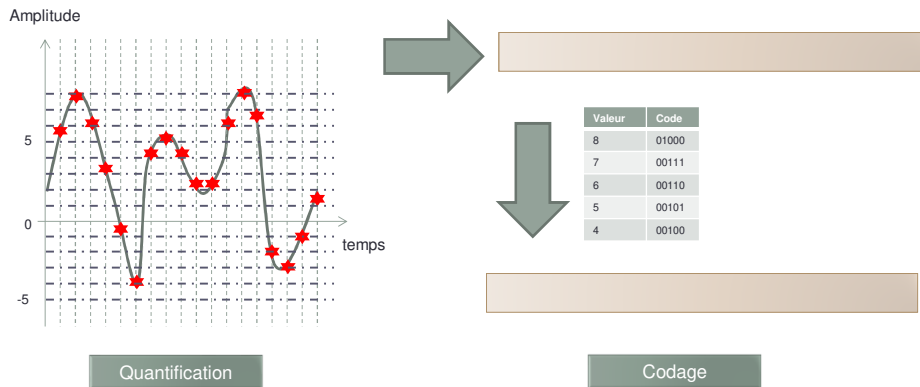


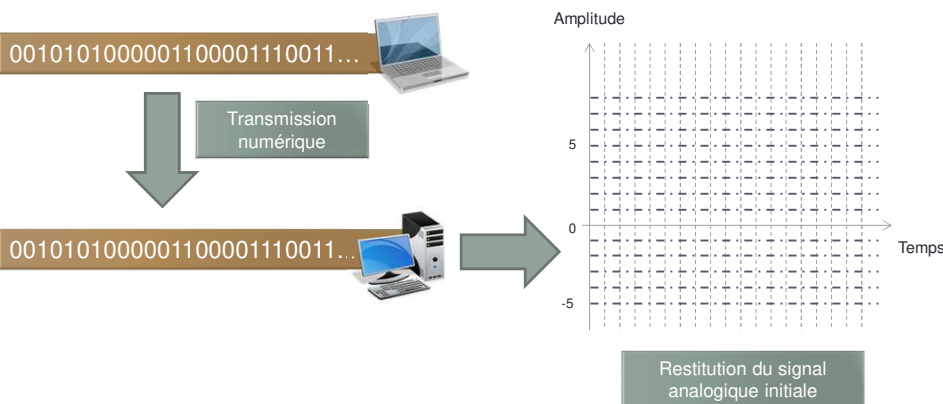
## Principe de la numérisation

- Quantification: les valeurs d'amplitudes sont mesurés et comparer à une échelle discrète.
- Codage: codage en binaire des valeurs mesurés (par rapport à une échelle)



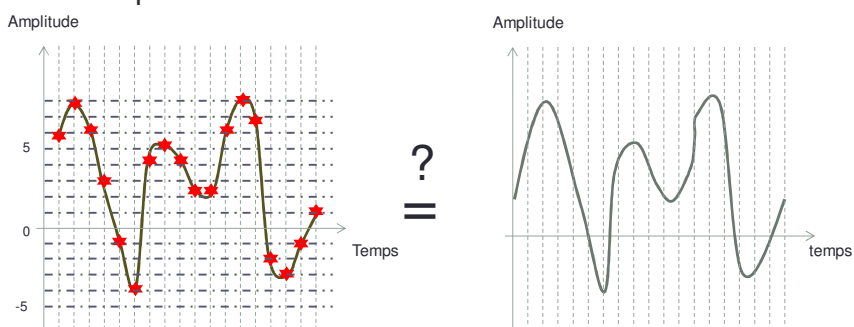
## Transmission et restitution

- Quantification: les valeurs d'amplitudes sont codés par rapport à une échelle discrète.



## Qualité de la numérisation

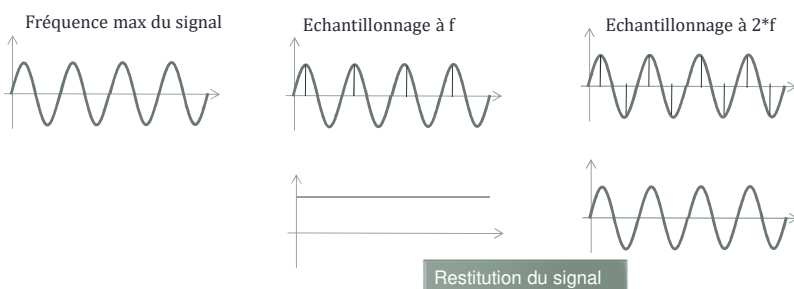
- La qualité de la numérisation dépend de deux facteurs:
  - Le nombre d'échantillons par seconde
  - La finesse de l'échelle
- Qualité arbitraire (aussi fine que l'on veut)
- Limité par le volume / débit



## Echantillonnage et Théorème de Shannon

- La fréquence d'échantillonnage est le nombre de fois où le signal est évalué par seconde.

