



# SYSTÈMES ET RÉSEAUX

LICENCE MATHÉMATIQUE  
2022 - 2023

UNIVERSITÉ PARIS 8

OUMAIMA EL JOUBARI

ELJOUBARI.OUN@GMAIL.COM

# PLAN DU COURS

## I. Réseaux informatiques:

- 1) Introduction
- 2) Fonctionnement des réseaux
- 3) Couche physique
- 4) Couche Liaison de données
- 5) Couche réseau
- 6) Couche transport
- 7) Couches supérieures

## II. Programmation réseau:

- 1) Adresses IP & MAC
- 2) Protocoles
- 3) Services et ports
- 4) Threads et Sockets

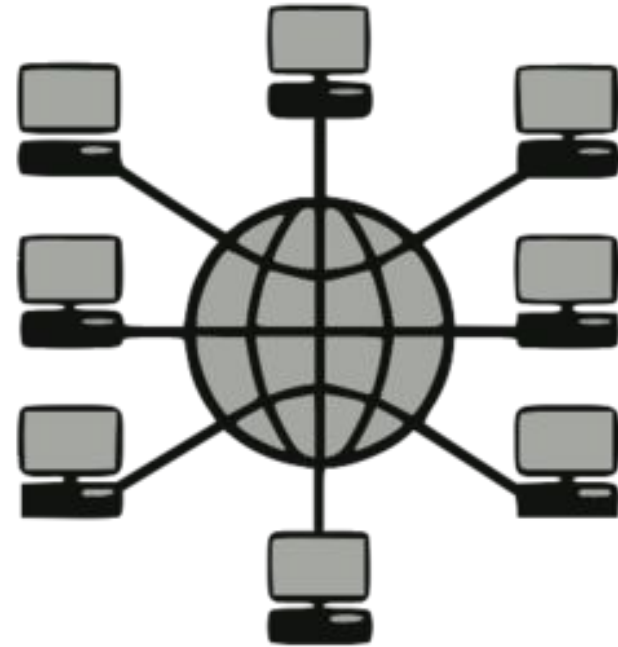
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

A. Qu'est ce qu'un réseau de communication ?

B. Quelles sont les utilisations des réseaux ?

C. Quels sont les types des réseaux ?



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### A. Qu'est ce qu'un réseau de communication ?

Un réseau informatique (Computer network) est un ensemble de matériels et de logiciels permettant à plusieurs machines (ordinateurs au sens large) de communiquer entre elles.

### B. Quelles sont les utilisations des réseaux?

- Faciliter la communication (email, messages instantanés, téléphone...);
- Partage des ressources matérielles (imprimantes, scanners...);
- Partage des fichiers, données et informations;
- Partage des logiciels.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

La classification des réseaux informatiques se base sur quatre critères:

- La couverture géographique du réseau
- Le support utilisé pour transporter les données
- La topologie du réseau
- L'architecture du réseau (méthode de gestion)

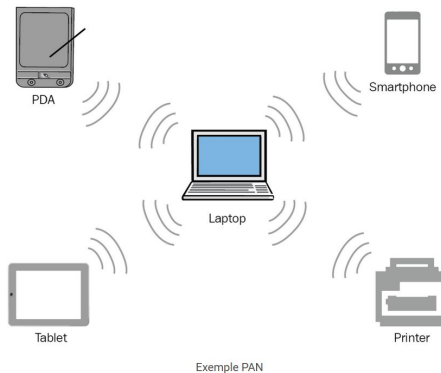
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

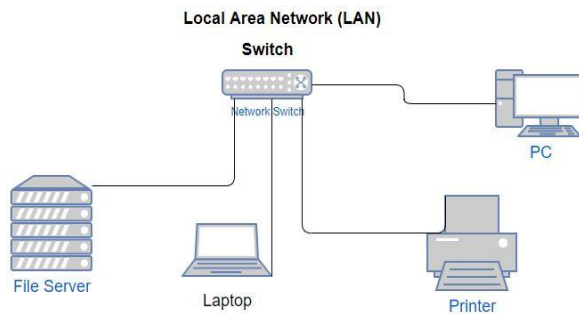
### C. Quels sont les types des réseaux?

- La classification par étendue de la couverture géographique:

#### PAN (Personal Area Network)



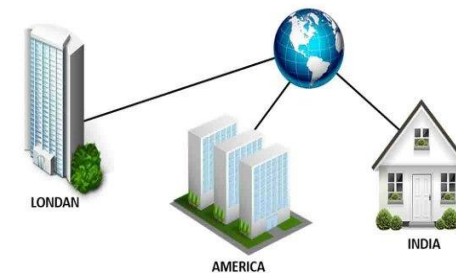
#### LAN (Local Area Network)



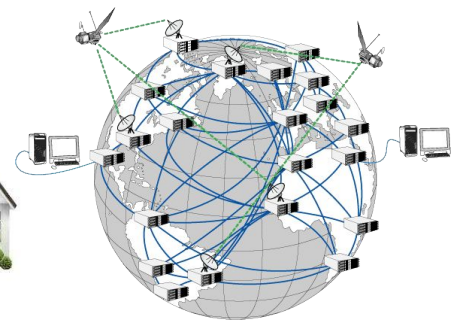
#### MAN (Metropolitan Area Network)



#### WAN (Wide Area Network)



#### Internet



#### Réseaux de petite taille:

- Interconnexion de quelques équipements,
- Distance de quelques mètres.

#### Réseaux de moyenne taille:

- Interconnexion de quelques machines,
- Les équipements se situent dans le même bâtiment/certaines mètres.

#### Réseaux de grande taille:

- Interconnexion de plusieurs LANs,
- Les équipements se situent dans différents bâtiments.

#### Réseaux de très grande taille:

- Interconnexion de plusieurs LANs,
- Interconnexion à l'échelle d'une ville, un pays, ou le monde entier.

#### Réseau universel:

- Plus grand WAN.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ D'autres réseaux:

Intranet

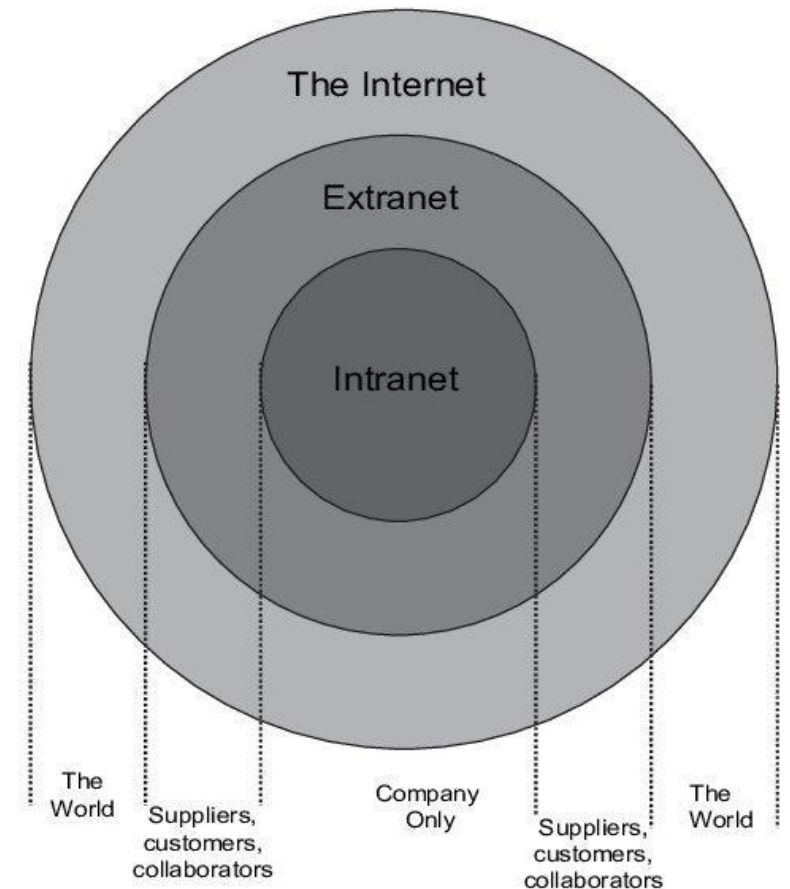
Ensemble d'ordinateurs privés reliés entre eux via un réseau de communication.

Ex: Intranet de l'université Paris 8

Extranet

un réseau qui permet un accès contrôlé à des systèmes ou utilisateurs externes.

Ex: Services bancaires sur Internet



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

- La classification selon le support utilisé pour transporter les données:

#### Transmission filaire

- Câbles réseaux;
- Fibre optique.

#### Transmission sans fil

- Infrarouge (IR);
- Ondes;
- WiFi;
- Bluetooth;
- Etc.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

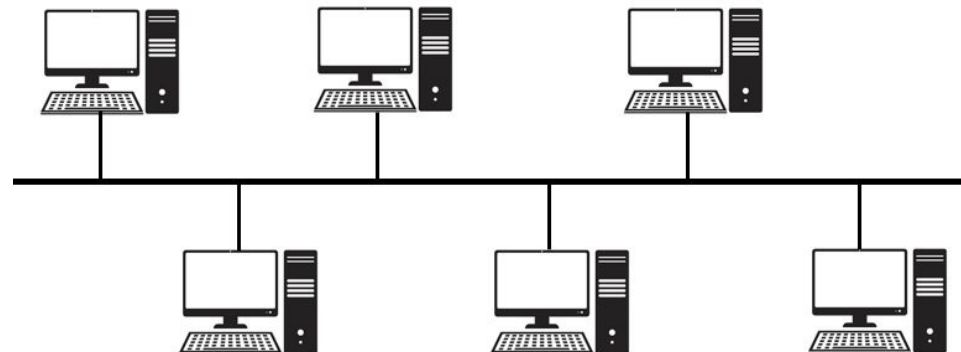
- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

#### Topologie en bus

Cette topologie consiste à relier chaque ordinateur à un bus par l'intermédiaire d'un câble coaxial.

Avantages: simple à déployer.

Défauts : Vulnérabilité en cas de panne, réseau très lent.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

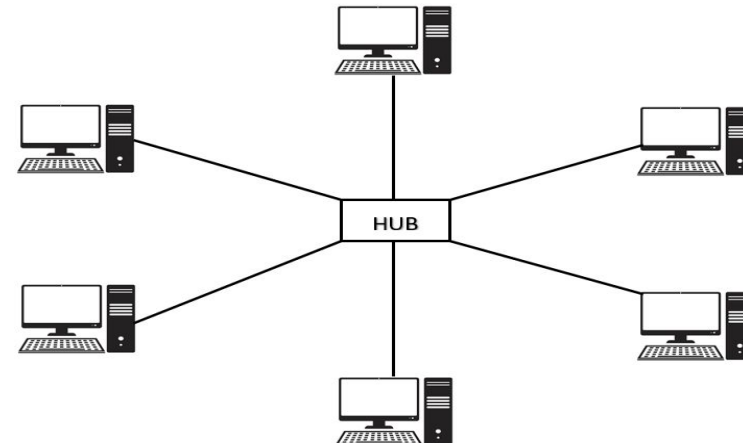
- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

Topologie en étoile

Tous les nœuds du réseau sont connectés à un point central.

Avantages: chaque nœud est indépendant, réseau extensible.

Défauts : Coût de câblage plus élevé, la défaillance du nœud central impacte tout le réseau .



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

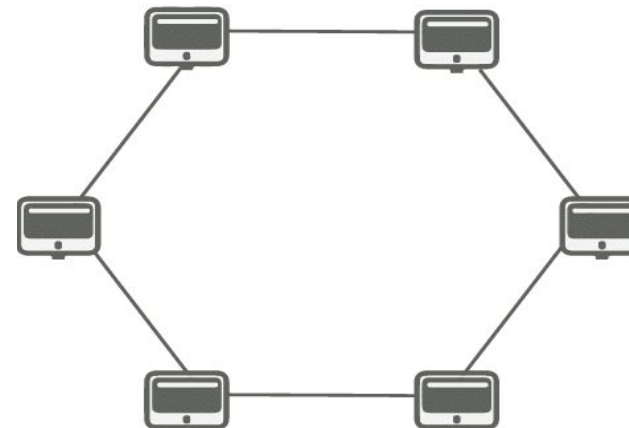
- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

Topologie en anneau

Tous les nœuds sont reliés en formant un circuit en boucle.

Avantages: Une rupture de câble peut être facilement contournée dans le cas d'un signal bidirectionnel.

Défauts : Si une machine envoie un message à une autre éteinte le réseau sera bloqué.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

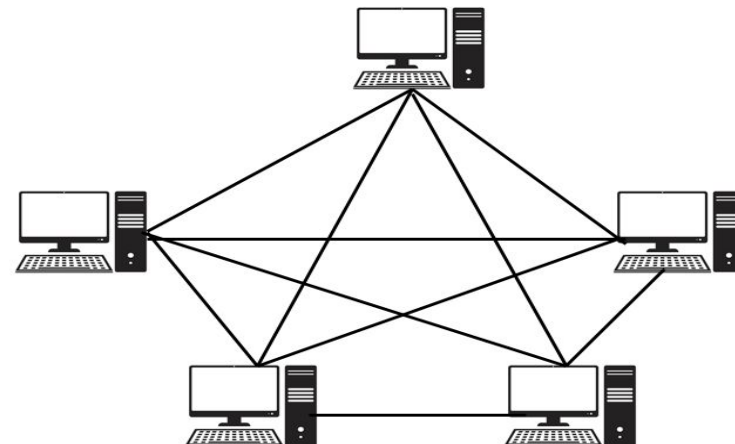
- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

Topologie maillée

Chaque nœud est directement lié à plusieurs machines (ou toutes les machines).

Avantages: Machines indépendantes, réseau robuste face aux pannes.

Défauts : Coût de câblage très élevé.





