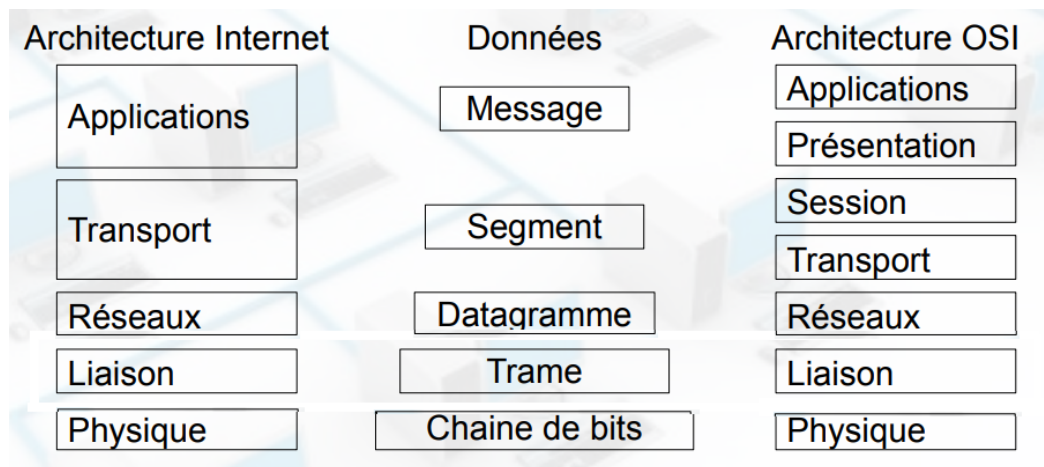


# Réseau

Elanis - <https://github.com/Elanis/LaTeX-cheatsheets>



## 1 Introduction

« Un réseau est un ensemble d'équipement reliés entre eux et qui échangent des informations »

### 1.1 Echanges sur de longues distances

- Satellite
- Hertzien (TV)
- Cable aerien
- Antenne Parabolique
- Paire torsadée (ADSL, Telephone, etc)
- WiMax, Telephonique (2G, 3G, 4G), etc
- ...

## 1.2 Echanges sur de courtes/moyennes distances

- CPL (Courant porteur de ligne) : Passage du signal par le réseau électrique
- NFC (Sans contact) : Telephones, Cartes bancaires, Badges, etc
- Radio : Bluetooth, WiFi, etc
- Femtocell : mini-relai telephonique
- Ethernet (de 10 Mbps à 10 Gbps)
- ...

## 1.3 Internet Mobile

**2G** GSM/GPRS/EDGE - 384Kbps ↓ - 188.4Kbps ↑ - 900-1800 Mhz

**3G** UMTS/3G+ (HSPA+) - 14.4Mbps ↓ - 5.7Mbps ↑ - 1900-2100 Mhz

**4G** 4G (LTE) - 100Mbps ↓ - 50Mbps ↑ - 800 - 1800 - 2600 Mhz

## 1.4 Internet Fixe

**ADSL** 13.7Mbps ↓

**ADSL 2** 25Mbps ↓

**VDSL 2** 120Mbps ↓

**Fibre optique** 200Mbps ↓

**Internet par satellite** 20Mbps ↓ - *Note* : Utilisée principalement dans les zones non reliables par les solutions précédentes.

## 1.5 Le Cloud

Le but du cloud est de "dématerialiser" les systèmes informatiques en les envoyant sur le Web. Il en résulte des problèmes sur le réseau avec tout ce nouveau trafic qui auparavant était local aux réseaux d'entreprise le plus souvent. Il existe néanmoins des solutions :