### Théorème de Shannon:



## Exemple 1.5.1

1. Quelle doit être la fréquence d'échantillonnage d'un signal analogique dont le spectre est [10Hz, 1500Hz]?
2. Quelle doit être la fréquence d'échantillonnage de la voix?
3. Quelle doit être la fréquence d'échantillonnage d'une chanson / de la musique?
4. Quel est le débit binaire pour ces deux numérisations sachant que les échelles sont de 256 valeurs (voix), et 512 valeurs (musique)?



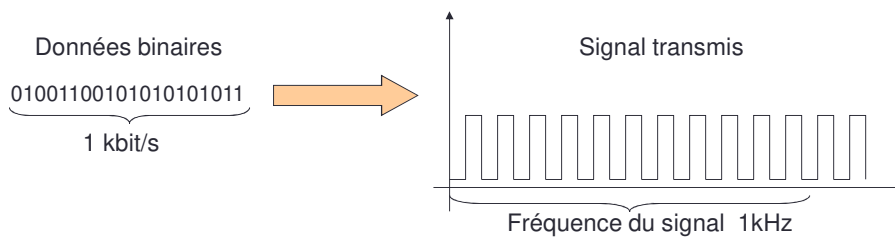
## 1.6

---

Transmission en bande de base

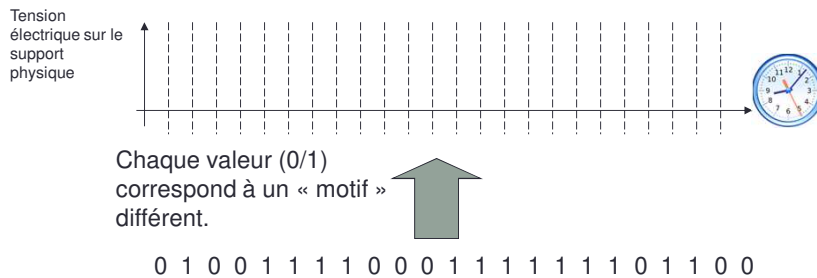
## Transmission en bande de base

- La transmission est dite en bande de base si elle ne subit aucune transposition de fréquence.
- Vulgarisation: la fréquence du signal est un multiple du débit binaire.
- La valence du code est 2



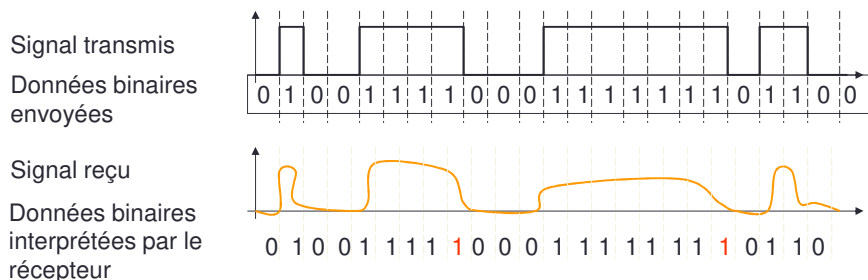
## Transmission en bande de base

- Le temps est divisé en intervalle régulier
  - Utilisation d'une horloge
  - Jusqu'à 20 000 intervalles par seconde pour un port série RS 232
- Un bit (0/1) est émis dans chaque intervalle



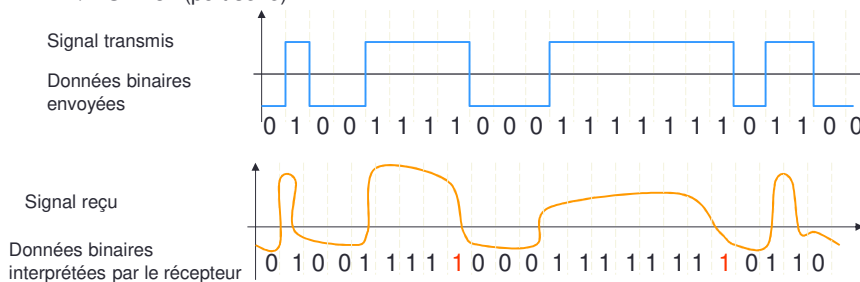
## Exemple: un signal bande de base simple