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

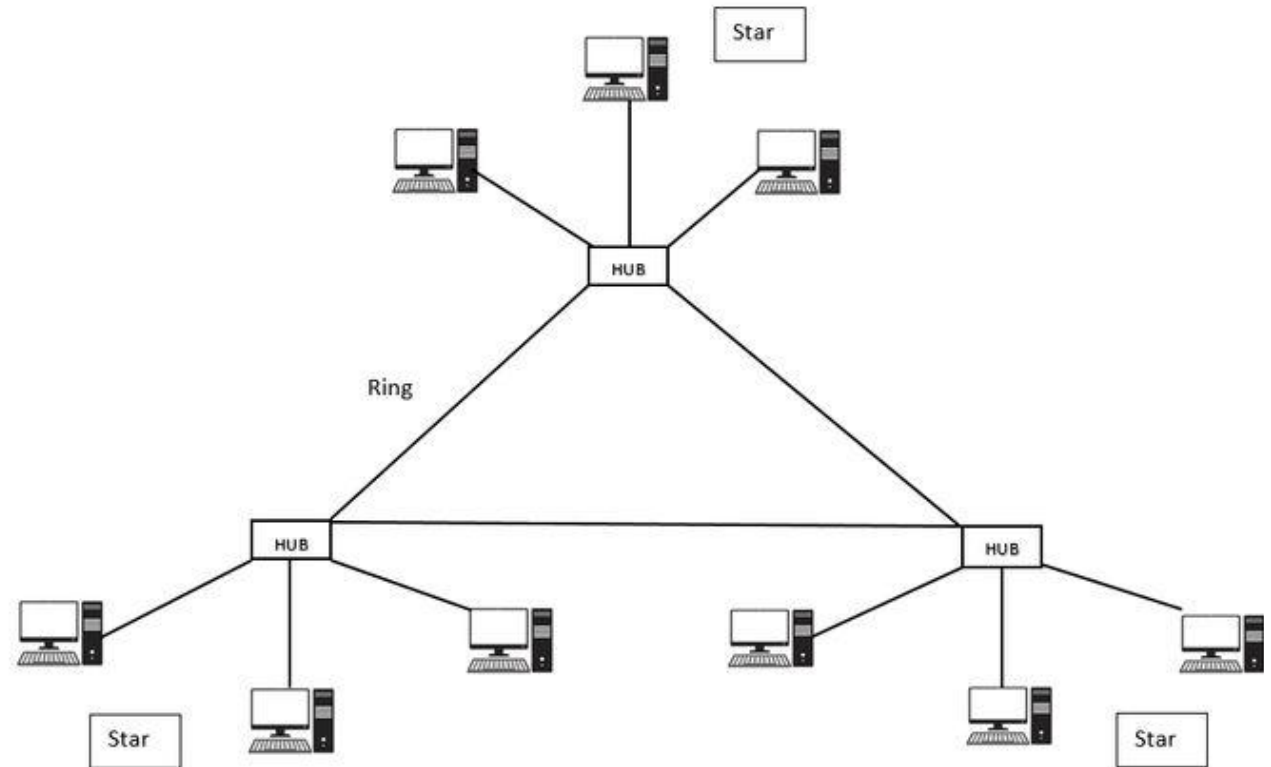
## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

#### ■ La classification par topologie:

- Bus
- Étoile
- Anneau
- Maillée
- Arbre
- Hybride

Topologie hybride



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

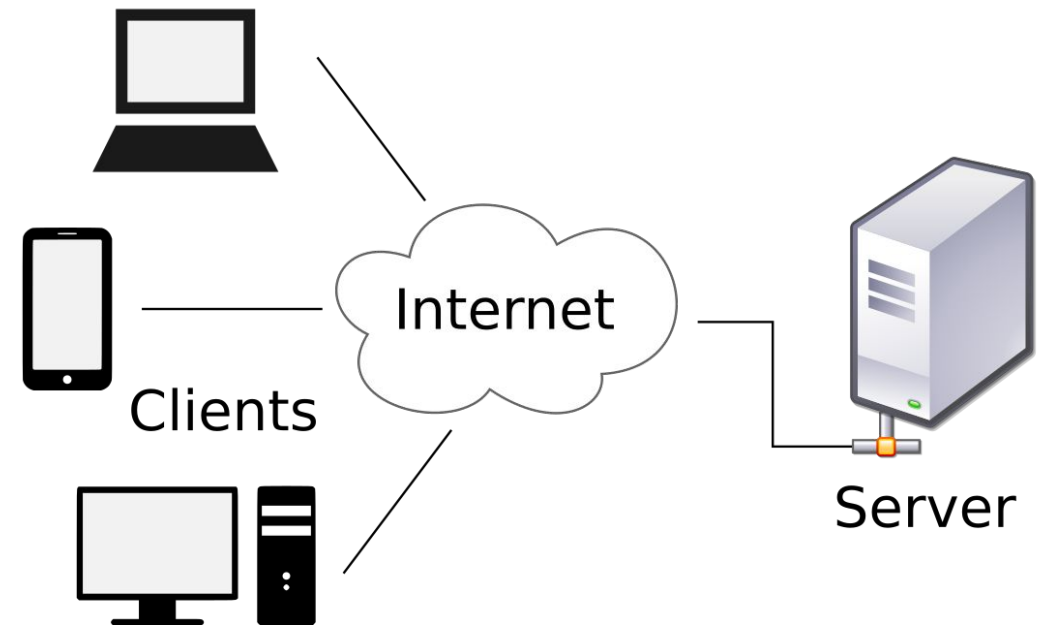
#### ■ La classification par architecture:

##### ○ Client-serveur (Client-server):

Cette architecture décrit le fonctionnement coopératif entre un serveur et un client.

**Serveur:** une machine qui offre un service sur le réseau. Le serveur reçoit des requêtes, les traite et renvoie une réponse à l'utilisateur.

**Client:** une machine qui utilise le service offert par un serveur. Le client envoie une requête et reçoit une réponse.





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

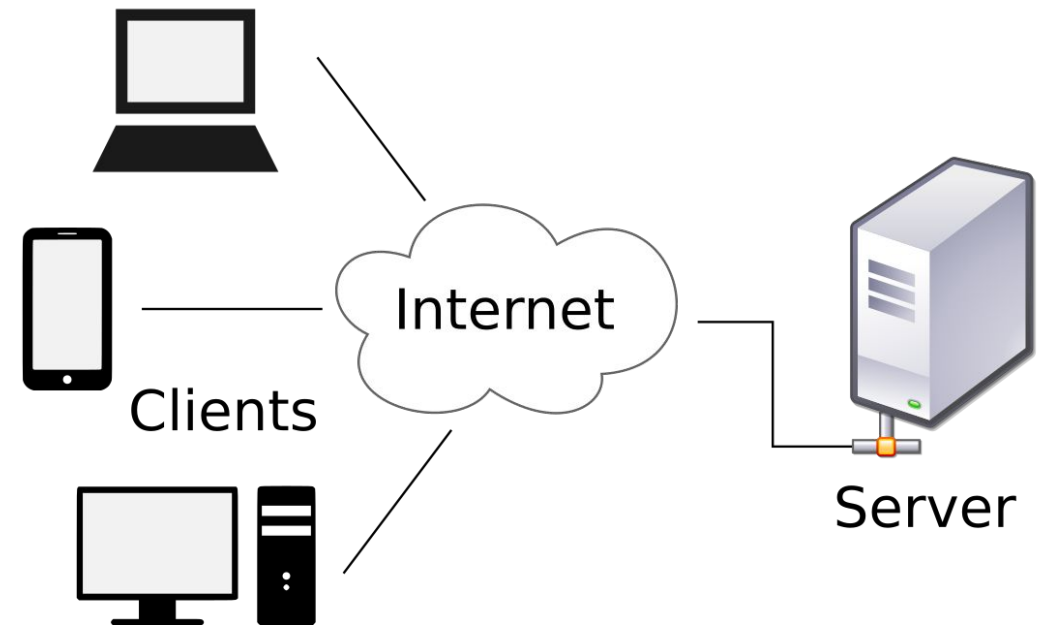
C. Quels sont les types des réseaux?

■ La classification par architecture:

○ Client-serveur (Client-server):

Avantages: Simplicité de fonctionnement, disponibilité immédiate des données, meilleure sécurité.

Inconvénients: Coût élevé.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

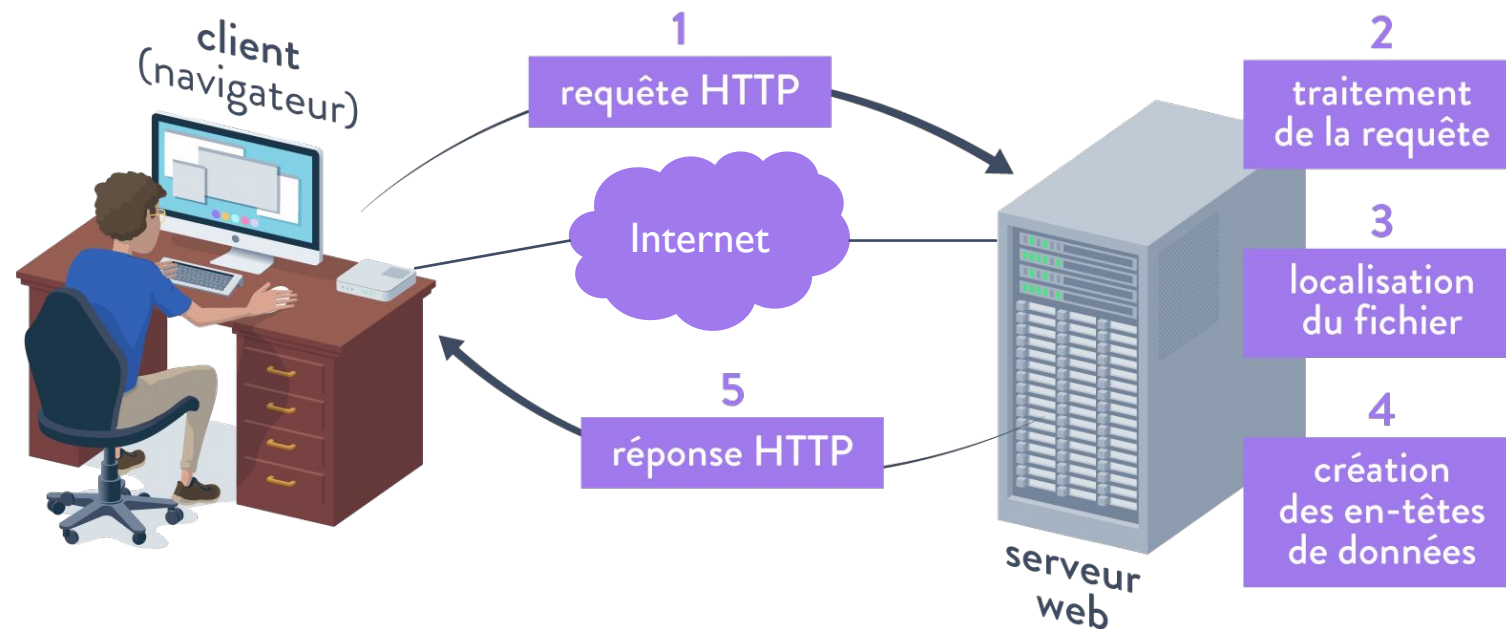
#### ■ La classification par architecture:

#### ○ Client-serveur (Client-server):

#### Vue de l'utilisateur:

- On clique sur un lien;
- Une page web s'affiche.

### Une requête sur le web



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

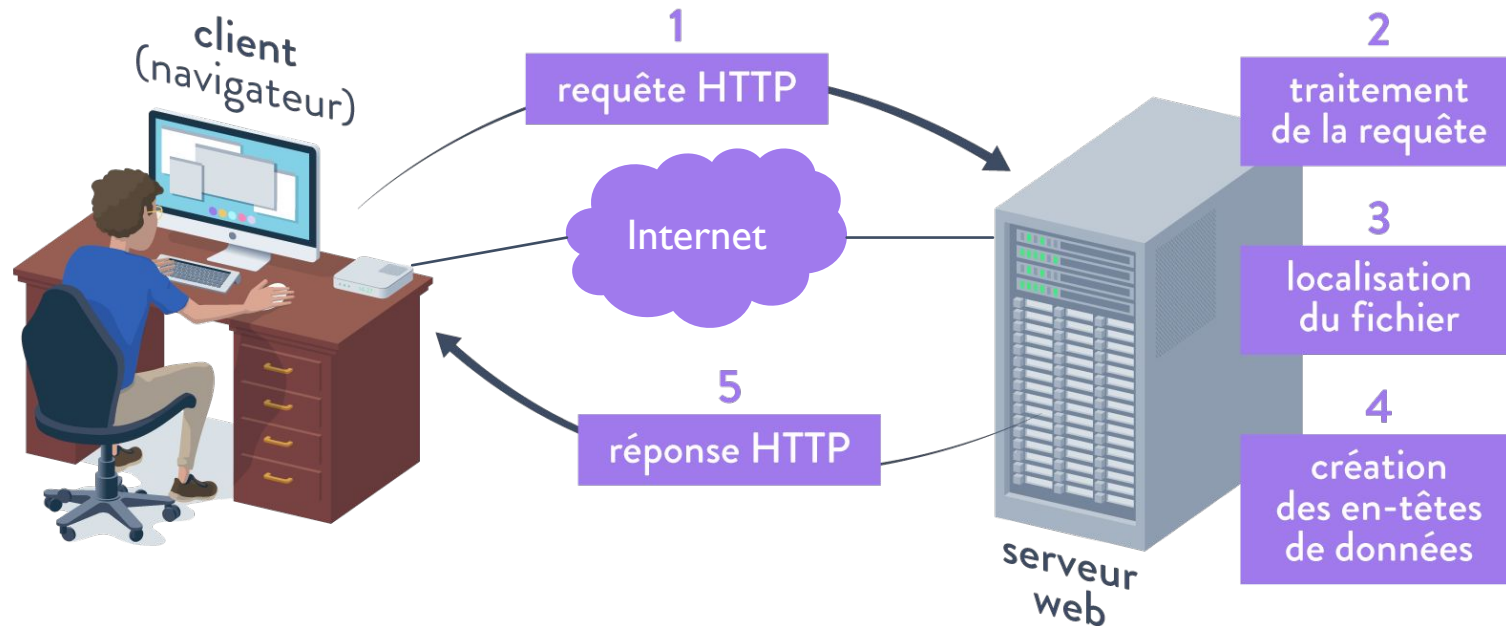
#### ■ La classification par architecture:

#### ○ Client-serveur (Client-server):

##### Sur la station client:

- Le programme navigateur envoie la requête au serveur associé au lien;
- Le programme “navigateur” reçoit un fichier HTML qu’il affiche sur l’écran.

### Une requête sur le web



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

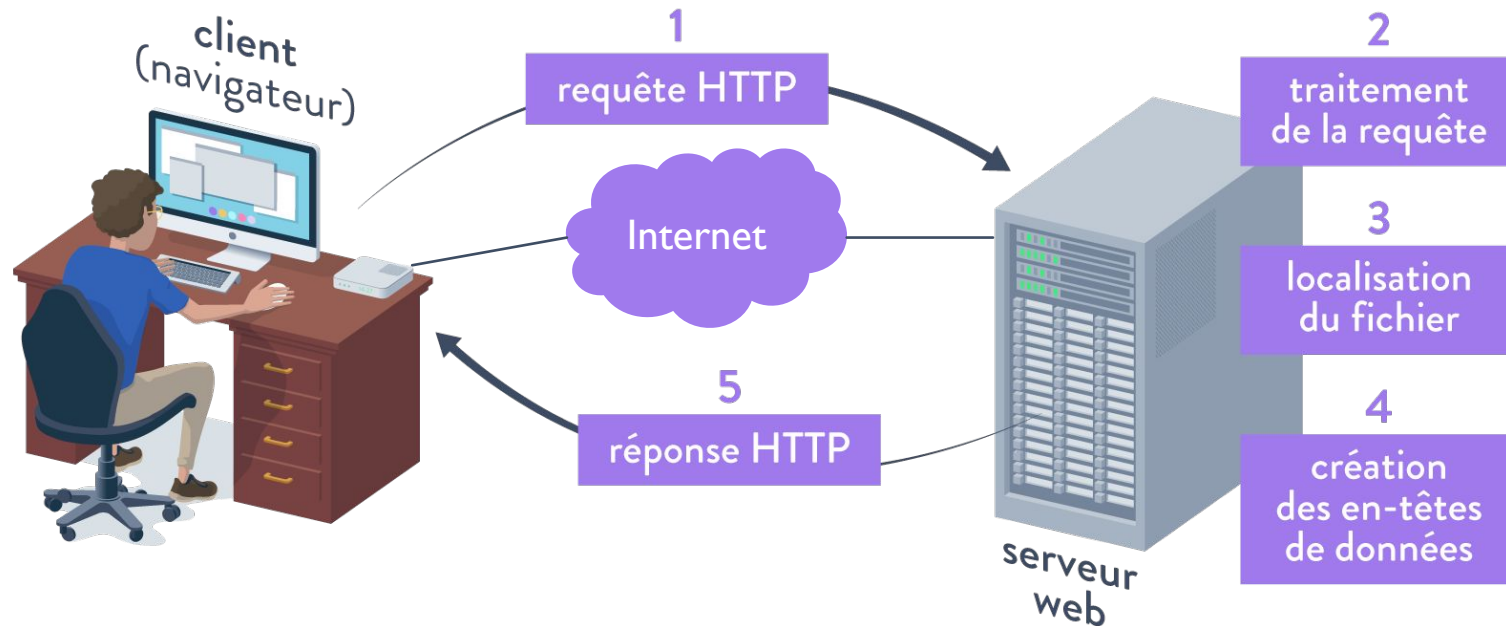
#### ■ La classification par architecture:

#### ○ Client-serveur (Client-server):

#### Sur le réseau:

- Il faut localiser le serveur ;
- Transporter la requête depuis la station client vers le serveur;
- Transporter les fichiers depuis le serveur vers la station client.

