUE

- La modulation numérique offre un **meilleur avantage** que celle analogique
- 3 étapes pour convertir analogique en numérique:
  - **Échantillonnage**
    - Passage temps continu à temps discret
  - **Quantification**
    - Passage valeurs continues à valeurs discrètes
  - **Codage**
    - Valeurs converties en une suite binaire



échantillonnage



quantification

# AUTRES CARACTÉRISTIQUES D'UNE TRANSMISSION

- sens d'une transmission
- transmission parallèle ou série
- transmission synchrone ou asynchrone

45

*D'une manière générale, une transmission est définie par un sens ; et selon le support, elle peut se faire bit par bit ou mot par mot. Elle peut être synchrone ou asynchrone*

# SENS DE LA TRANSMISSION

Il existe 3 modes d'exploitation de la liaison :

- Liaison **simplex**

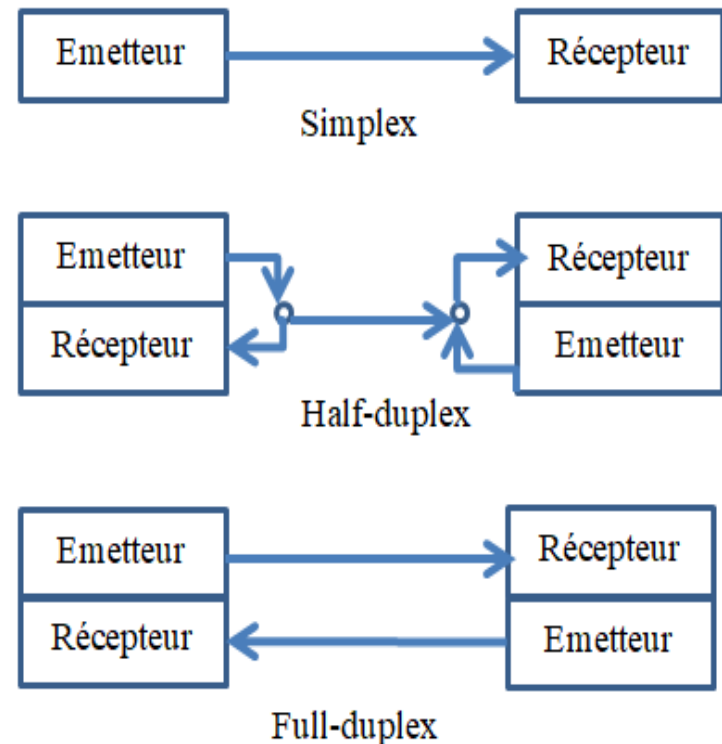
- Transmission unidirectionnel
- Exemple : **radiodiffusion** ou **télédiffusion**

- Liaison **half-duplex**

- Transmission bidirectionnel à l'alternat
- Exemple : **communication talkie-walkie**

- Liaison **full-duplex**

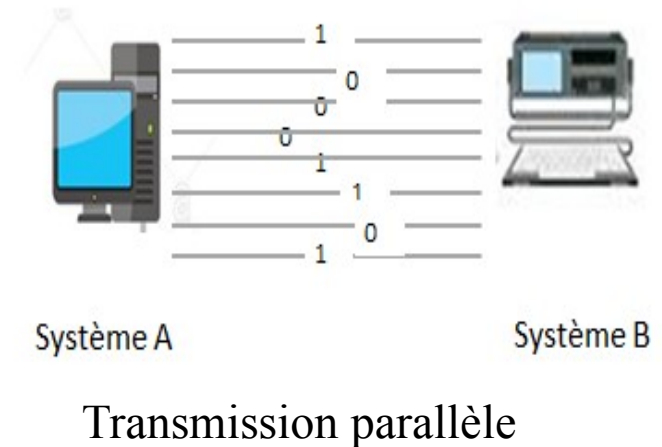
- Transmission bidirectionnelle simultanée
- Exemple : **communication téléphonique**