- Signal bande de base le plus simple:
  - 0 V -> 0 binaire
  - 1 V -> 1 binaire
- A la réception on estime la tension à intervalle régulier.
- Problème de dérive d'horloge (si plusieurs 0 ou 1 consécutifs).
- Mauvaises propriétés électriques



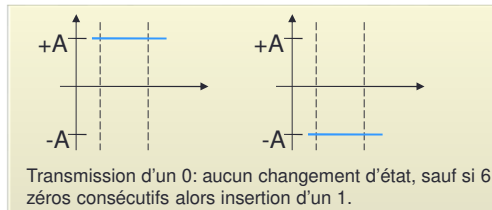
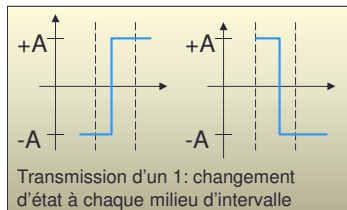
## NRZ: Non return to 0

- Signal bande de base simple:
  - +A Volts pour transmettre un 1
  - -A Volts pour transmettre un 0
- Intérêt:
  - Amplitude du signal plus importante ( $2 \cdot A$  Volts) limitant les erreurs d'interprétation liées à l'atténuation du signal.
  - Détection de la présence du signal.
- Défaut:
  - Dérive d'horloge possible
- Exemple
  - V24 / RSR 232 (port série)



## NRZI: Non return to 0 Inverse

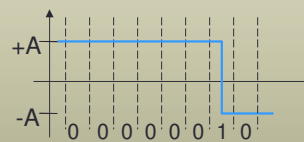
- Transmission:



- Intérêt:
  - Amplitude du signal plus importante ( $2 \cdot A$  Volts) limitant les erreurs d'interprétation liées à l'atténuation du signal.
  - Synchronisation régulière des horloges
    - A chaque front montant (si 1)
    - Tous les 6 intervalles (si plusieurs 0 consécutifs)
- Exemple
  - USB / Fast Ethernet (variante)

Exemple: transmission de 7 zéros (0000000)

0000000 → 00000010

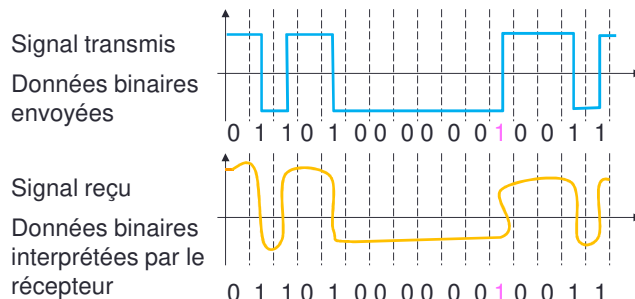


## NRZI: Non return to 0 Inverse (2)

- Exemple: transmission de la chaîne 01101000000011

01101000000011 → 0110100000010011

Insertion d'un 1 après chaque suite de 6 zéros consécutifs.

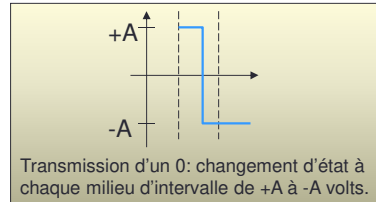
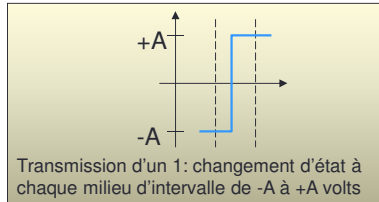


On retire un 1 après chaque suite de 6 zéros consécutifs.

01101000000011

# Manchester

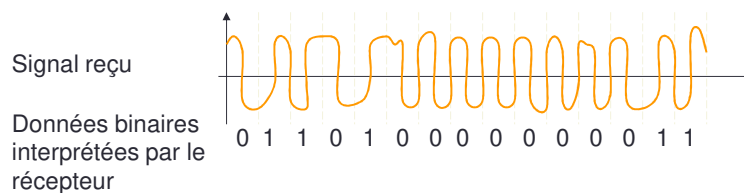
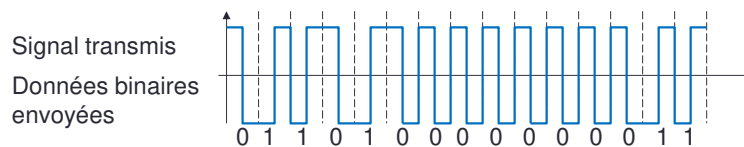
- Transmission:



- Intérêt:
  - Amplitude du signal plus importante ( $2 \cdot A$  Volts) limitant les erreurs d'interprétation liées à l'atténuation du signal.
  - Synchronisation systématique des horloges ; aucune dérive possible
- Exemple
  - Ethernet (Bus) / Token ring : ancienne technologie réseau

# Manchester (2)

- Exemple: transmission de la chaîne 01101000000011



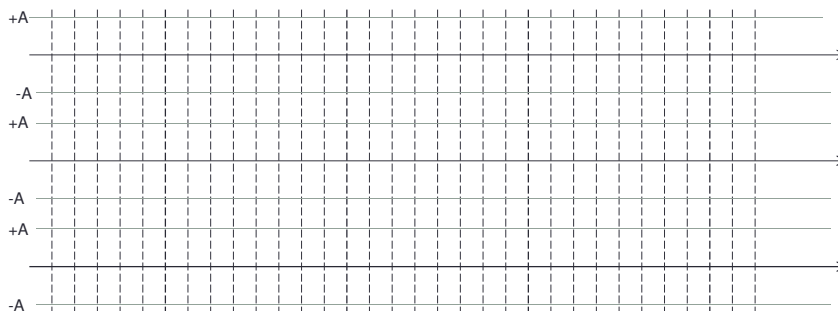
## Exemple 1.6.1

- Donnez les signaux en émission pour la suite binaire ci-dessous pour les modes de transmissions en bande de base suivant:
  - NRZ
  - NRZI
  - Manchester

0101100000001100011

## Exemple 1.6.2

- Donnez les avantages et inconvénients des modes de transmission suivants:
  - NRZ
  - NRZI
  - Manchester



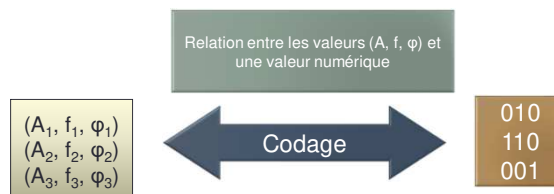
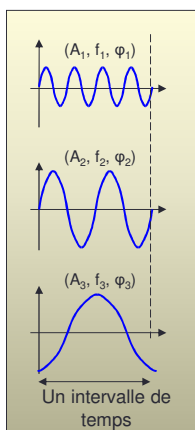


# 1.7

## Transmission numérique: modulations complexes

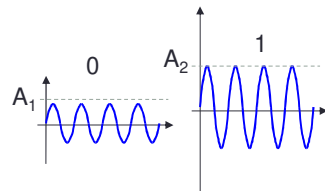
### Modulation et codage

- Principe de base:
  - Le temps est divisé en intervalle de taille fixe
  - Le signal est modulé dans chaque intervalle



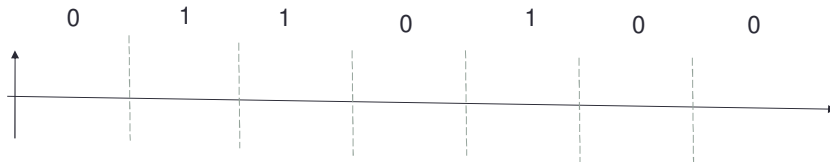
## Modulation d'amplitude

- Une porteuse est transmise. Il s'agit d'une onde sinusoïdale de fréquence donnée.
- La valeur binaire est donné au travers de l'amplitude crête.



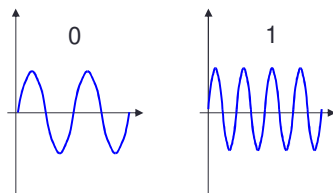
Fréquence et phase restent constantes.

Deux amplitudes:  
 $A_1$  pour un 0  
 $A_2$  pour un 1



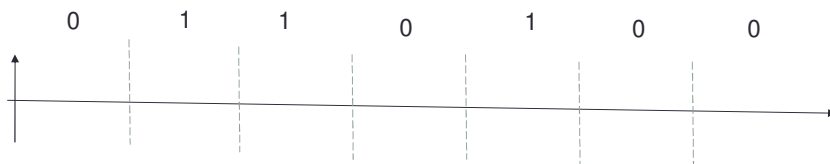
## Modulation de fréquences

- La valeur binaire est donné au travers de la fréquence du signal.



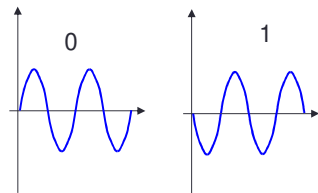
Amplitude et phase restent constantes.