### Une requête sur le web



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## I) INTRODUCTION

### C. Quels sont les types des réseaux?

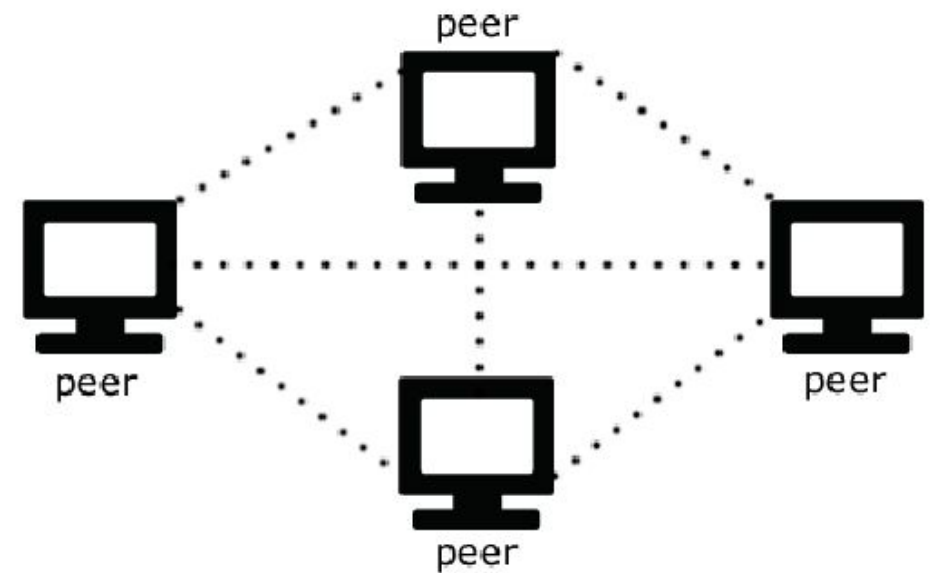
#### ■ La classification par architecture:

#### ○ Poste-à-poste (Peer-to-peer):

Connexion directe entre deux ou plusieurs ordinateurs, où chacun joue à la fois le rôle du client et du serveur.

Avantages: gestion décentralisée de la communication, solution moins coûteuse, aucune hiérarchie entre les utilisateurs, anonymat.

Inconvénients : Faible sécurité, partage illégal des fichiers.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

A. Modes de transmission

B. Le transfert de l'information

C. Commutation (switching)

D. Services de transport

E. Modes d'envoi:

F. Notion de protocole

G. Modèles en couches

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### A. Modes de transmission:

#### Simplex

- Communication unidirectionnelle;
- Un expéditeur peut envoyer des données mais ne peut pas recevoir;
- Performance réduite;
- Ex: Clavier, moniteur.

#### Half duplex

- Communication bidirectionnelle mais une à la fois;
- Un expéditeur peut envoyer et recevoir des données mais un à la fois;
- Meilleure performance que le simplex;
- Ex: Talkie-walkie.

#### Full duplex

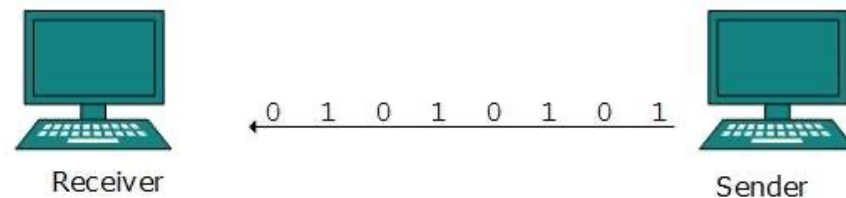
- Communication bidirectionnelle simultanée;
- Un expéditeur peut envoyer et recevoir des données simultanément;
- Meilleure performance car il double l'utilisation de la bande passante;
- Ex: Téléphone.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### B. Le transfert de l'information

- Types d'informations transmises par les réseaux informatiques:
  - Données, sons, images, vidéos, ...
- Sur les ordinateurs, les données sont binaires (0 et 1).
- Sur les câbles électriques, fibres optiques ou ondes hertziennes, les données sont des signaux .





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### B. Le transfert de l'information

- La plus petite quantité d'information : quantum d'information **Bit** (Binary DigiT)
- Le **débit** est la quantité d'information que le réseau peut véhiculer par unité du temps.
- Le temps nécessaire pour transmettre une quantité **Q** de données sur un réseau offrant un débit **D**:

$$T = Q/D$$

- Le débit **D** du réseau est donc:

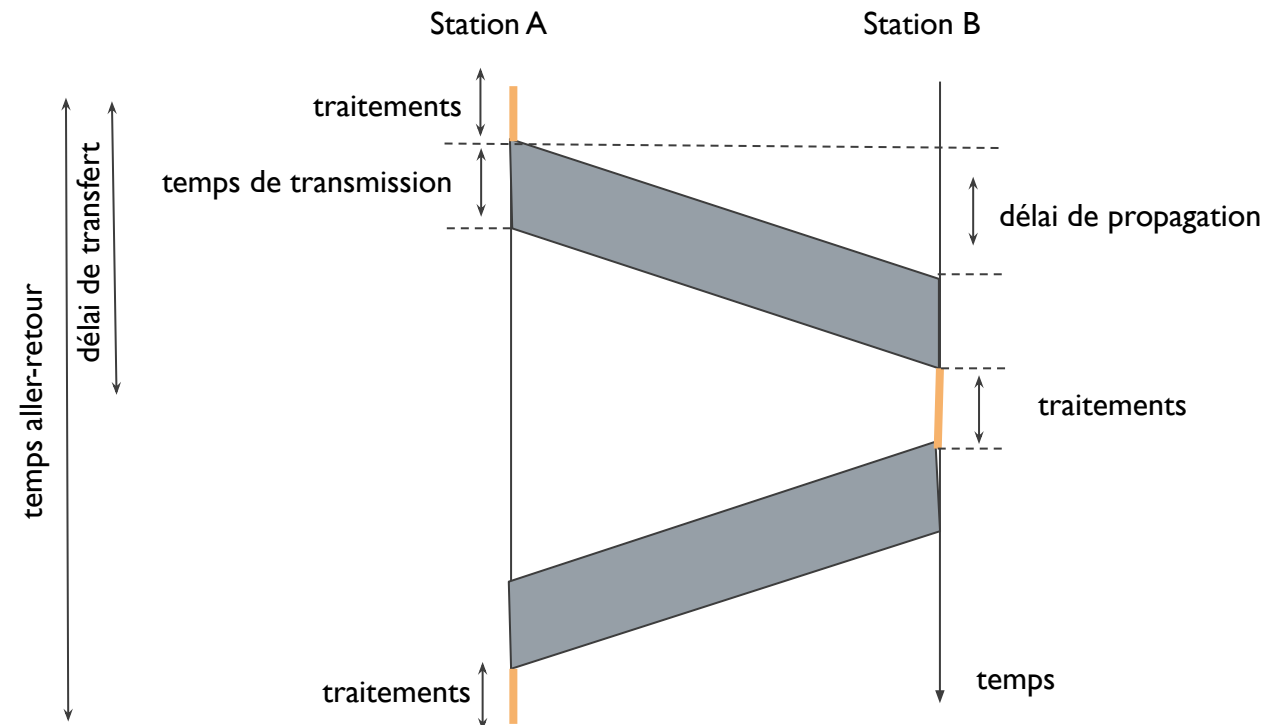
$$D = Q/T$$

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### B. Le transfert de l'information

- $\text{Délai de transfert} = \text{Temps de transmission} + \text{temps de propagation} + \text{retards (traitements)}$
- Temps de propagation: éloignement, équipements intermédiaires, vitesse de propagation, ...
- Temps d'aller-retour:  
 $(\text{transmission} + \text{propagation} + \text{traitements}) * 2$

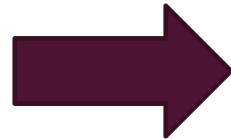


# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### C. Commutation (switching):

La commutation est la manière de faire passer l'information de l'émetteur au récepteur.



- Commutation de circuits
- Commutation de messages
- Commutation de paquets

- Un commutateur (Switch):

C'est un équipement qui relie plusieurs segments (câbles ou fibres) dans un réseau informatique.

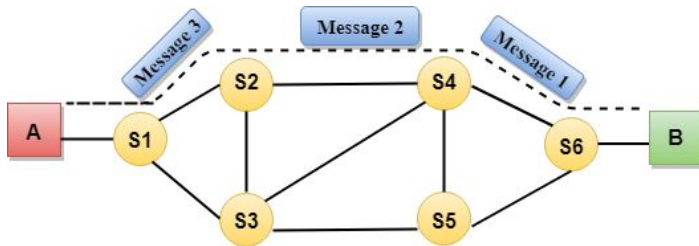


# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

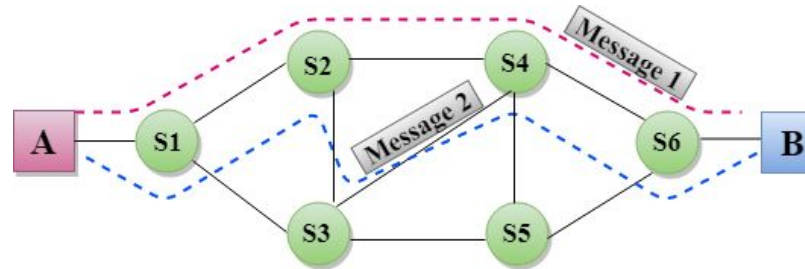
### C. Commutation (switching):

#### Commutation de circuits



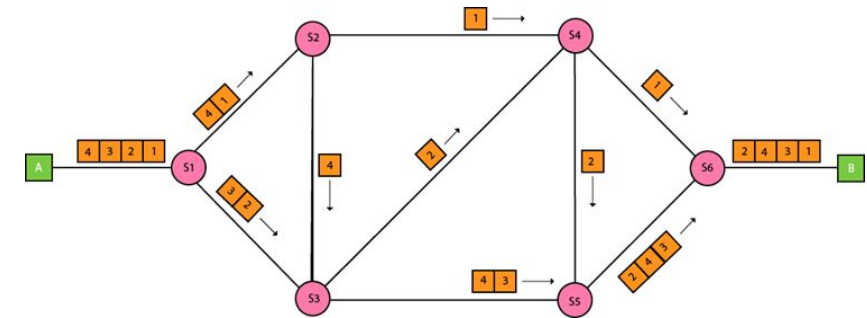
- Un chemin est établi entre les abonnés au début de la communication et est réservé jusqu'à la fin.

#### Commutation de messages



- Les messages se propagent de nœud en nœud. Chaque nœud conserve le message jusqu'à ce qu'un chemin approprié soit disponible.

#### Commutation de paquets



- L'information est découpée en paquets qui sont transportés de point en point à l'autre extrémité du réseau.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### D. Service de transport:

#### Service orienté connexion

- Connexion préalable requise;
- Transfert fiable de données;
- Congestion peu probable;
- Retransmission possible de données perdues;
- Les paquets voyagent séquentiellement vers leur nœud de destination et suivent le même itinéraire;
- Retard dans le transfert des informations;
- Allocation de ressources requise.

#### Service sans connexion

- Connexion non requise;
- Fiabilité non garantie;
- Congestion probable;
- Impossible de retransmettre les données perdues ;
- Les paquets atteignent la destination au hasard sans suivre le même itinéraire;
- Transmission plus rapide;
- Aucune allocation préalable n'est requise.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

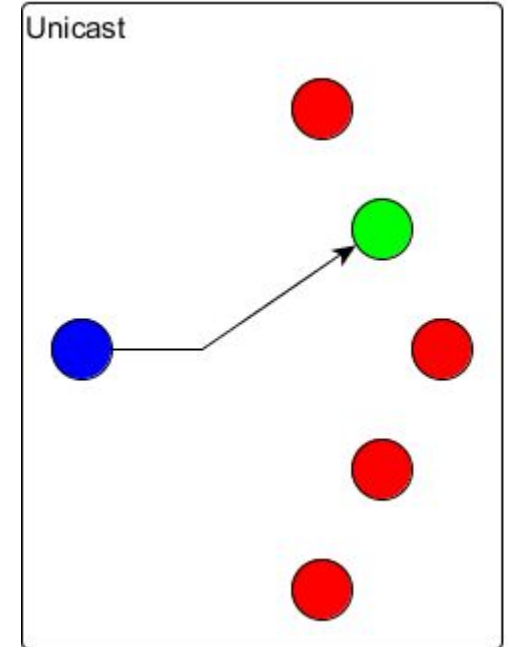
### E. Modes d'envoi:

Unicast

Multicast

Broadcast

- Une source + une destination



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

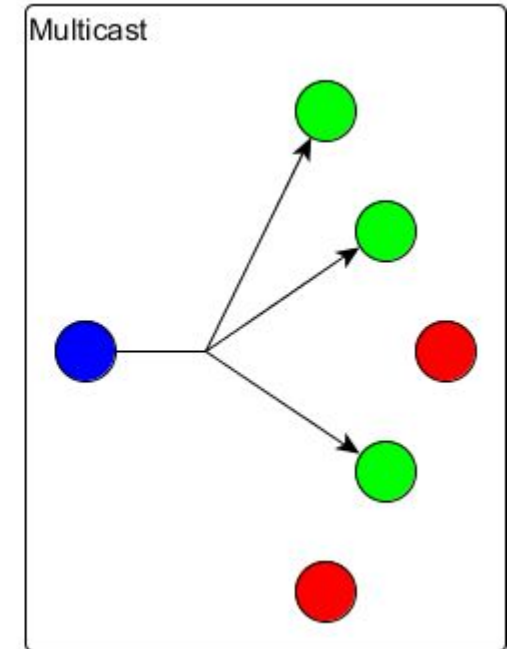
### E. Modes d'envoi:

Unicast

Multicast

Broadcast

- Une source + quelques noeuds destination



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

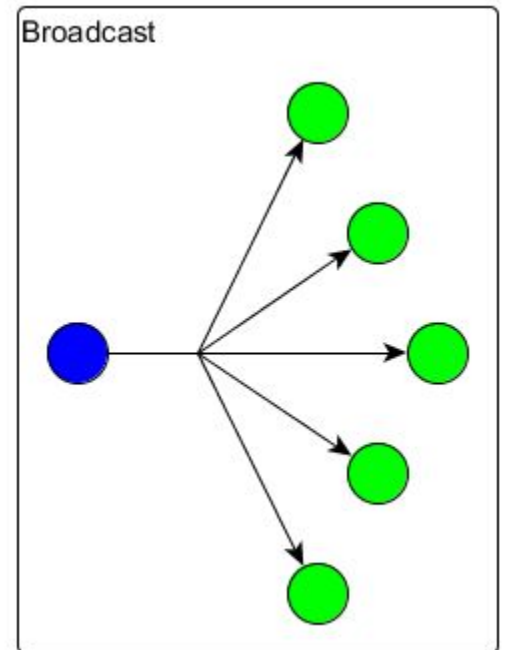
### E. Modes d'envoi:

Unicast

Multicast

Broadcast

- Une source + toutes les cibles possibles





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### F. Notion de protocole:

« For two parties to communicate, they must have a shared conceptual schema; they must have a **common language** or **protocol** and some common understanding about what strings in the language stand for ».