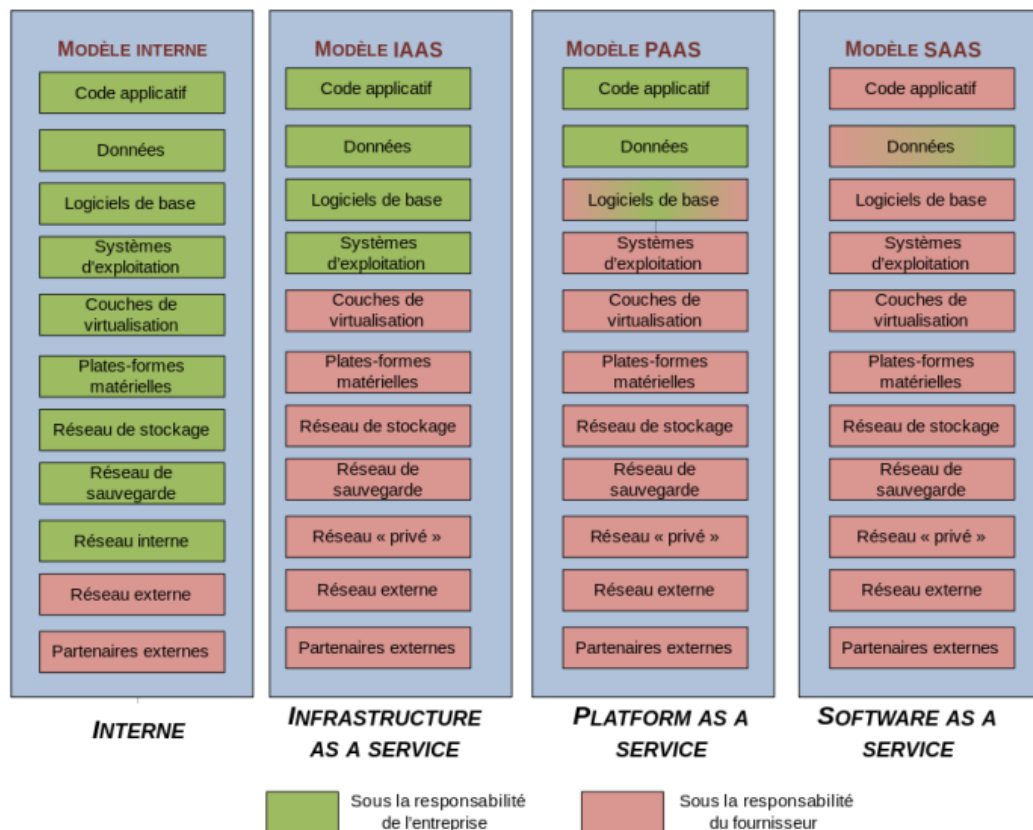
### 1.5.1 Le Edge Computing

L'edge computing est une méthode d'optimisation employée dans le cloud computing qui consiste à traiter les données à la périphérie du réseau, près de la source des données. Il est ainsi possible de minimiser les besoins en bande passante entre les capteurs et les centres de traitement des données en entreprenant les analyses au plus près des sources de données.

### 1.5.2 Le Fog Computing

Le fog computing consiste à exploiter des applications et des infrastructures de traitement et de stockage de proximité, servant d'intermédiaire entre des objets connectés et une architecture cloud classique.

## 1.6 Niveaux de service



## 2 Physique

*Bande passante* : Taille de la bande de fréquence utilisée pour transmettre des données

*Atténuation* : Diminution du signal sur la distance

### 2.1 Supports de transmissions

*Particularités diverses* : Bande passante, atténuation, sensibilité, coût, facilité d'installation, etc

**Paire torsadée :** dans un même câble par 2, 4 ou 8 fils ; une paire est un lien de communication. Chaque paire est enroulée pour limiter les interférences. *Debit Max : 100 Gbps*. Simple, économique, réutilisable, mais sensible aux perturbations électromagnétiques et grande atténuation.

**Coaxial :** il consiste en deux conducteurs ayant le même axe. *Debit Max : 2 Gbps* Très bonne qualité, haut débit, bonne manipulation mais très cher.

**Fibre optique :** Cylindre de fibre de silicium extrêmement fin. *Debit Max : plusieurs terabits par seconde* Bande passante immense, débits très importants, insensibles aux interférences et corrosions chimiques, atténuation faible, léger mais fragile, unidirectionnel, transmission point à point, coût élevé des interfaces.