Deux amplitudes:  
 $f_1$  pour un 0  
 $f_2$  pour un 1



## Modulation de phases

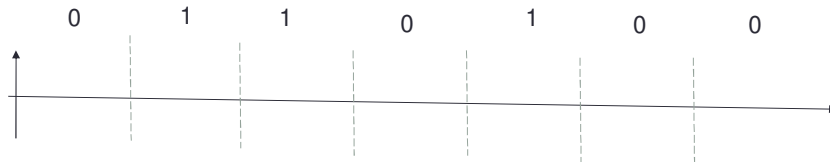
- La valeur binaire est donné au travers de la phase du signal.



Fréquence et amplitude restent constantes.

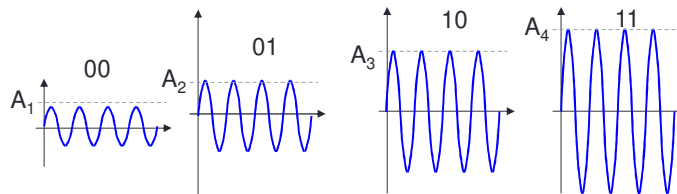
Deux amplitudes:

$\varphi_1$  pour un 0 ( $\varphi_1=0$ )  
 $\varphi_2$  pour un 1 ( $\varphi_2=\pi$ )



## Modulation complexe

- Il est possible d'augmenter le débit au travers de modulations plus complexes
  - 4, 8, 16, ... valeurs d'amplitudes/fréquences/phases

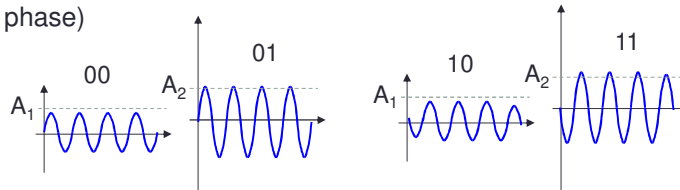


Transmission de 01101000



## Modulation complexe (2)

- Il est possible d'augmenter le débit au travers de modulations plus complexes
  - Combinaisons de plusieurs types de modulation (ex: amplitude + phase)

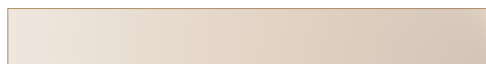


Transmission de 01101000



## Valence d'un code

- Valence d'un code: nombre de valeurs possibles d'un symbole
- Valeurs (A, f,  $\varphi$ ) différentes possibles
- Si le nombre de valeurs possibles est:
  - 2: 0 ou 1
  - 4: 00, 01, 10 ou 11.
  - 8: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 ou 111
- La valence est généralement de la forme  $2^n$ .
- Valence =  $2^n$  implique n bits codés par symbole.

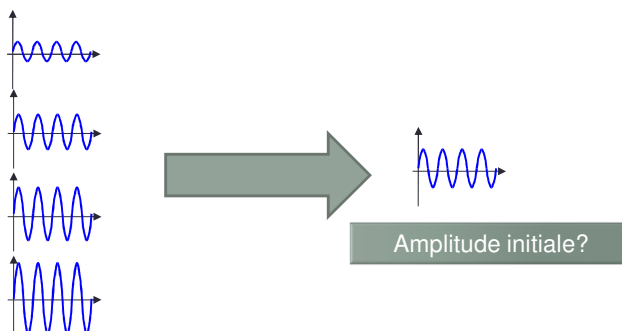


## Baud (Bd)

- Baud: nombre de symbole par seconde / rapidité de modulation.
- Nombre d'intervalles de temps par seconde.

## Limite de la modulation complexe

- Le débit peut être arbitrairement grand si l'on considère des modulations de plus en plus complexe
- Limite physique fixer par la capacité à interpréter les symboles en réception.
- Exemple:



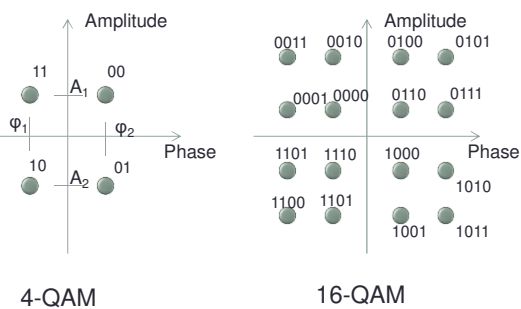
## Exemple 1.7.1

1. Donnez les 4 symboles correspondant pour une modulation complexes de phase (QPSK).
2. On considère une modulation complexe à 4 phases et 2 amplitudes:
  - a. Décrire les symboles
  - b. Combien de bits sont envoyés par symbole?
  - c. Si la ligne de transmission à une vitesse de 1000 bauds, quel est le débit binaire?
  - d. Donnez le signal pour la transmission de la chaîne binaire suivante:

001101110000010

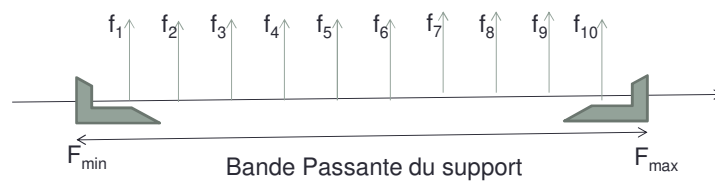
## Modulation complexe en pratique

- Quelques exemples:
  - BPSK (Binary Phase Shift Keying)
  - Modulation phase et amplitude : 4-QAM / 16-QAM / 64-QAM / etc.
    - QAM: Quadrature Amplitude Modulation

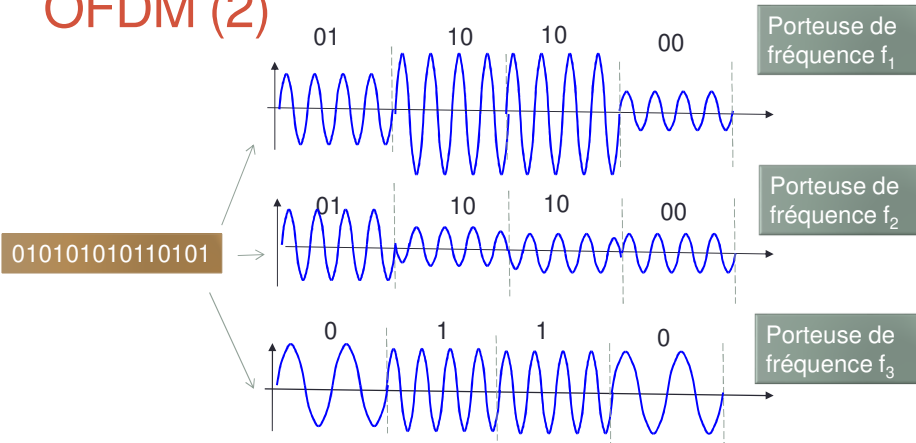


## OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- Utilisation efficace de la bande passante
- Division de la bande passante: utilisation de plusieurs porteuses
- Chaque sous porteuse est modulée



## OFDM (2)



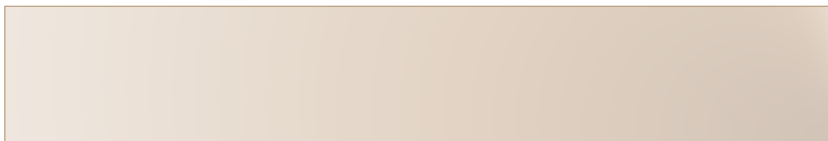
Les bits à transmettre sont envoyés sur les différents porteuses en parallèle. Les modulations peuvent être différentes d'une porteuse à l'autre.

## OFDM: applications

- Les technologies utilisant l'OFDM:

- ADSL:

- 256 sous porteuses: 16 porteuses sens montant, 224 sens descendant
- Les modulations dépendent de la qualité de la ligne (atténuation, etc.), et donc le débit aussi.
- Il existe des versions symétriques (SDSL) pour les entreprises.
- L'ADSL2+ utilise 511 porteuses, les nouvelles se trouvant dans la bande [1,1MHz ; 2,2MHz].

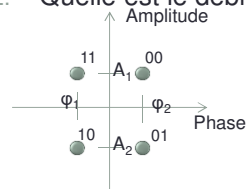


- Wi-Fi / WiMax
- LTE
- Etc.

## Exemple 1.7.2

- Donnez les symboles correspondant à la constellation suivante.

1. Quelle est la valence du code ?
2. Quelle est le débit si la ligne est de 5000 bauds ?



$$A_1 = 1V \quad A_2 = 2V \quad \varphi_1 = \pi/2 \quad \varphi_2 = 3\pi/2$$

- On suppose l'utilisation de l'OFDM sur 256 porteuses.

- 50 sont utilisés pour l'*upload*. Les autres sont utilisés pour le *download*.
  - La moitié des porteuses utilise une modulation QAM-16, l'autre moitié QAM-64 (moitié/moitié pour chaque sens).
  - La vitesse de chaque porteuse est de 200 bauds
3. Quel est le débit montant et descendant (en Mbit/s)?