John Day

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### F. Notion de protocole:

- Qu'est ce qu'un protocole?

Ensemble de conventions définissant les échanges entre des entités qui coopèrent pour réaliser un service.

- Relation entre les protocoles et les interfaces:

Une interface définit l'accès à un service, un protocole définit la réalisation d'un service.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches:

- Qu'est ce qu'un modèle en couche?

Décomposition hiérarchique de l'ensemble des mécanismes à mettre en œuvre en une série de couches.

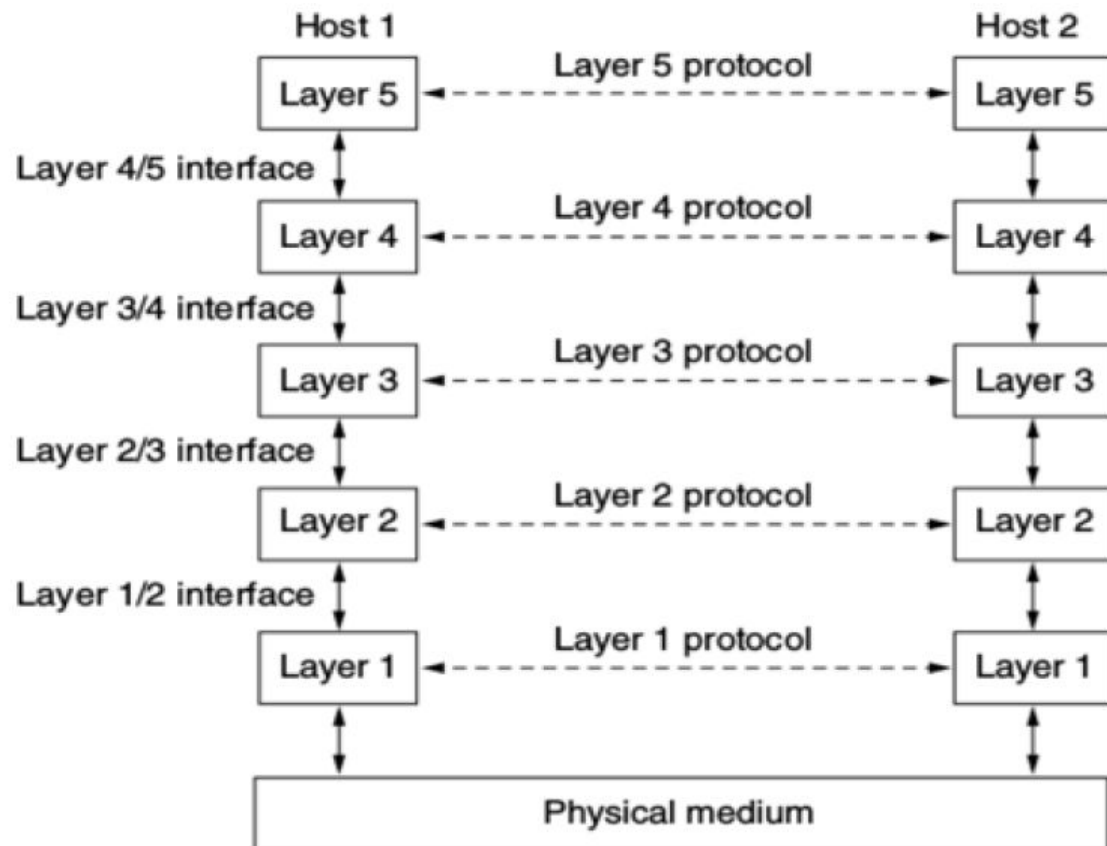
- Quel est l'objectif de ce modèle?

Réduire la complexité de conception des réseaux informatiques.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches:

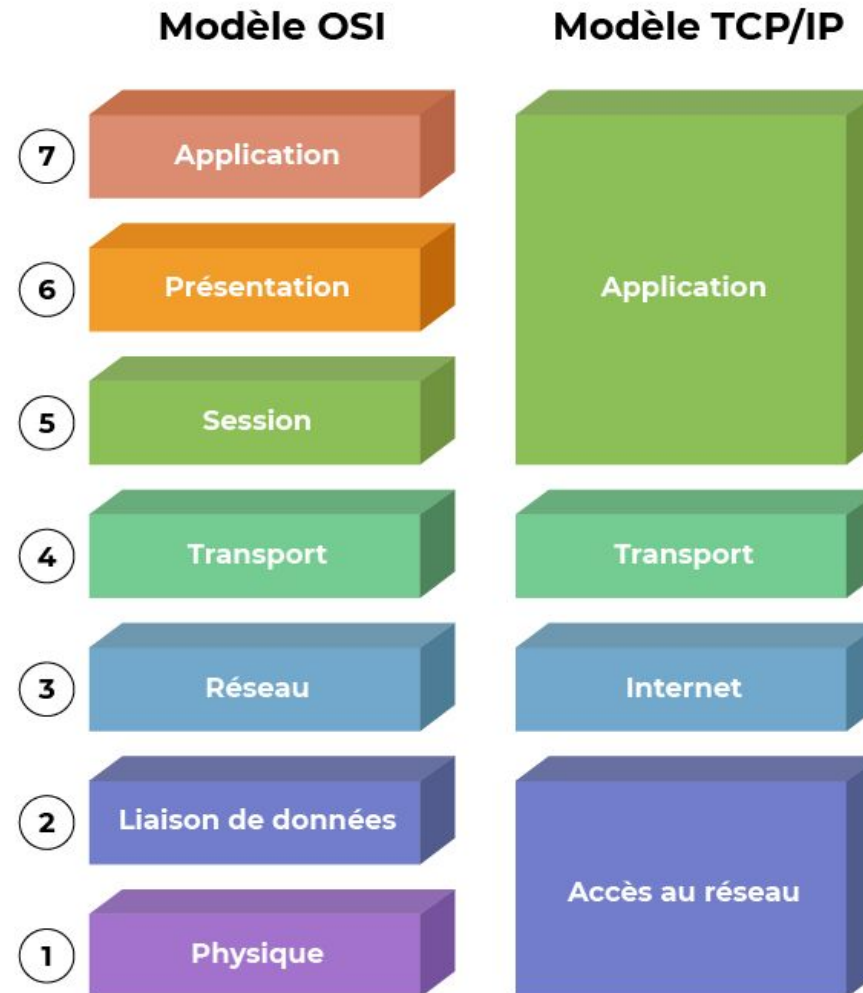


- Une couche est spécialisée dans un ensemble de fonctions particulières. Elle utilise les fonctionnalités de la couche inférieure et propose ses fonctionnalités à la couche supérieure.
- Le protocole d'une couche N: définit l'ensemble des règles ainsi que les formats et la signification des objets échangés, qui régissent la communication entre les entités de la couche N.
- Le service d'une couche N définit l'ensemble des fonctionnalités possédées par la couche N et fournies aux entités de la couche N+1 à l'interface N/N+1.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

G. Modèles en couches:



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

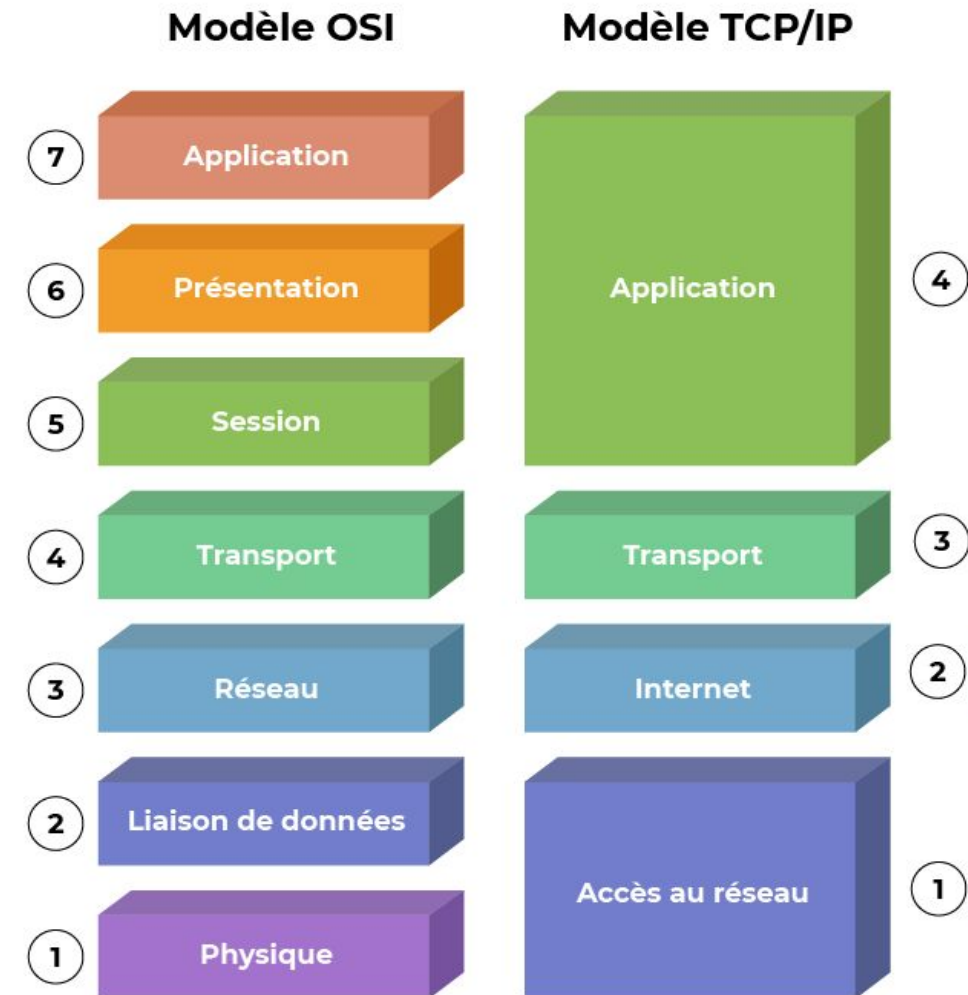
## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches:

- **OSI (Open Systems Interconnection):** Un modèle théorique qui décrit la manière dont les différents composants logiciels et matériels impliqués dans une communication en réseau se répartissent les tâches et interagissent les uns avec les autres.
- **TCP/IP:** Une approche pratique utilisée comme modèle de réseau de référence pour Internet.

TCP: définit la manière dont des applications créent des canaux de communication fiables à l'échelle du réseau.

IP: définit la manière dont les ordinateurs peuvent se transmettre des données via un ensemble routé de réseaux interconnectés.



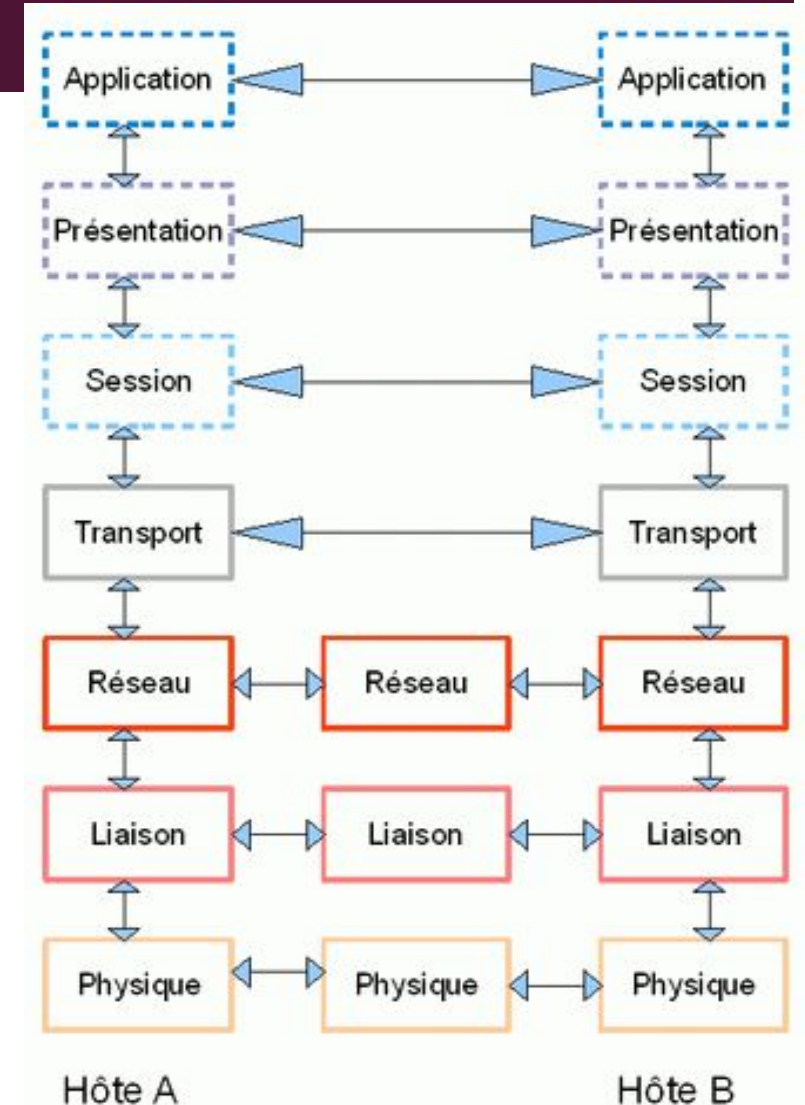
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches:

- Le processus de communication:

1. Création de données au niveau de la couche application de l'hôte source;
2. Segmentation et encapsulation des données lorsqu'elles vont descendre la pile de protocoles dans l'hôte source;
3. Génération des données sur les différents supports qui se trouvent au niveau de la couche d'accès au réseau dans la pile;
4. Transport des données à travers l'inter-réseau, qui est composé de supports et de périphériques intermédiaires;
5. Réception des données par la couche d'accès au réseau de l'hôte de destination;
6. Décapsulation et assemblage des données lorsqu'elles remontent la pile au niveau de l'hôte de destination;
7. Transmission des données à l'application de destination.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