**Ondes radio :** Wifi (56Mbps), Bluetooth (2Mbps), Infrarouge, Hertzien, etc *Portée jusqu'à quelques centaines de mètres*

**Micro ondes :** Transmission terrestre de 50 à 1000km et satellitaire à 36000km (geostationnaire) ou 800 km d'altitude

## 2.2 Transmission

### 2.2.1 Caractéristiques d'un signal

Chacun se décompose en une somme infinie de sinusoides (décomposition de Fourier)

*Note :* Tout ce qui est hors de la bande passante est naturellement filtré.

Rapport signal sur bruit(dB) =  $10 * \log_{10} \frac{S}{B}$  où S est la puissance du signal et B celle du bruit.

### 2.2.2 Capacité d'un canal de transmission

*Theoreme de Shannon :* Soient W la bande passante d'un canal de transmission et S/B le rapport signal sur bruit. La capacité en bit/s du canal est :

$$C = W * \log_2 \left( 1 + \frac{S}{B} \right)$$

## 2.3 Numerisation, Quantification, Échantillonnage

*Analogique :* Signal continu

*Numerique :* Signal échantillonné (sur le temps), et quantifié (sur les valeurs) afin d'être stockées et transmises par un équipement électronique.

### 2.3.1 Echantillonnage

*Theoreme de Shannon* : Prendre comme max 2 fois la frequence max relevée

### 2.3.2 Quantification

Utilisation d'echelles logarithmiques

### 2.3.3 Formules

**Debit binaire ( $D_b$ )** Nombre max d'elements binaires transmis par seconde

$$D_r = 1/T_b \text{ bit/s}$$

**Rapidité de modulation ( $R_s$ )** Vitesse à la queles les symboles se succèdent

$$R_s = 1/T_s \text{ bauds}$$

**Valence (V)** Cardinal de l'alphabet des symboles

$$D = R_s * r = R_s * \log_2 * V$$

**Debit binaire max** Donne le debit binaire maximum en fonction de la bande passande du canal

$$D_{max} = 2 * W * \log_2 * V$$

où W est la largeur de la bande passante et V la valence du signal

## 2.4 Transmission en bande de base

On transmet en bande de base, quand on transmet directement l'information codée sous forme d'un signal carré.

**Tout ou rien** 0 est 0 Volt, 1 est +x Volts

**Bipolaire** 0 est 0 Volts, 1 est alternativement +x ou -x Volts. *Permet de mieux distinguer les suites de 1*

**NRZ (No return to zero)** 0 est -x Volts, 1 est +x Volts. *Permet de differencier le silence des 0*

**NRZI (NRZ Inverted space)** 0 est un changement de niveau (entre +x et -x Volts), 1 correspond à une absence de changement.

**RZ (Return to zero)** 0 est 0 Volts, 1 est un front montant (impulsion au milieu du temps bit)

**Biphasé (ou Manchester)** 0 est un front montant, 1 est un front descendant. *Il est plus facile à distinguer grâce à un changement de signe à chaque bit*

**Code manchester différentiel** 0 est un front inversé au cycle précédent, 1 est le même front que le cycle précédent.

**Code Miller** 0 est une absence de changement sur l'intervalle, 1 est un front montant/descendant sur l'intervalle

## 2.5 Transmission modulée

Le principal problème de la transmission en bande de base est que le signal se dégrade sur la distance, il est donc utilisé uniquement sur des réseaux locaux. On utilise donc pour de plus grandes distances des signaux sinusoïdaux générés et récupérés par des modems (modulateur - démodulateur).

Afin d'y introduire de l'information, les modulations permettent de transformer :

- L'amplitude
- La fréquence
- La phase

### 2.5.1 Modulation d'amplitude

Il s'agit d'associer un symbole à chaque amplitude.

*Avantages* : Moins coûteux et plus précis qu'un signal carré, la modulation d'amplitude est simple.

*Désavantages* : Sensibles aux perturbations électromagnétiques (orage, ligne électrique, ...)

### 2.5.2 Modulation de fréquence

Il s'agit d'associer un symbole à chaque fréquence.

*Avantages* : Moins coûteux et plus précis qu'un signal carré, résistant aux perturbations (d'amplitude).