Réseaux Ethernet

Evaluation du semestre

## Introduction : la portée des réseaux

- Pico Area Network: connexion d'équipements séparés de plusieurs mètres
- Local Area Network (Réseaux locaux): connexion d'équipements séparés d'une centaine de mètres
- Wide Area Network (Réseaux étendu): connexion d'équipements séparés par des distances de l'ordre du km.
  
- Exemple de technologies:
  - PAN: Bluetooth, Zigbee
  - LAN: Wi-Fi, Ethernet
  - WAN: Ethernet, technologie optiques (SONET, WDM, etc.).

## Ethernet: technologie filaire de réseaux locaux

- But: interconnecter des équipements (PC, serveurs, imprimantes, etc.) physiquement.
- L'Ethernet est la technologie de facto de réseaux locaux (quand filaire)
- 
- La technologie est normalisé par l'IEEE  
(IEEE 802.3 entre autres)



Une technologie de réseau local définit (entre autres):

- la connexion physique des équipements (connectique)
- la transmission de l'information (signal, modulation, etc.)
- le format des données (format des trames, etc.)
- l'adressage des équipements
- les équipements et leurs fonctions

La communication entre des équipements appartenant à des réseaux locaux différents n'est pas possible.

## Les connectiques

Carte Ethernet: carte électronique installé sur l'ordinateur assurant la réception et la transmission des données (carte PCI / PCI express / ou intégrer à la carte mère).



Prise RJ45 femelle: prise normalisé sur laquelle se connecte les câbles.



Câble Ethernet: câble composé de 8 fils et d'une prise RJ45 mâle. Il existe plusieurs catégories (Cat. 4, 5, 6, etc.) décrivant la qualité du câble.



Il existe aussi des connectiques utilisant des fibres optiques. Les prises et câbles sont alors différents.



## Transmission de l'information

- Les techniques de transmission diffèrent suivant le débit et le type de câble (Cuivre / fibre optique).
- 100 Base TX:
  - transmission en bande de base sur des câbles en cuivre de catégorie 5 ou supérieure (1 paire pour chaque sens)
  - un débit de 100 Mbit/s (Fast Ethernet)
  - distance maximale du câble: 100 mètres

Codage  
4B/5B

4B	5B
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011

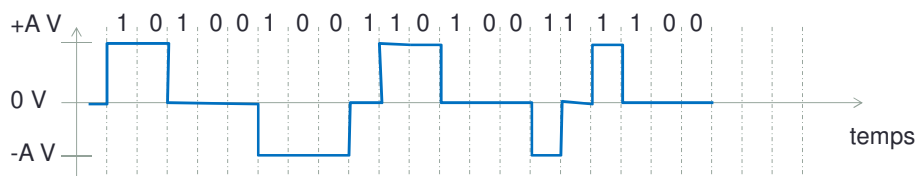
4B	5B	Description
1010	10110	
1011	10111	
1100	11010	
1101	11011	
1110	11100	
1111	11101	
-	11111	Pas de transmission de données
-	11000 10001	Synchronisation / Délimiteur de début
-	01101 00111	Délimiteur de fin

## Transmission de l'information: 100Base TX (suite)

- Transmission bande de base MLT (Multi-Level Transmit)
- 3 niveaux de voltage: +A, 0, -A (toujours dans cet ordre)
- Transmission d'un 0: pas de changement de voltage
- Transmission d'un 1: changement de voltage

Suite binaire à transmettre: 0010 1001 0001 1110

4B/5B: 10100 10011 01001 11100

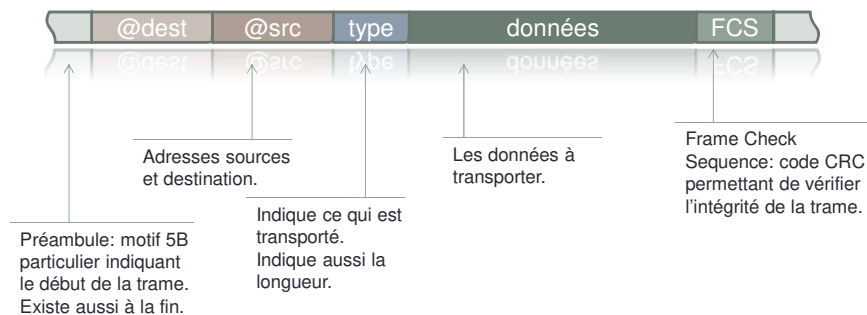


## Exercice: questions / réponses

- Pourquoi utilisé un codage 4/5B?
- Le code MLT-3 a t-il de bonnes propriétés?
- Que se passe-t-il quand il n'y a pas de données à émettre?
- Comment fonctionne le PoE (Power over Ethernet) ? Il y a deux modes.