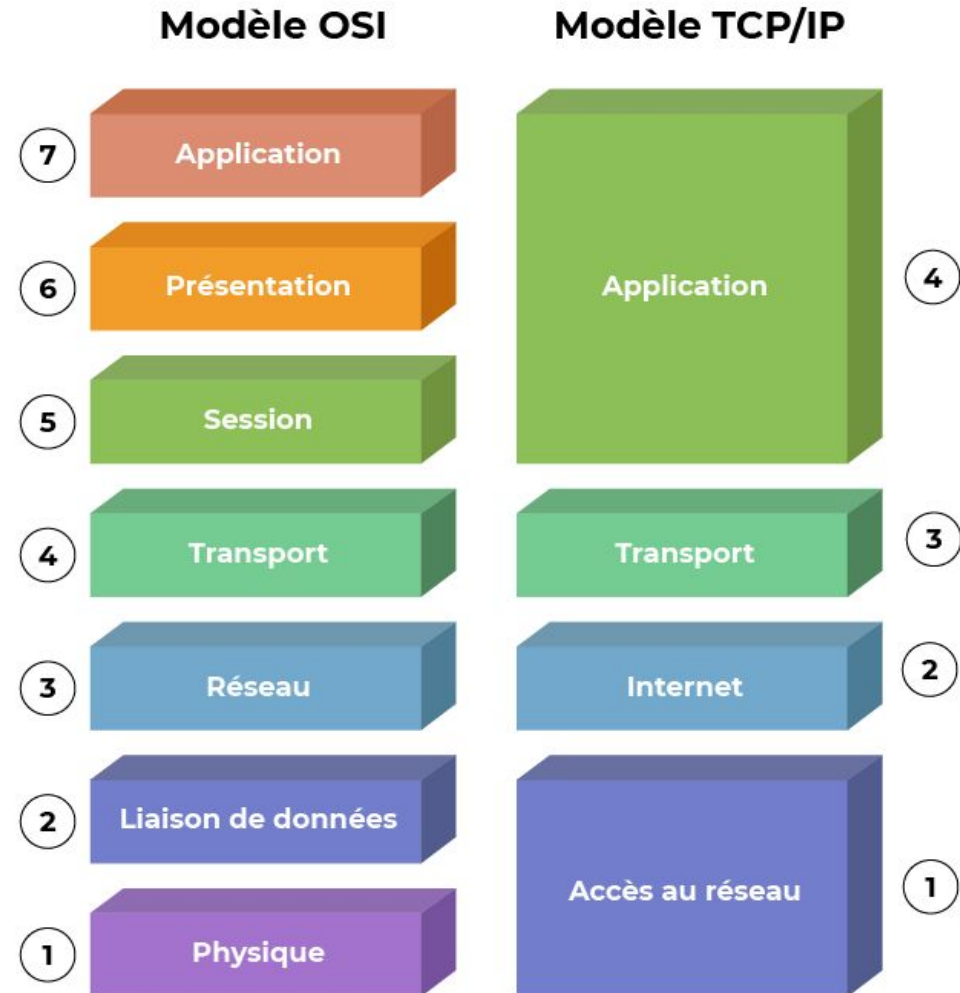
## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif: assurer la transmission de bits entre les entités physiques: ETTD & ETCD
  - ❑ ETTD: équipement terminal de traitement de données
  - ❑ ETCD: équipement terminal de circuit de données
- Unité d'échanges: le bit
- Services:
  - ❑ La nature et caractéristiques du médium de communication;
  - ❑ Le mode de transmission sur le réseau;
  - ❑ Le choix du codage de bits;
  - ❑ Les tensions et fréquences utilisées.



1





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

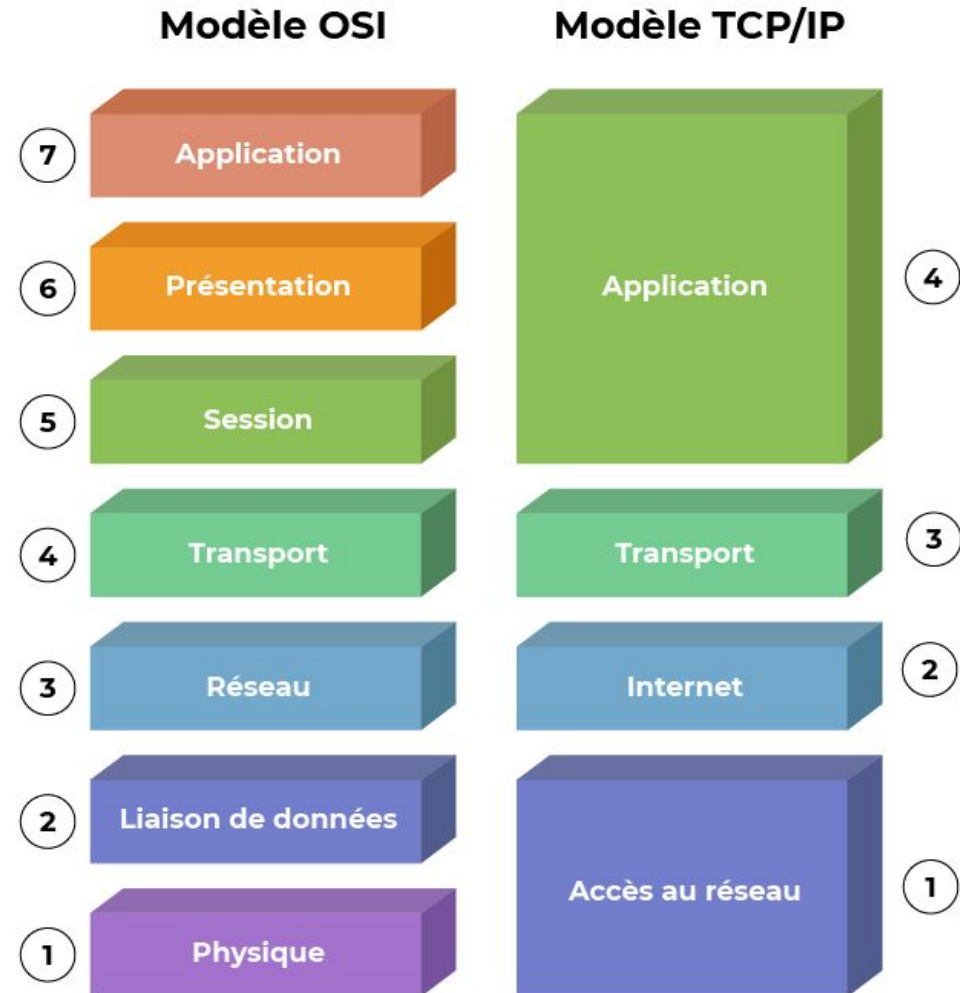
## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ☐ Assurer une transmission fiable entre deux systèmes;
  - ☐ Détecter et corriger les erreurs issues de la couche inférieure
- Unité d'échanges: la trame (frame)
- Services:
  - ☐ Structuration de données en trames;
  - ☐ Contrôle d'erreur en émission et réception;
  - ☐ Définition des règles de synchronisation.



2



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

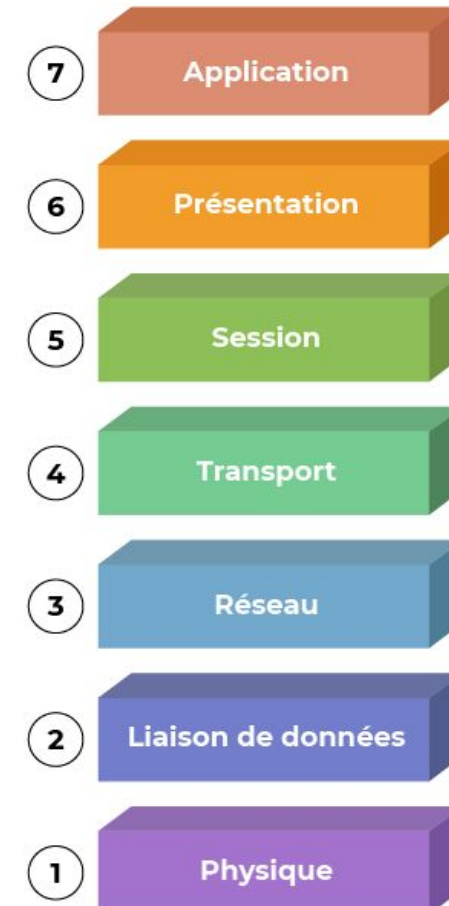
### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ❑ Assurer l'acheminement des messages à travers le réseau;
  - ❑ Acheminement de bout-en-bout.
- Unité d'échanges: le paquet (packet)
- Services:
  - ❑ Le routage: déterminer un chemin permettant de relier deux périphériques finaux;
  - ❑ La commutation des paquets à travers le réseau.

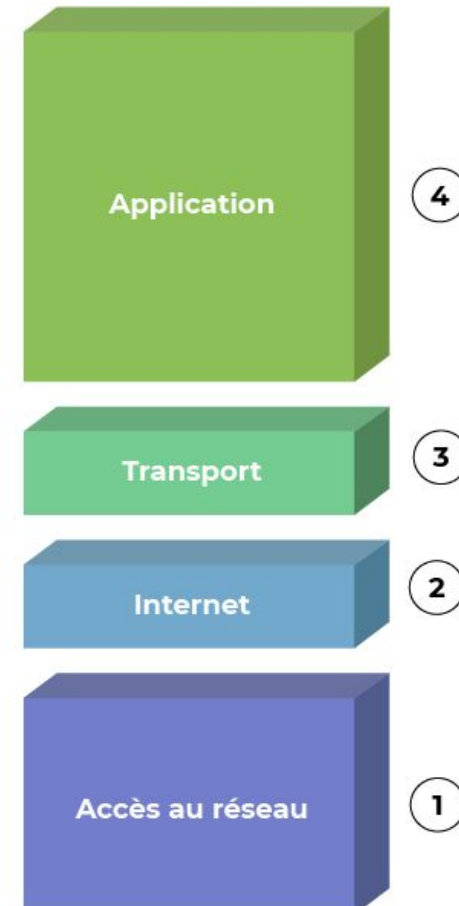


3

### Modèle OSI



### Modèle TCP/IP



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

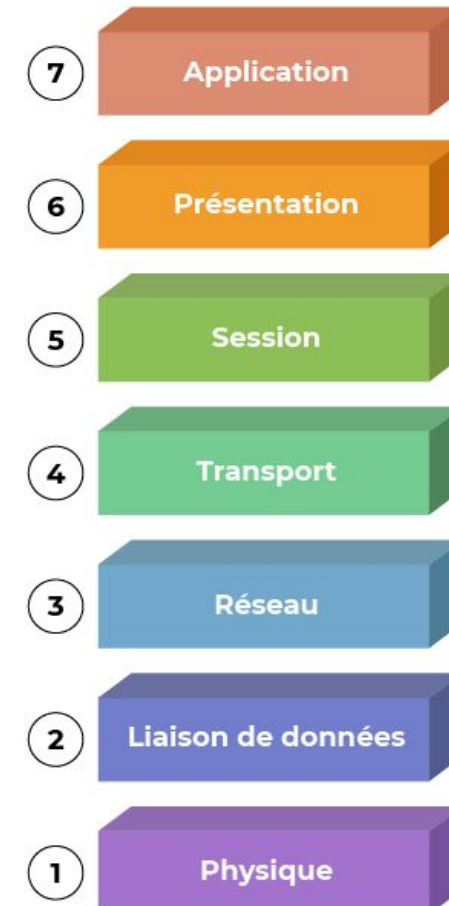
### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ☐ Acheminement de bout-en-bout.
- Unité d'échanges: le segment
- Services:
  - ☐ Multiplexage/démultiplexage;
  - ☐ Prendre en charge la fragmentation en paquets et leur regroupement.

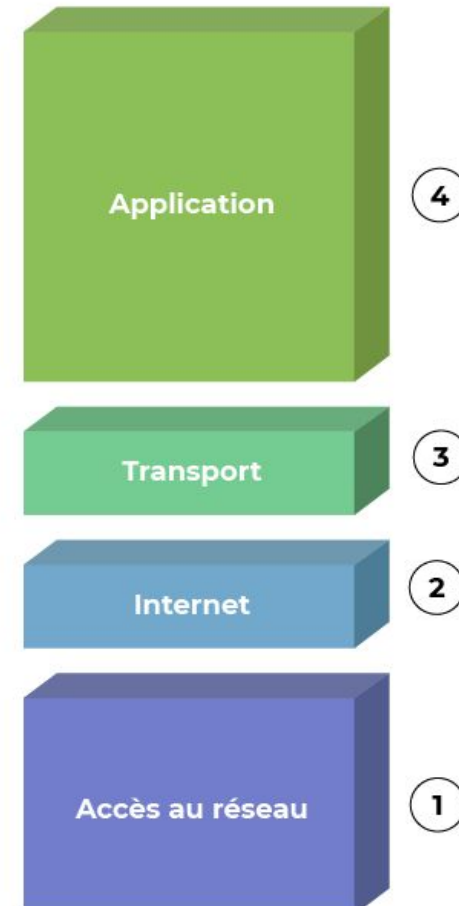


4

### Modèle OSI



### Modèle TCP/IP



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

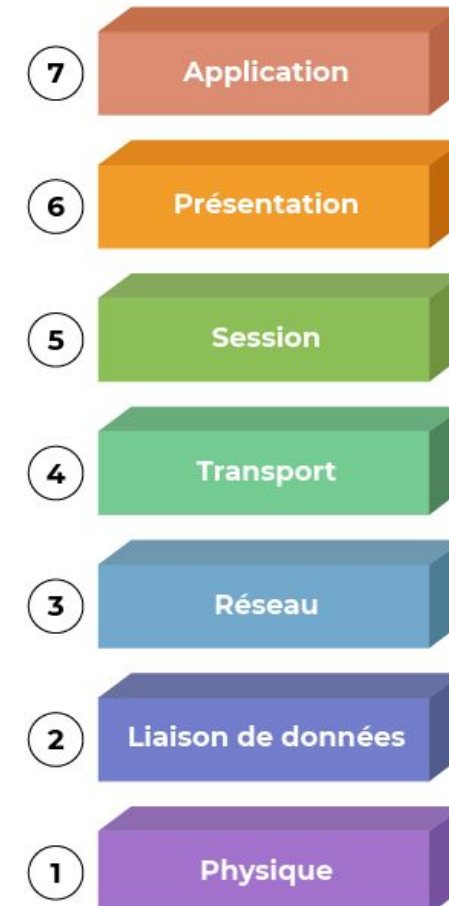
### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ❑ Fournir un ensemble de services pour la coordination des applications.
- Unité d'échanges: le datagramme
- Services:
  - ❑ Etablissement de connexion entre les applications;
  - ❑ Définition de points de synchronisation en cas d'erreur.