*Désavantages* : Système de démodulation moins simple à concevoir

### 2.5.3 Modulation de phase

Il s'agit d'associer un symbole à des changements de phases.

*Avantages* : Les dispositifs de (dé)modulation de phase permettent de coder facilement deux états, résistant aux perturbations (d'amplitude).

*Désavantages* : Système de démodulation pas simple à concevoir

#### 2.5.4 Combinaison de modulations

Les transmissions modulées peuvent combiner plusieurs formes de modulations simultanées. On représente ces modulations par un diagramme spatial :

##### **Valence de 8 (3 bits par top)**

2 niv. amp. x 4 niv. de pha.

Rapidité de modulation 1200, 2400 bauds

Débit binaire : 3600, 7200 bit/s

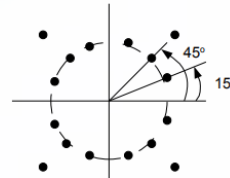


##### **Valence de 16 (4 bits par top)**

8 niv. Pha. + (4 niv. Pha. x 2 niv. Amp.)

Rapidité de modulation 2400, 3200 bauds

Débit binaire : 9600, 12800 bits/s



### 3 Liaison

Le but de la couche liaison est de transporter les trames d'un nœud à un autre de manière fiable.

*DCE* : Detection et correction d'erreur

La couche liaison offre 2 fonctions :

- Detection et correction d'erreurs
  - Bits de parités
  - Code Cyclique
- Protocoles d'accès au canal
  - Protocoles à partitionnement du canal
  - Protocoles aléatoires
  - Protocoles à partage de ressources

Les services de la couche liaison sont :

**Encapsulation** incorporer les données de la couche supérieur (réseau) dans une trame

**Accès au médium** protocole d'accès au canal de communication

**Détection / Correction d'erreurs** mécanismes de détection / correction d'erreurs de transmission

**Transmission fiable** service d'acquittement et de retransmission pour certains liens peu fiables (ex. sans fil)

**Contrôle de flux** éviter les surcharges si trop de trames arrivent trop vite sur un nœud

Cette couche est souvent implantée sur la carte réseau et est autonome.

### 3.1 Détection et correction d'erreur

#### 3.1.1 Bits de parités

Ajouter aux données un bit DCE afin de fixer la parité de la trame (Fixer le nombre de 1 dans la trame : pair ou impair).

*Limitations* : Le nombre d'erreurs détectable est au maximum de 1, en effet, s'il y'a 2 erreurs, la parité s'annule.

#### 3.1.2 Bits de parités bidimensionnelles

Le principe est le même que le précédent, sauf que les bits de parités sont insérés en ligne et en colonne.

*Limitations* : Permet de détecter et corriger une erreur, de détecter 2 erreurs sans pouvoir forcément les corriger.

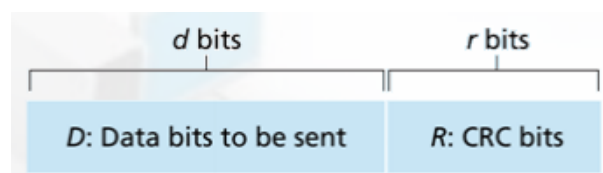
*Note* : Ce même principe est utilisé dans les lecteurs CD audio

#### 3.1.3 Codes cycliques CRC

*Principe* :

- On désire envoyer une trame  $D$  de  $d$  bits, à laquelle on ajout un DCE  $R$  de  $r$  bits
- Les deux cotés se mettent d'accord sur une suite de  $r+1$  bits qu'on appellera  $G$  pour générateur
- L'émetteur envoie le message qui contient  $(D, R)$  ( $d + r$  bits) de telle sorte que le message soit divisible par  $G$ .

*Vérification* : Le récepteur reçoit le message, le divise par  $G$ , et si il reste 0 il n'y a pas d'erreur.