# TRANSMISSION PARALLÈLE / SÉRIE

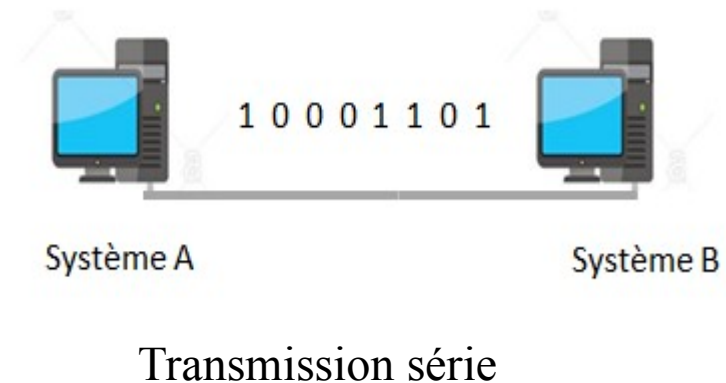
## ○ Transmission **parallèle**

- Les bits formant un caractère sont transmis en même temps sur plusieurs fils
- Communication dans les bus d'un ordinateur



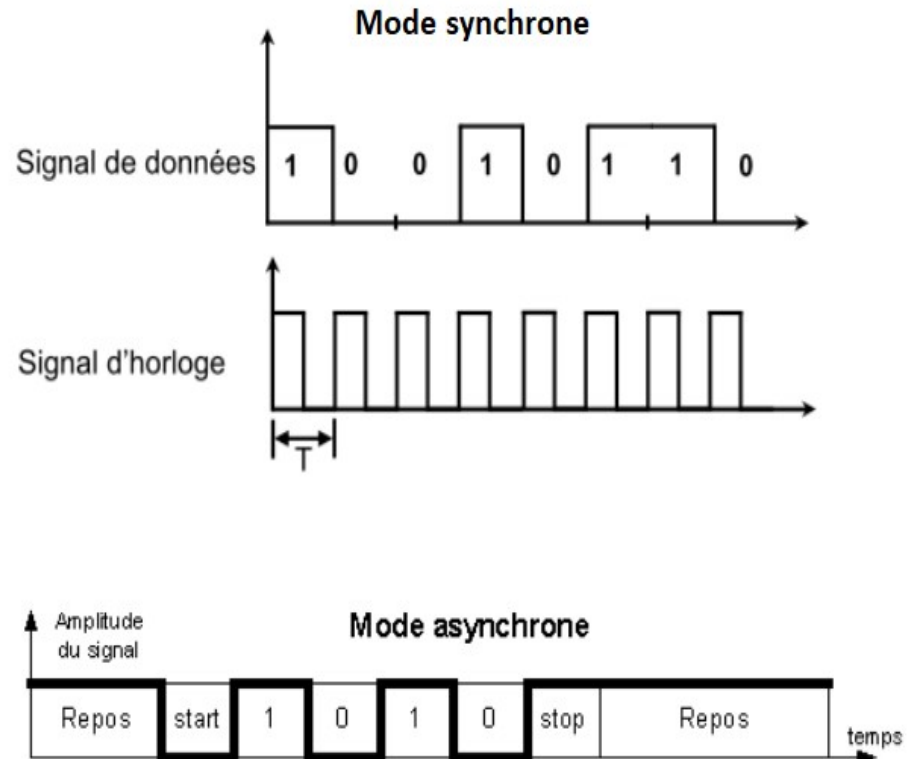
## ○ Transmission **série**

- Les bits sont transmis séquentiellement
- Transmission sur un réseau



# TRANSMISSION SYNCHRONE / ASYNCHRONE

- Dans une **transmission synchrone**, le récepteur est synchronisé sur l'horloge de l'émetteur
- En **transmission asynchrone**, les données ne sont pas rythmées par une horloge et les unités de données sont séparés par des séparateurs





# CONCLUSION

- La couche PHY est la plus basse des modèles OSI et hybride
- Elle s'occupe principalement de la transmission des éléments binaires sur le support de transmission, sous forme de signaux : plusieurs techniques sont possibles pour assurer cette fonction
- A la réception, les bits seront remis à la couche liaison de données qui assurera ses services avant de passer les données à la couche suivante et ainsi de suite.
- Les bits transmis peuvent être altérés
- Au chapitre suivant, nous verrons que comment fiabiliser une transmission sur une liaison...