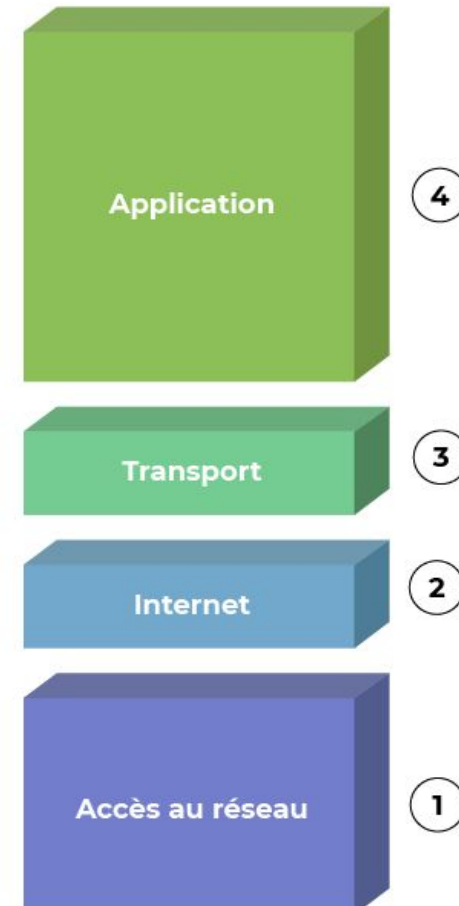


5

### Modèle OSI



### Modèle TCP/IP

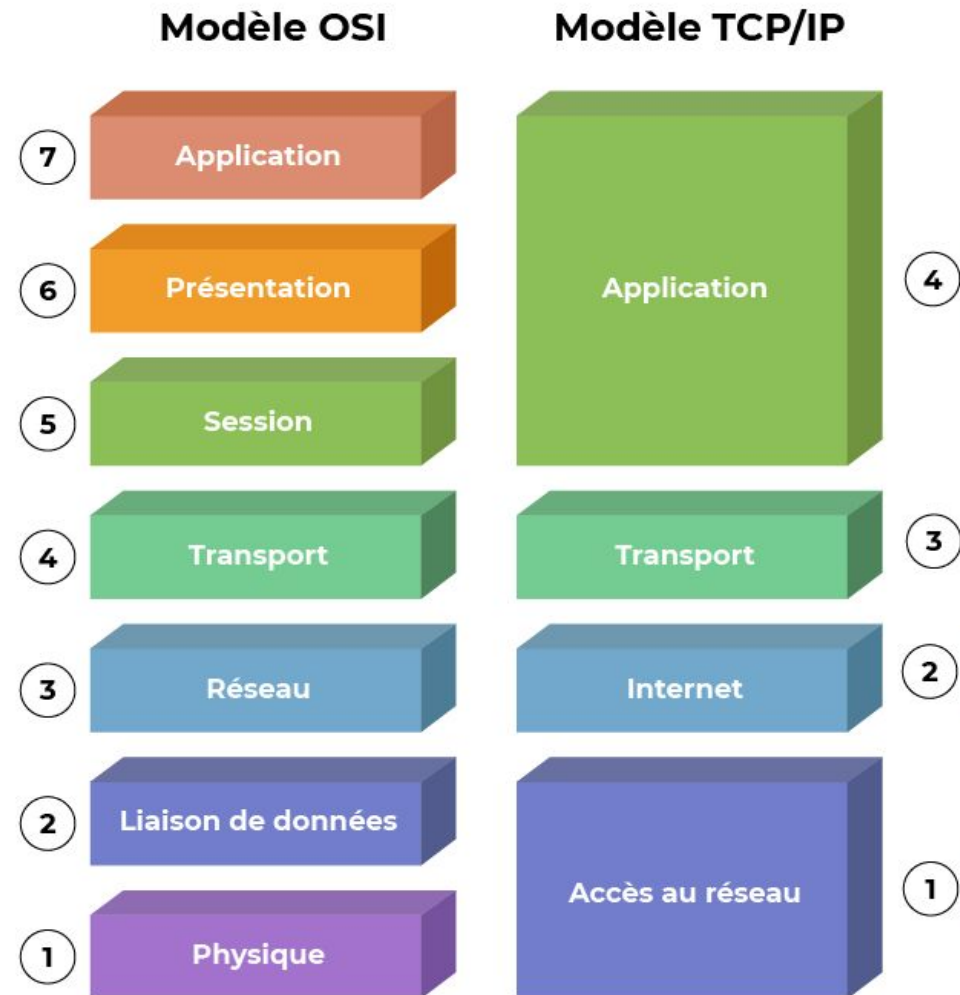


# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ❑ Permettre la manipulation des objets typés plutôt que des bits;
  - ❑ Fournir une représentation standard pour ces objets.
- Unité d'échanges: le datagramme
- Services:
  - ❑ Définition d'une notation abstraite pour les objets typés;
  - ❑ Compression / Cryptage.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

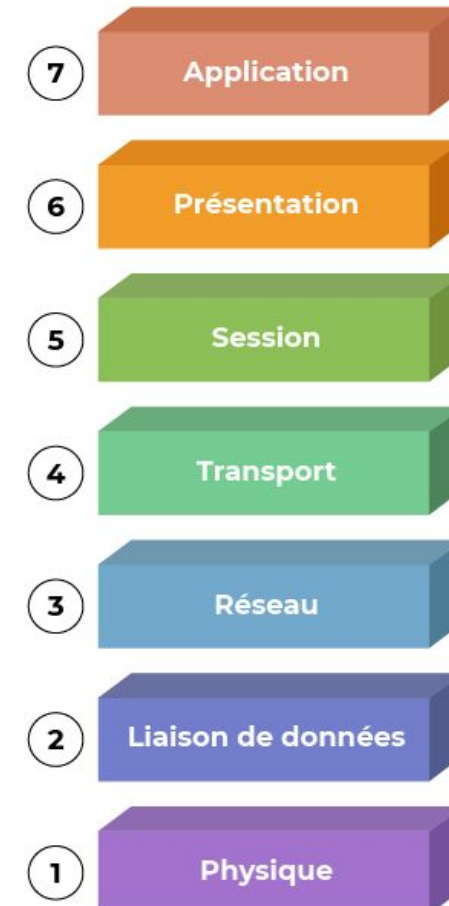
### G. Modèles en couches: OSI

- Objectif:
  - ❑ Apporter à l'utilisateur les services de base offerts par le réseau.
- Unité d'échanges: le datagramme
- Services:
  - ❑ Exemples d'applications standards: FTP, SMTP, WEB, ....
  - ❑ Terminaux virtuels: Telnet...

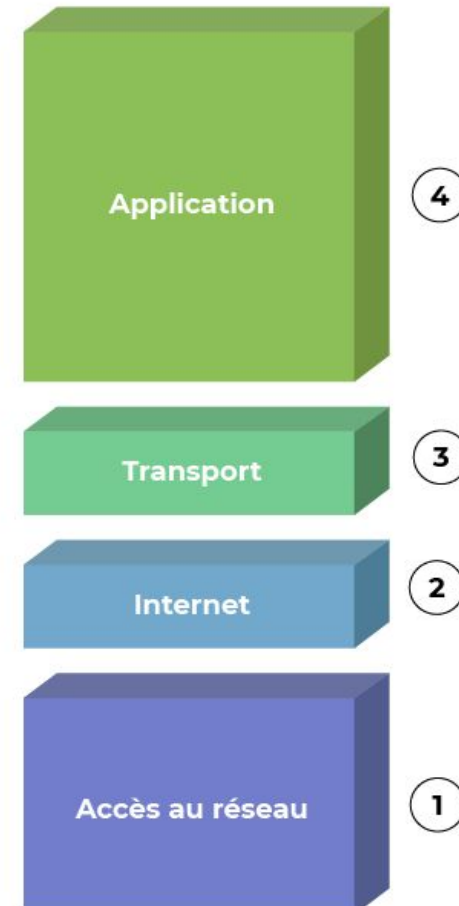


7

#### Modèle OSI



#### Modèle TCP/IP



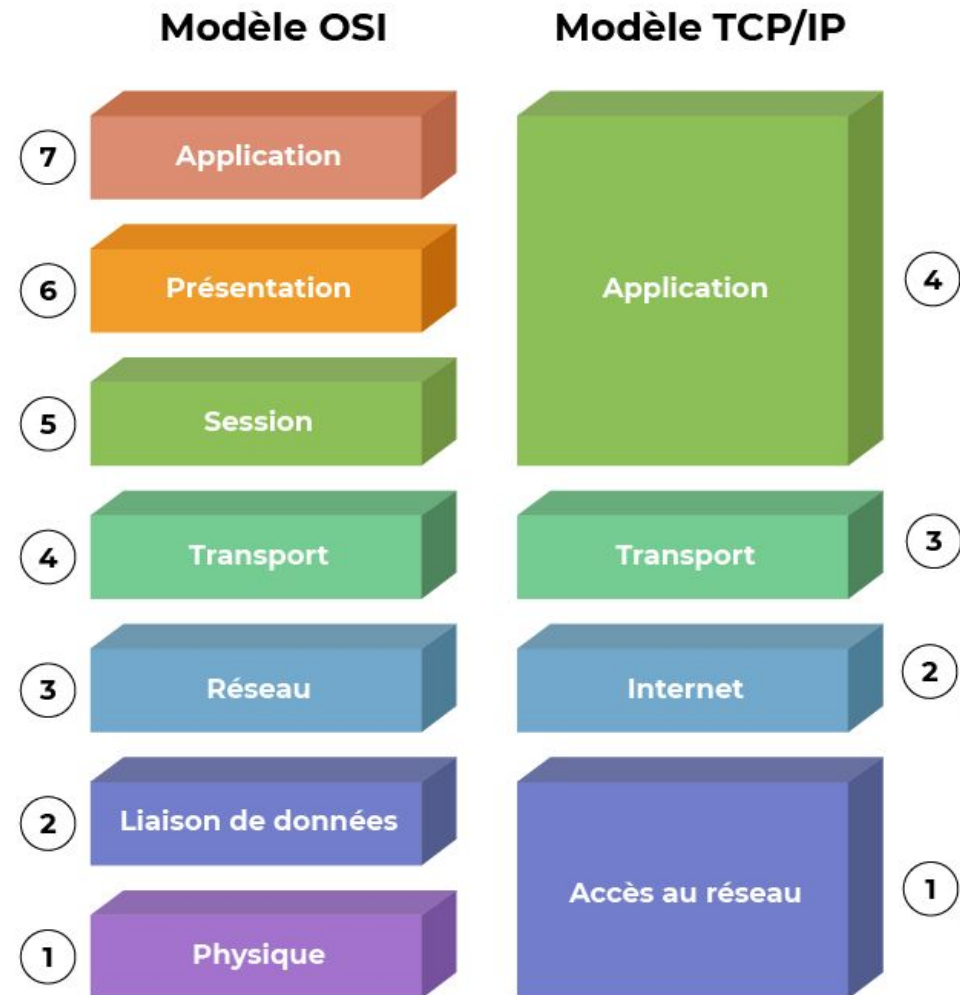
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: TCP/IP



- Cette couche regroupe les couches physique et de liaison des données du modèle OSI.
- Objectif:
  - ❑ Fournir le moyen de délivrer des données aux systèmes rattachés au réseau.



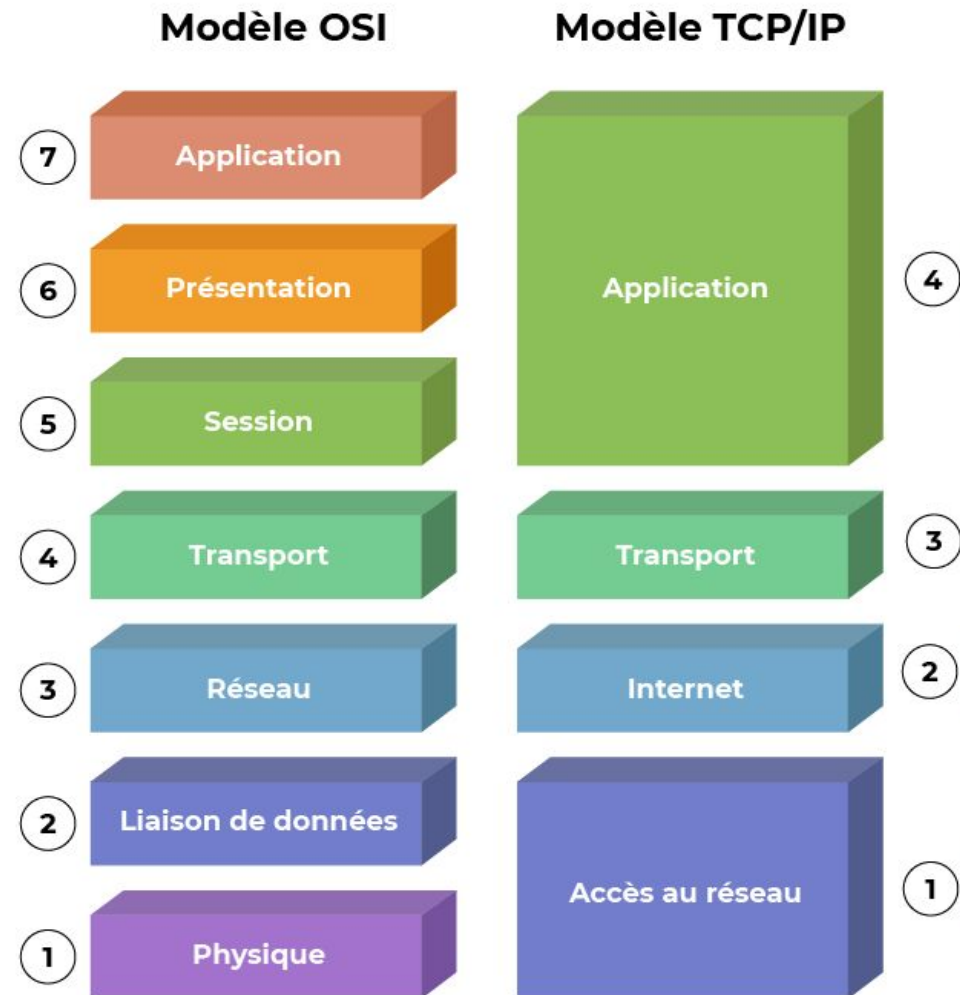
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: TCP/IP



- L'équivalent de cette couche dans le modèle OSI est la couche Réseau.
- Objectif:
  - ❑ Assurer la transmission des paquets d'un hôte à un autre et de faire en sorte qu'ils arrivent à destination.





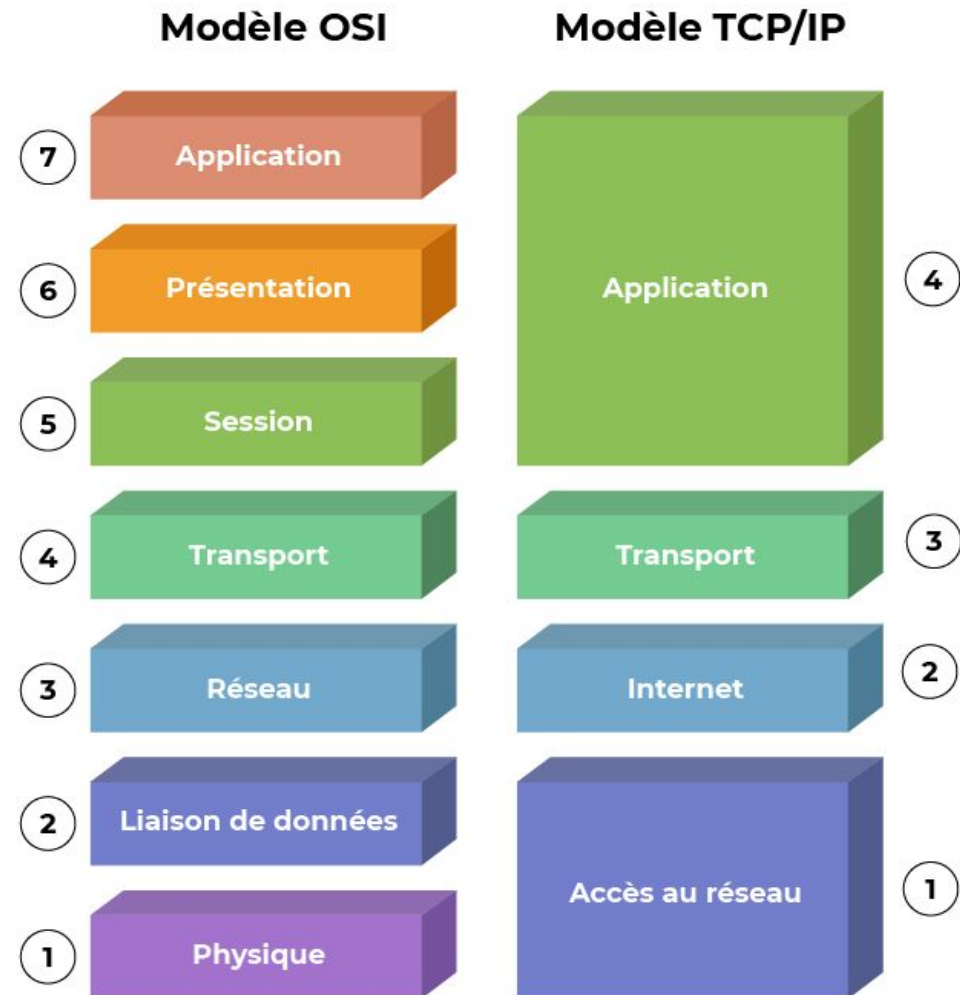
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: TCP/IP



- Cette couche a le même rôle que la couche 4 du modèle OSI.
- Objectif:
  - ❑ Détermine comment les données doivent être envoyées : de manière fiable ou pas.