*Remarques :*

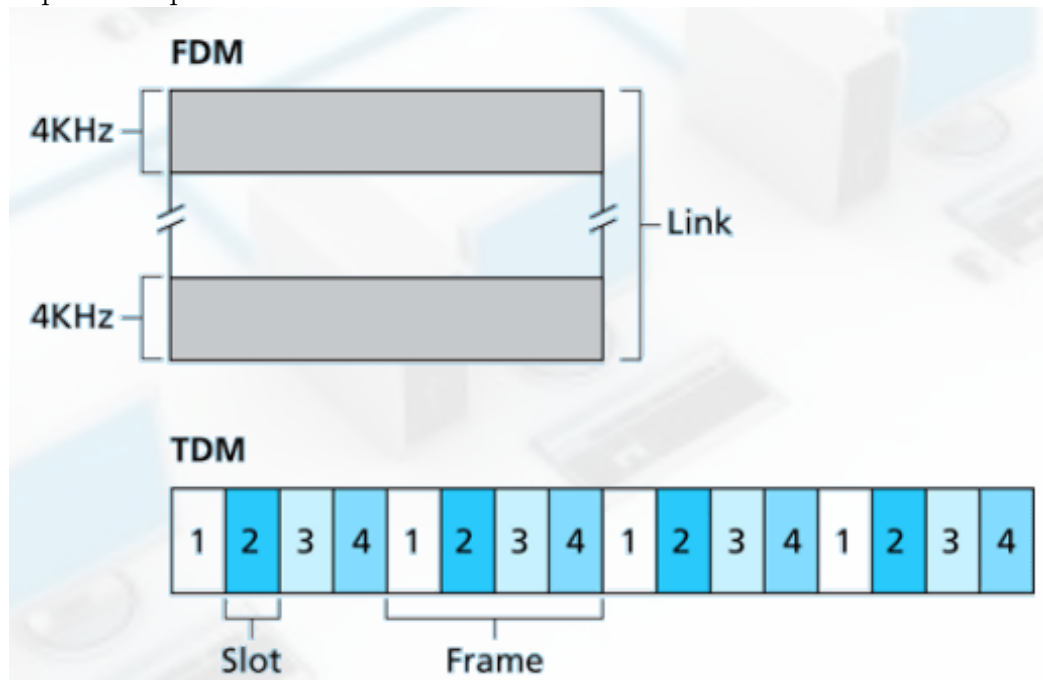
- En ajoutant  $R$  à  $D$ , on crée un message divisible par  $G$ , c'est pour cela que  $R$  est le reste de la division.
- Les CRC sont normalisés selon la taille de leur générateur. Exemple : CRC-32 a un générateur de 32 bits
- Chaque CRC peut détecter des erreurs de largeur  $r$  bits ou moins.

## 3.2 Protocoles d'accès au canal

Il existe deux types de liens : point à point (deux nœuds se partagent un canal), ou diffusion (canal partagé par plusieurs nœuds). Sur un canal partagé, les nœuds qui transmettent des trames en même temps, ce qui peut engendrer des *collisions*. Ces collisions brouillent les trames les rendant illisibles.

### 3.2.1 Protocoles à partitionnement du canal

Il s'agit de diviser la bande passante et/ou le temps de parole équitablement pour chaque nœud.



### 3.2.2 Protocoles à accès aléatoires

Tout les nœuds profitent de tout le débit et transmettent quand ils le desirent. S'il detectent une collision, il retransmettent après un temps aléatoire.

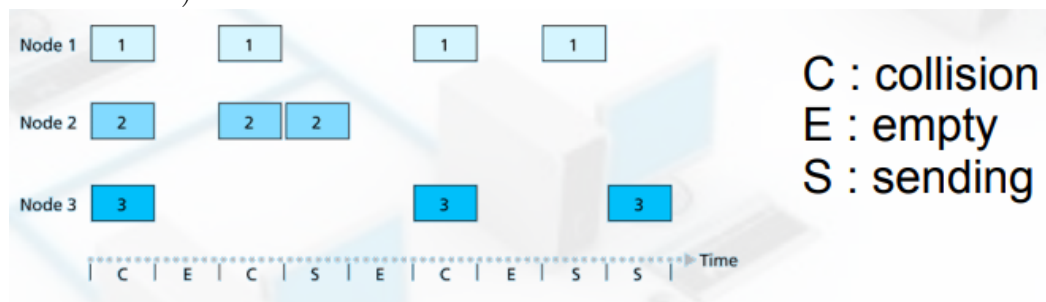
Le processus est réitéré jusqu'à ce que la trame soit transmise.