## Format des données

- Les données sont transmises sous forme de trames (groupe d'octets).
- Taille maximal de 65536 octets (1518 en pratique).



## Adresse Ethernet ou adresse IEEE

- Une adresse est associée à chaque carte Ethernet
- Adresse unique associée à la carte par le constructeur
- Adresse divisée en deux parties:



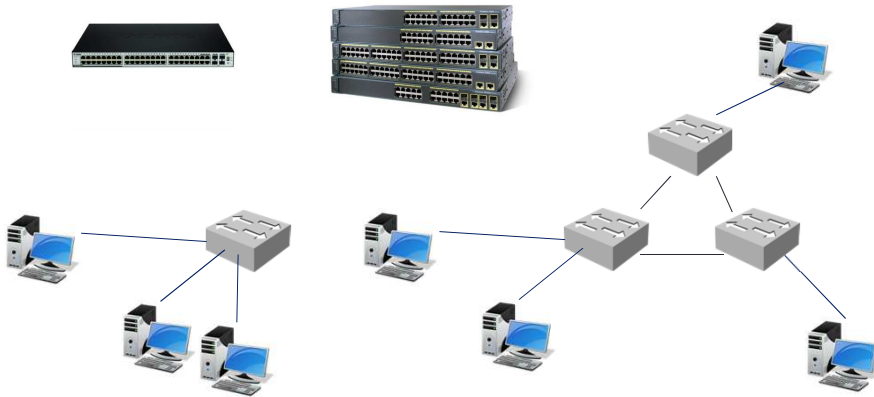
Exemple: ipconfig /all (sous windows)

```
Carte Ethernet Connexion au réseau local :
Suffise DNS propre à la connexion. . . : univ-lyon1.fr
Description. . . . . : Intel(R) 82577LM Gigabit Network Con
nexion
Adresse physique . . . . . : 78-5A-B6-AD-BF-37
DHCP activé. . . . . : Oui
```

L'adresse Ethernet est aussi appelé adresse physique, adresse MAC, ou *Hardware address* en anglais. Elle a le même format et le même rôle en Wi-Fi.

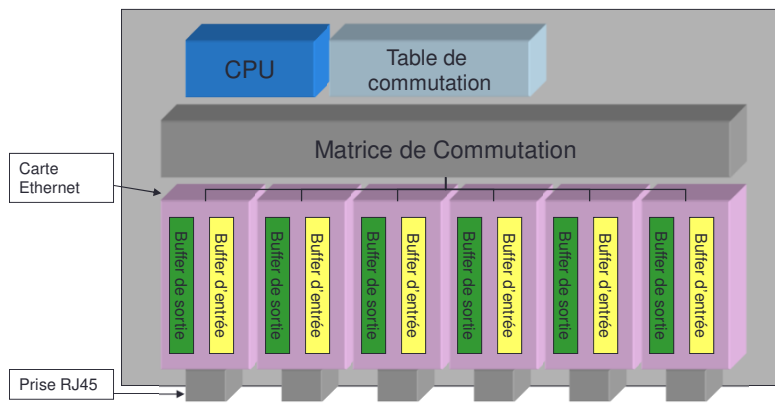
## Ethernet: les équipements et leurs fonctions

- Topologie en étoile: un câble connecte chaque entités (PC, etc.)



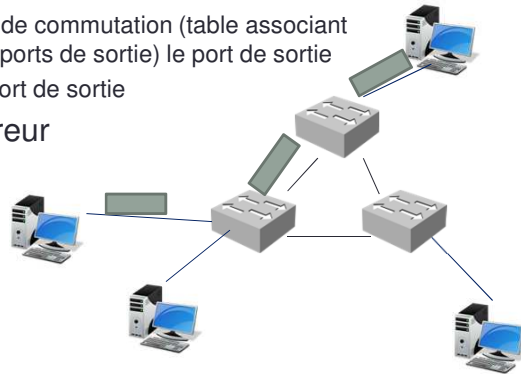
## Architecture d'un commutateur

- Deux modes de fonctionnement
  - Store and forward
  - On the fly



## Fonction du commutateur

- Réception de la trame:
  - Vérification du FCS: on rejette la trame si il est faut
- Commutation:
  - Le commutateur extrait l'adresse MAC destination
  - Regarde dans sa table de commutation (table associant les adresses MAC aux ports de sortie) le port de sortie
  - Acheminement sur le port de sortie
- Pas de reprise sur erreur



## Modèle OSI première visite Ethernet : Couche Physique et liaison