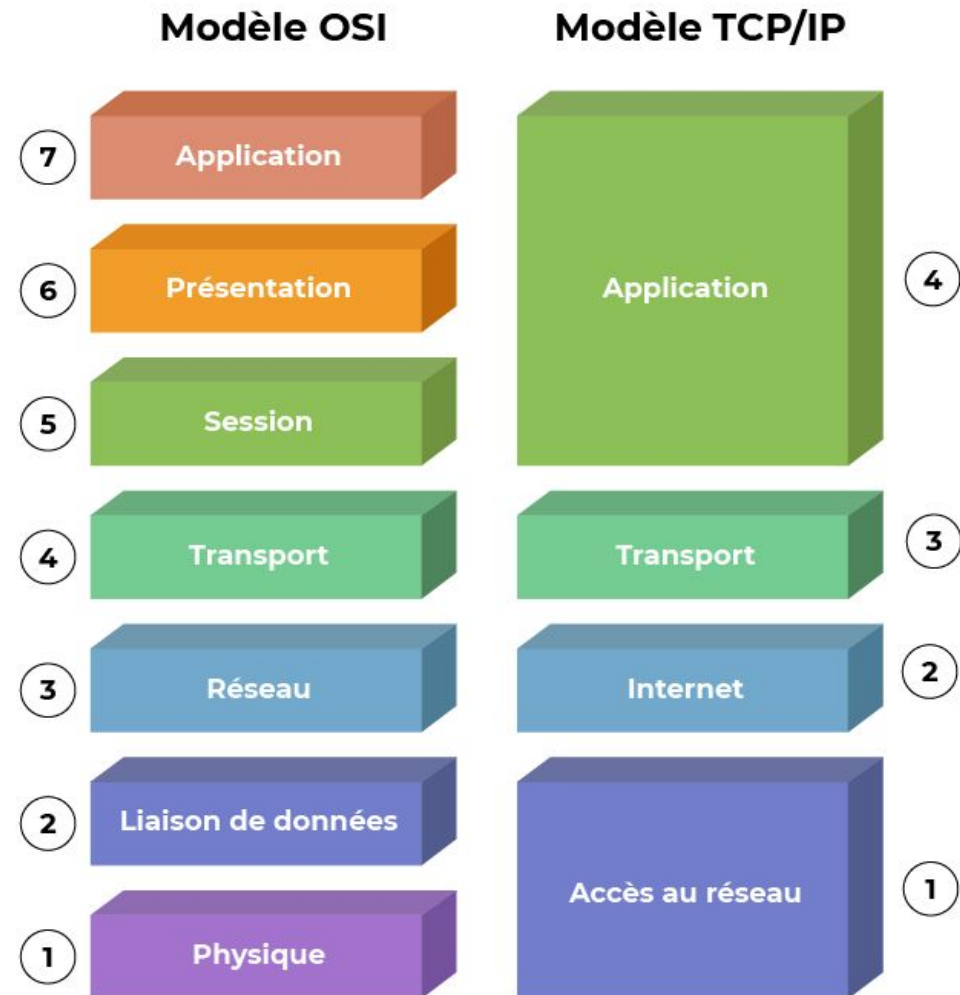
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 2) FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX

### G. Modèles en couches: TCP/IP



- Cette couche regroupe les trois couches de session, présentation et application du modèle OSI.
- Objectif:
  - ❑ Fournir les protocoles de haut niveau.



# PLAN DU COURS

## I. Réseaux informatiques:

- 1) Introduction sur les réseaux et Internet
- 2) Fonctionnement des réseaux
- 3) Couche physique**
- 4) Couche Liaison de données
- 5) Couche réseau: Relayage et adressage IP
- 6) Routage dynamique
- 7) Couche transport: TCP & UDP
- 8) Applications: DNS & HTTP

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### A. Fonctions principales de la couche:

- Pour transmettre les bits entre un émetteur et un récepteur, il est nécessaire d'établir une liaison sur une voie de transmission munies d'équipement de transmission à ses extrémités.
- Types de support: câbles, fibre optique, ondes hertziennes,...
- Types de communication : Simplex, half-duplex, full-duplex



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### A. Fonctions principales de la couche:



- Types de liaison:

ETTD – ETCD      ou      ETCD – ETCD

- ETTD: ordinateur, imprimante, scanner, téléphone mobile,...
- ETCD: modem, satellite, station de base,...

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### B. Les supports de transmission:

#### Deux catégories de supports:

- Les supports guidés (filaires) : Paires torsadées, câble coaxial, fibre optique.
- Les supports non guidés (non-filaires): Les ondes hertziennes, radio-électriques, lumineuses.

Performance d'un support: dépend de la bande passante, l'atténuation et le bruit.

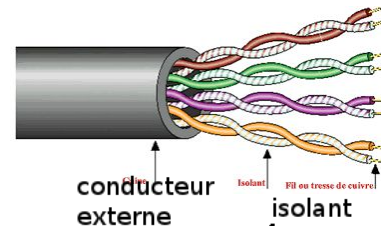
- Pour les supports non guidés, l'atténuation et le bruit sont très variables (conditions atmosphériques).

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

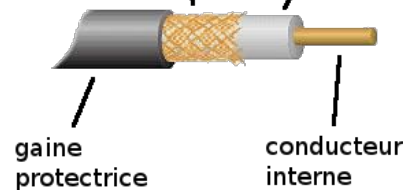
## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### C. Les supports de transmission: supports guidés

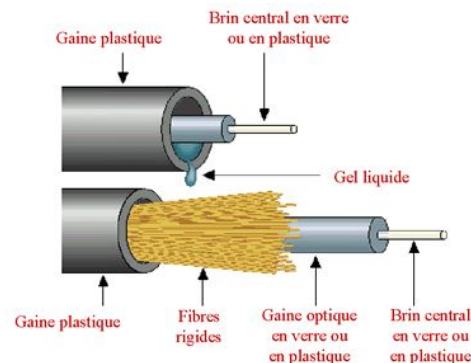
- La paire torsadée:



- Le câble coaxial:



- La fibre optique:



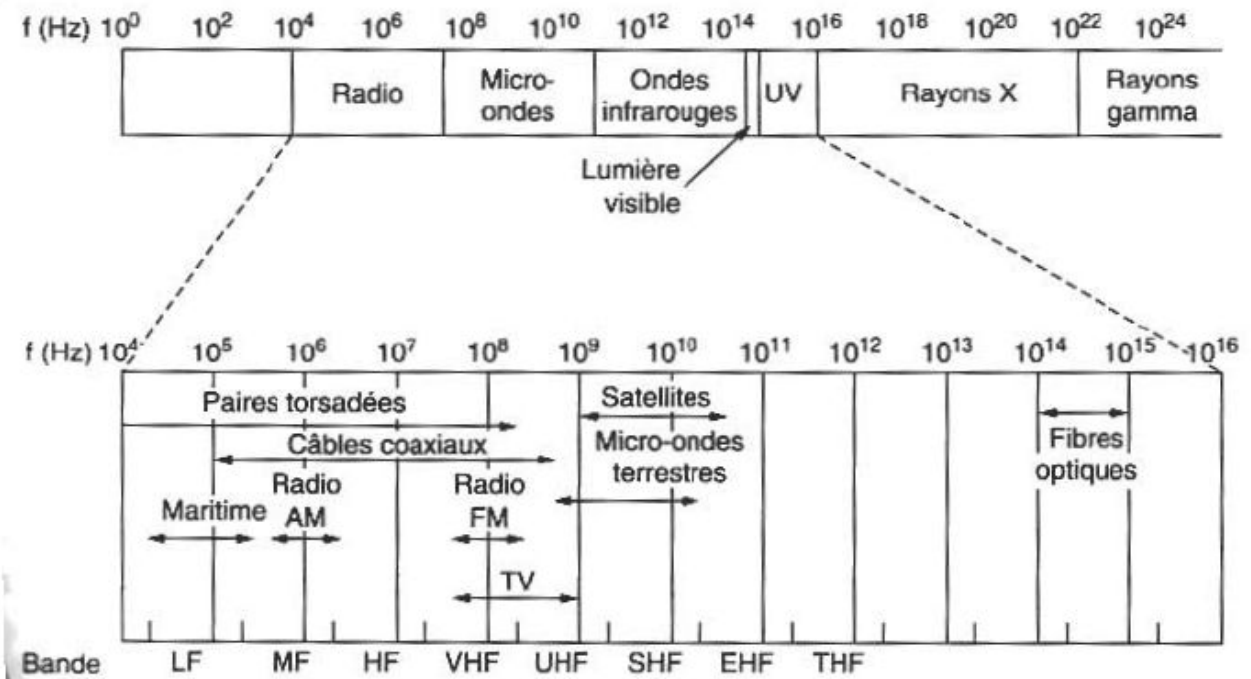
- Bande passante: 0.4 Mhz à 1000 MHz
- Débit: 10-100 Mbps
- Bande passante de quelques GHz
- Débit: jusqu'à 800 Mbps
- Très grande bande passante : plusieurs GHz
- Débit: 10-100 Gbps
- Distance entre les répéteurs: 10-100 km

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### C. Les supports de transmission: supports non-guidés

Support	Utilisations
Ondes radio	Radio-diffusion, militaire, wifi
Ondes micro-ondes	Téléphonie, télégraph, TV couleur, wifi, 4G, satellites
Ondes infrarouges	Communications point à point
Ondes millimétriques	Fixed-wireless access, 5G, réseau de backhaul
Ondes lumineuses	Li-fi, antennes, fibre





# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### C. Les équipements de la couche physique:

- Répéteur (Repeater): Un équipement qui permet de régénérer un signal entre deux nœuds du réseau afin d'étendre la distance du câblage d'un réseau.
- Concentrateur (Hub): Un équipement utilisé pour recevoir les câbles des divers ordinateurs connectés au réseau.
- Amplificateur (Amplifier): Un équipement augmentant la puissance d'un signal.
- Modem: Un équipement qui relie un ordinateur à un réseau analogique.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

D. La transmission de données:

□ Information:  
suite de 0 et 1 représenté par un état logique.

- Transmission analogique d'informations analogiques
- Transmission analogique d'informations numériques
- Transmission numérique d'informations numériques



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### D. La transmission de données:

- Types de transmission:
  - Numérique ( ou en bande de base):
    - La transmission numérique consiste à faire transiter les informations sur le support physique de communication sous forme de signaux numériques.
    - Les signaux numérique sont facilement et fidèlement reproductibles
  - Analogique (ou par transposition en fréquence):
    - La transmission analogique de données consiste à faire circuler des informations sur un support physique de transmission sous la forme d'une onde.
    - Les signaux analogiques sont sensibles aux parasites et peuvent s'altérer dans le temps.

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### D. La transmission de données:

#### □ Signal:

**Amplitude:** Pour un signal électrique, l'amplitude correspond à la valeur maximale de la tension.

**Fréquence:** le nombre de périodes par unité de temps ce qui correspond à l'inverse de la période :  $f = 1/T$

**Phase:** Décalage entre le départ de la sinusoïde et l'origine des temps.

**Valence:** nombre d'états physiques utilisés pour coder des bits.

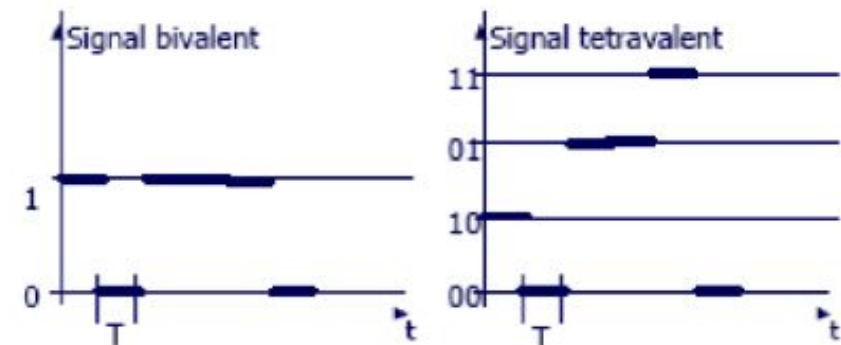
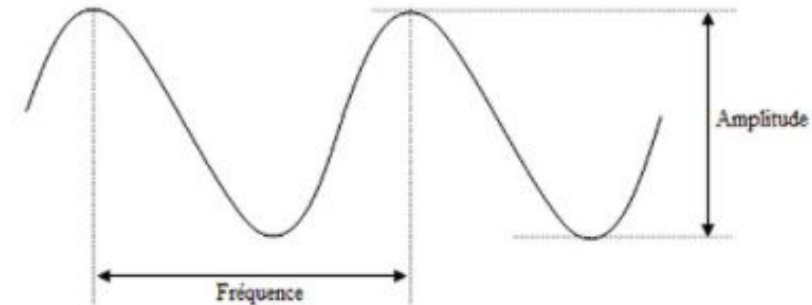
**Moment élémentaire:** durée  $T$  pour transmettre un état logique.