### 3.2.3 Protocoles ALOHA à allocation temporelle

Le temps est divisé en intervalles égaux pour tous, où transmettre une trame. Les nœuds sont synchronisés temporellement.

*Déroulement :*

- Attendre le début du prochain intervalle pour transmettre une trame
- Si pas de collisions, on passe à la trame suivante (puis revenir au début)
- Si il y a eu collision
  - avec probabilité  $p$  on retransmet la trame (puis revenir au début)
  - avec probabilité  $(1-p)$  on laisse passer l'intervalle (puis revenir au début)



### 3.2.4 Protocoles ALOHA pur

Il n'y a plus de synchronisation du temps, le nœud transmet la trame dès qu'il la reçoit des couches supérieures.

*Déroulement :*

- S'il n'y a pas de collision, on passe à la trame suivante
- Si il y a eu collision
  - avec probabilité  $p$  on retransmet la trame
  - avec probabilité  $(1-p)$  attendre un moment (le temps nécessaire pour transmettre une trame)
  - revenir à 1

### 3.2.5 Protocole CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

*Déroulement :*

- On écoute le canal
  - si il n'y a pas de trame qui transite, on envoie la trame

- si il y a une trame, on attend un temps aléatoire avant d'écouter à nouveau

Si une fois qu'on a commencé à émettre, on détecte une collision, on arrête de transmettre et on attend un temps aléatoire.

### 3.2.6 Protocoles à partage de ressources

*Deux propriétés désirables pour un protocole d'accès :*

- si un seul nœud actif, lui donner tout le débit ( $R$  bits/s)
- si  $M$  nœuds actifs, leur assurer un débit moyen de  $R/M$  bits/s

ALOHA ET CSMA possèdent la première propriété mais pas la seconde.

De plus, les latences de temps introduisent des intervalles où rien ne transite, et donc une perte de débit.

### 3.2.7 Protocole à sondages

Un nœud maître sonde les autres nœuds à tour de rôle afin de leur indiquer qu'il peuvent transmettre. *Déroulement :*

- le maître sonde le  $i$  ème nœud et lui indique qu'il peut transmettre jusqu'à  $p$  trames
- Si le nœud a des trames à transmettre, il le fait, pendant que le nœud maître attende
- Une fois terminé, le maître passe au  $i+1$  ème nœud

*Avantages :* Pas de collisions, pas de temps d'inactivité dans le réseau

*Désavantages :* Un délai de sondage (s'il n'y a qu'un seul nœud actif, le nœud maître les sonde quand même tous) et si le maître tombe en panne, il n'y a plus de transmissions.

### 3.2.8 Protocole à passage de jetons

Un nœud attend d'avoir le jeton pour transmettre. Le jeton est un signal (chaîne de bits) particulier qui passe entre les nœuds.

*Déroulement :*

- Un nœud prend le jeton du canal
- s'il a des trames à transmettre
  - il peut en envoyer un nombre maximum
  - il remet le jeton sur le canal et le transmet au nœud voisin
  - s'il lui reste des trames, il attend le prochain passage du jeton
- sinon il envoie directement le jeton à son voisin

*Avantages :* Très efficace *Désavantages :* Si un nœud tombe en panne, le jeton ne transite plus. Si un nœud "oublie" de remettre le jeton sur le lien, la transmissions s'arrête. Un nouveau jeton doit être régénéré.