#### □ Problèmes de transmission:

**Affaiblissement:** (atténuation): diminution de la puissance d'une onde lorsqu'elle parcourt une certaine distance.

**Déphasage:** décalage entre le signal et l'origine des temps.

**Bruit:** signal extérieur qui s'intègre au signal transmis.



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### D. La transmission:

- Débit binaire (Formule de Nyquist):

Formule de Nyquist : Permet de calculer le débit maximal d'une ligne de transmission idéale sans bruit.

$$D = 2B \times \log_2 V$$

D: Le débit binaire (bits/s)

B: La bande passante (Hz)

V: La valence du signal

$R = 2B$  : La rapidité de modulation (Bauds)

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

D. La transmission:

- Débit binaire (Formule de Nyquist):

$$D = 2B \times \log_2 V$$

➤ Exemple:

Calculer le débit binaire maximal  $D_{\max}$  pour un signal binaire (valence 2) que l'on peut faire passer par une ligne de transmission idéalement non bruitée dont on sait que la bande passante est 2 MHz.

$$B = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\log_2 V = \log_2 2 = 1$$

$$D_{\max} = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1 = 4 \text{ Mbps}$$

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### D. La transmission:

- Débit binaire (Formule de Shannon):

Formule de Shannon : Permet de calculer le débit maximum d'une ligne subissant un bruit.

$$D = B \times \log_2 (1 + S/N)$$

**D:** Le débit binaire (bits/s)

**B:** La bande passante (Hz)

**S:** La puissance du signal

**N:** La puissance du bruit

**S/N:** Le rapport signal sur bruit (Signal-to-noise ratio) (décibels dB)

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### D. La transmission:

- Débit théorique (Formule de Shannon):

$$D = B \times \log_2 (1 + S/N)$$

#### ➤ Exemple:

Calculer le débit binaire maximal que l'on peut faire passer sur une ligne de transmission dont on sait que la bande passante est 2 MHz si le rapport S/N est de 12 dB ?

$$10 \log_{10} (S/N) = 12 \text{ dB}$$

$$S/N = 10^{1,2} = 16$$

$$D_{\max} = 2 \cdot 10^6 \cdot \log_2(17) = 2,41 \cdot 10^6 = 8,2 \text{ Mbps}$$



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### E. Codage des signaux :

□ Définition: Le codage du signal est utilisé pour représenter les 1 et les 0 d'un signal numérique sur le lien, ce processus est appelé codage en ligne. Après le codage en ligne, le signal peut être directement émis sur le canal de transmission, sous la forme de variations de la tension ou du courant.

□ Les codes usuels utilisés:

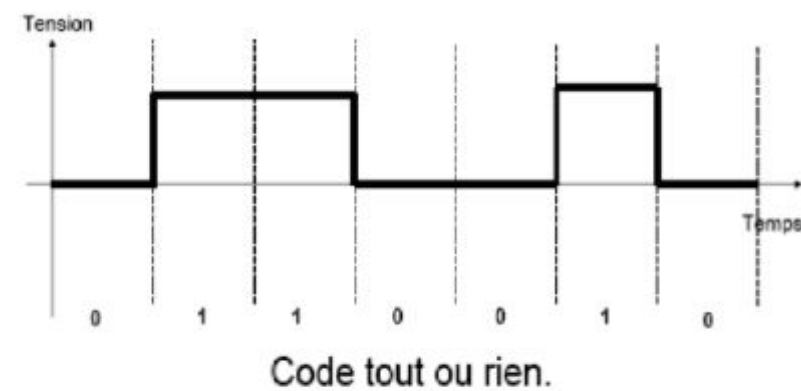
- Code en bande de base
- NRZ
- RZ
- Bipolaire
- Biphase (Manchester)
- Miller

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

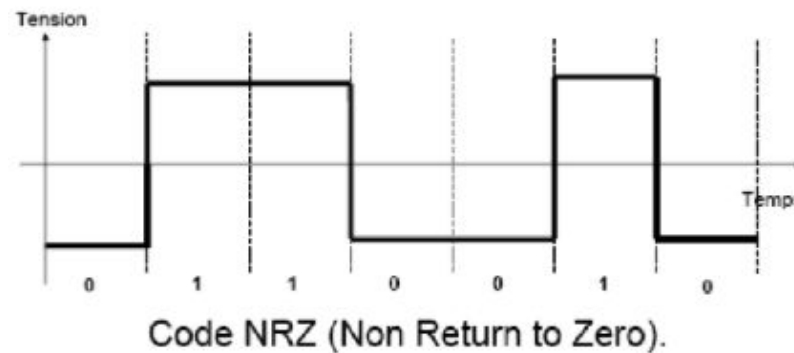
### E. Codage des signaux :

- Code en bande de base:  
Le signal est transmis tel quel.



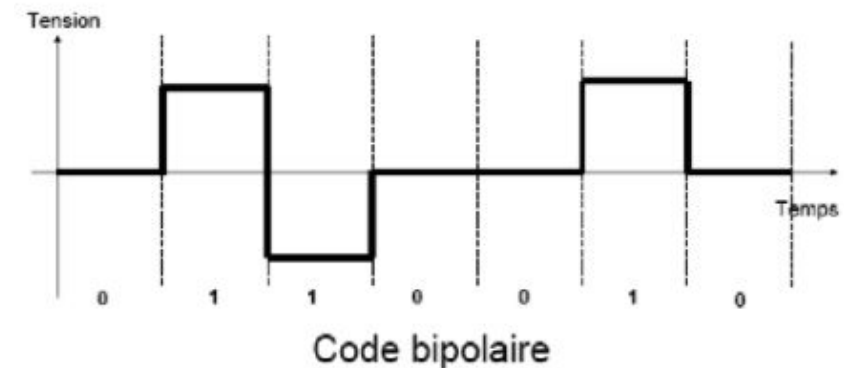
Circuit ouvert : 1  
Circuit fermé : 0

- Code NRZ:  
Le signal est transmis avec une simple transposition en tension.



Circuit ouvert : pas de transmission  
Circuit fermé : tension positive 1  
tension négative 0

- Code bipolaire:  
Si 0 alors  $V = 0$  sur la période.  
Si 1 alors  $V =$  alternativement  $-A$  et  $+A$  sur la période.



Circuit ouvert : 0  
Circuit fermé alternativement positive et négative : 1  
(Eviter de maintenir un signal continu)

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

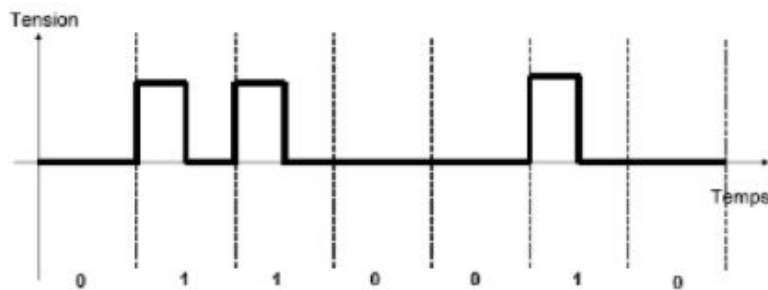
## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### E. Codage des signaux :

#### □ Code RZ:

Si 0 alors  $V = 0$

Si 1 alors  $V = [+A, 0]$

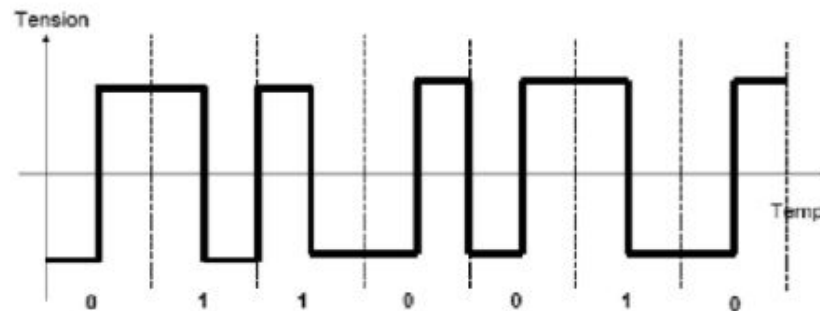


Code RZ (Return to Zero)

Front descendant : 1  
Sinon : 0  
(détecter un front descendant)

#### □ Code biphase (Manchester):

XOR entre les données et l'horloge.

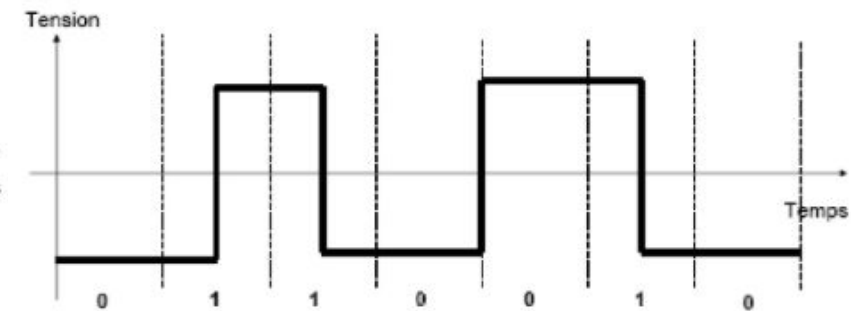


Code biphase (ou Manchester)

Front montant sur l'intervalle : 0  
Front descendant sur l'intervalle : 1  
(détecter les fronts)

#### □ Code Miller:

Une transition à la demi-période si 1,  
Une transition à la fin de la période si 0  
et si le bit suivant est également 0.



Code Miller

Front sur l'intervalle : 1  
Pas de front sur l'intervalle : 0  
(détecter des fronts et minimiser le nombre d'oscillations)

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

E. Codage des signaux :

□ Exercice:

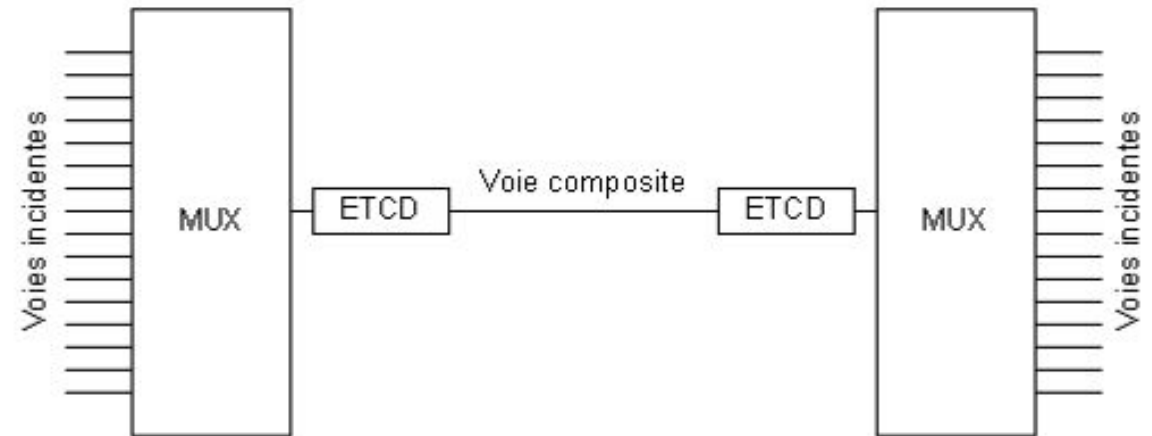
Représenter le signal 11000101 en utilisant les différents codages

# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### H. Multiplexage:

- Définition: Un mécanisme qui permet le partage d'une même ligne de transmission entre plusieurs communications simultanées.
- Types de multiplexage:
  - FDMA (Frequency Division Multiple Access)
  - TDMA (Time Division Multiple Access)
  - CDMA (Code Division Multiple Access)



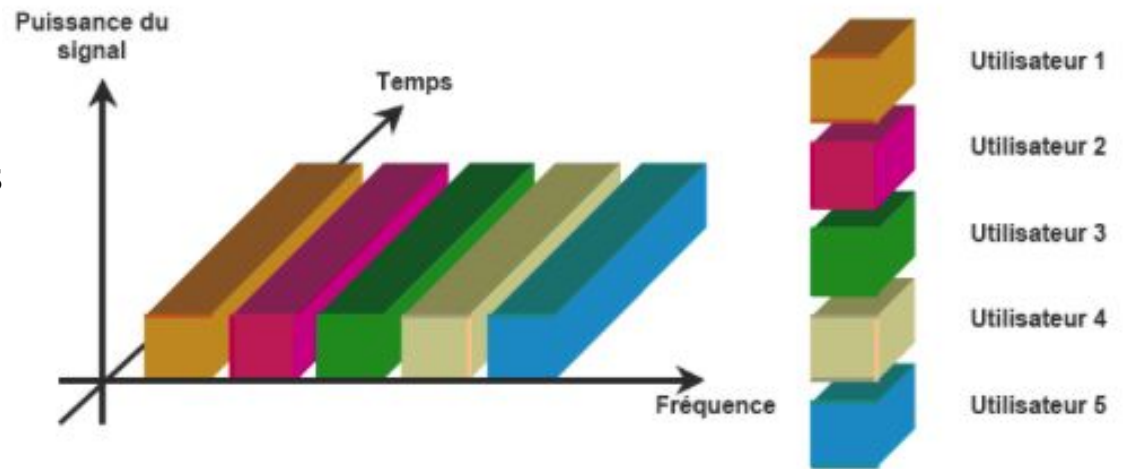
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### H. Multiplexage:

#### → FDMA: Répartition en fréquence

- ◆ Principe: répartir la bande passante en N sous-bandes, chacune est attribuée à une communication (utilisateur).
- ◆ Avantage: plus adapté aux transmissions analogiques simple à réaliser.
- ◆ Inconvénient: gaspillage de la bande passante (des utilisateurs peuvent ne pas utiliser leurs sous-bandes).



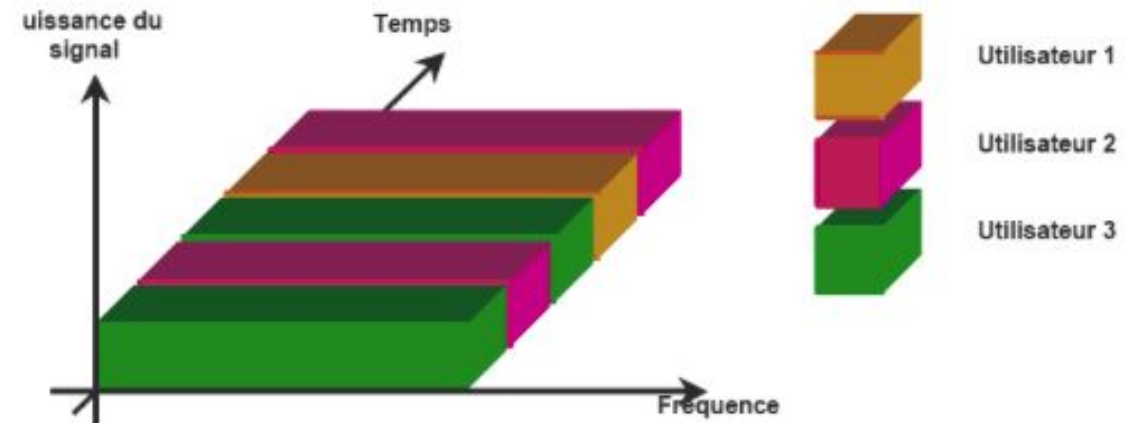
# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### H. Multiplexage:

#### → TDMA: Répartition en temps

- ◆ Principe: Le temps de transmission est découpé en un ensemble d'intervalles.
- ◆ Avantage: Moins d'interférences.
- ◆ Inconvénient: gaspillage de la bande passante (une seule station utilise toute la bande passante pendant un intervalle).



# I. RÉSEAUX INFORMATIQUES

## 3) LA COUCHE PHYSIQUE

### H. Multiplexage:

#### → CDMA: Répartition en code

- ◆ Principe: utilisation simultanée de plusieurs codes.
- ◆ Avantage: Résistance aux interférences, plusieurs stations peuvent utiliser une même bande de fréquence et peuvent transmettre en même temps.
- ◆ Inconvénient: L'exécution du CDMA se dégrade avec une augmentation du nombre d'utilisateurs.