### 3.3 Classifications de réseaux

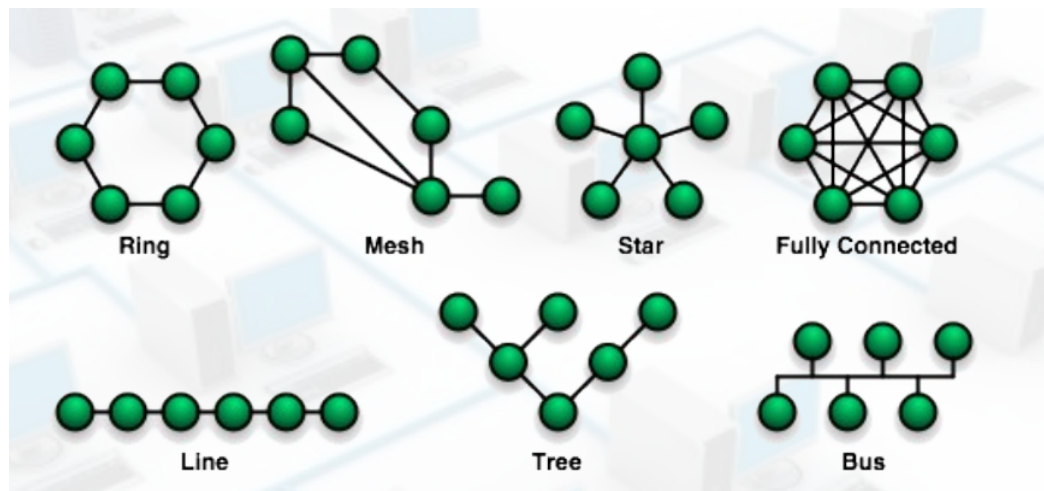
**WAN** *wide area network* échelle d'un pays, ou planétaire - composé de plusieurs opérateurs

**MAN** *metropolitan area network* échelle d'une ville ou d'une région - généralement un seul opérateur

**LAN** *local area network* échelle d'une institution (entreprise, administration, école, ...) - généralement connecté à Internet à travers un routeur

**PAN** *personal area network* échelle de quelques mètres

### 3.4 Topologies de réseaux



### 3.5 MAC (ou adresse physique)

Adresse unique pour tout équipement, généralement 6 octets : les 3 premiers sont un code constructeur et les 3 derniers le numéro de série.

*Exemples* : 00 :22 :15 :50 :55 :4C, 00 :30 :48 :81 :66 :3E

*Remarque* : FF :FF :FF :FF :FF :FF est l'adresse de diffusion sur tous les nœuds

### 3.6 Réseaux Ethernet

C'est une technologie conçue dans les 70 qui est maintenant majoritaire dans la conception de réseaux. Elle consiste en une spécification de la couche liaison et de la couche physique.

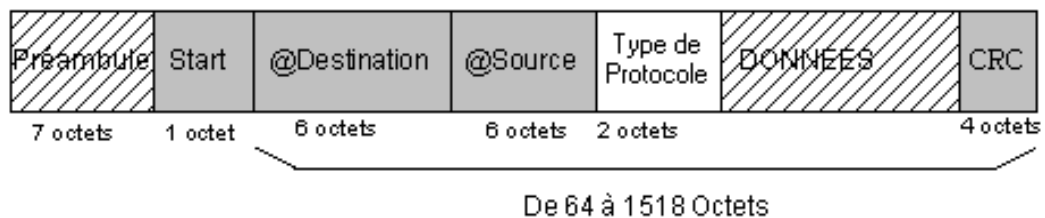
*Propriétés :*

- permet d'avoir de gros débit (10Mbits/s jusqu'à 10Gbits/s)
- peu onéreux et facile à mettre en place
- utilisation de CSMA/CD (simple et décentralisé)
- implémente des topologies en étoile ou en bus
- peut être utilisé sur des câbles coaxiaux, des paires torsadées, de la fibre optique, etc

*Remarques :*

- il n'y a pas de "handshake" (une fois envoyé, c'est oublié)
- si le destinataire rejette la trame, l'expéditeur n'est pas notifié

### 3.6.1 Trame Ethernet



*Remarques sur la trame :*

- le préambule sert à réveiller le receveur et à synchroniser les horloges (recaler sur le même débit).
- les deux derniers bits du préambule « 11 » indiquent le début des données.
- le type est le protocole réseau utilisé par la couche supérieure
- s'il y'a moins de 46 octets de données, on ajoute du bourrage pour les atteindre
- le CRC utilisé est un CRC-32

### 3.6.2 Spécification physique d'Ethernet

La transmission est faite en *bande de base*, en utilisant le *Codage Manchester*. L'accès au médium se fait en CSMA/CD, plus il y'aura de collisions, plus on attendra.

**10 BASE 2** — 10 Mbit/s

- câbles coaxial fin
- topologie en bus, longueur maximale 185 m

**10 ou 100 BASE T** — 10 ou 100 Mbit/s

- câbles à UTP
- Topologie en étoile, longueur d'un brin 100 mètres

**Ethernet Gbit ou 1000 BASE ...** — 1 ou 10 Gbit/s

- Initialement fibre optique, maintenant des câbles UTP
- Topologie en étoile, longueur d'un brin moins de 100 mètres

**100 Gbit/s** En développement

### 3.7 Matériels réseaux

Dans un réseau il existe de nombreux éléments, qui sont soit terminaux (les nœuds) ou de connexions (repeater, hub, bridge, switch, etc).

#### 3.7.1 Les hubs (concentrateurs)

C'est une "multiprise" simple : il dispose de plusieurs interfaces de connexions, tous les signaux reçus sont diffusés aux autres interfaces.

#### 3.7.2 Les switches (commutateurs)

Le switch ressemble beaucoup au hub si ce n'est qu'il envoie uniquement les données sur la bonne interface s'il sait où se trouve la destination (via une table de commutation), ou par défaut - comme le hub - sur toutes les autres interfaces. La table de commutation est construite de manière itérative en fonction des découvertes du réseau faites par le commutateur.

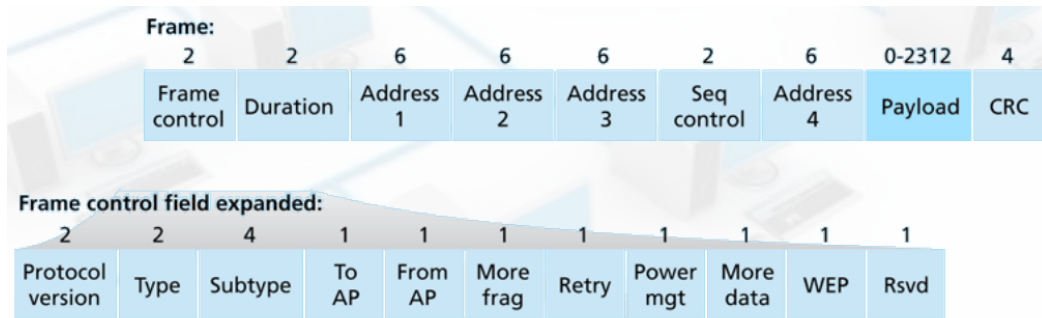
*Principe de la commutation-diffusion* Une trame arrive sur l'interface  $I$  avec comme adresse de destination  $X$ , le commutateur consulte sa table :

- Si  $X$  est sur le même segment que  $I$  -> Rejeter la trame (elle sera forcément reçue par  $X$  )
- Si le segment du nœud  $X$  est connu -> Commutation vers l'interface du segment de  $X$
- Sinon -> Diffusion sur toutes les interfaces sauf  $I$

Il faut noter que la table de commutation est vidée après un certain temps afin d'être réactif aux changements de topologie.

## 3.8 Liaisons sans fil

### 3.8.1 Trame sans fil



### 3.8.2 Fonctionnement

Service avec connexion : RTS (Request to send), CTS (Clear to send), ACK (acknowledge). Il n'y a pas de collisions car les trames contiennent la durée de transmissions, de plus le CTS est reçu par tous les nœuds qui sont donc au courant de la transmission.

## 3.9 Autres protocoles de la couche liaison

Tous ces réseaux définissent une structure de trame ainsi que des protocoles d'accès au canal et toutes les fonctionnalités de la couche liaison.

**PPP (point to point protocol)** Protocoles pour liaisons point-à-point

**ATM (asynchronous transfer mode)** Utilisé dans plusieurs réseaux fédérateurs d'Internet

**Relais de trames (amélioration de X.25)** Utilisé par des entreprises comme alternative à Internet, Commutation de paquets sur circuits virtuels

Etc.