



USTHB-Info |2023

COURS RÉSEAUX L3 ACAD

**Par
Dr. Khadidja CHAOUI**



PLAN

- I. Introduction aux réseaux informatiques
- II. Transmission de données
- III. Protocoles de transmission
- IV. Les réseaux locaux**
- V. Architecture des réseaux informatiques

CHAPITRE IV

Les réseaux locaux

IV.1 Introduction aux Réseaux locaux

Un réseau local, **LAN** ou **LRE**, est un ensemble d'ordinateurs localisés géographiquement dans un même espace et couvrant un domaine privé. Les distances sont plus courtes et le taux d'erreur induit est très faible et les débits proposés sont augmentés.

IV.1.2.Critères de choix d'un réseau local

- Le *type d'environnement*
 - Bureautique, réseaux d'entreprise.
 - Industriel: Réseaux locaux industriels.
- Le débit.
- Le type d'architecture physique (filaire, radio, topologie)
- Qualité de service : différenciation de trafics (garantie de banse passante, taux d'erreurs).
 - Nécessaire pour le transfert de la voix, et la vidéo.
- La sécurité.
- Le coût: implémentation et de maintenance.

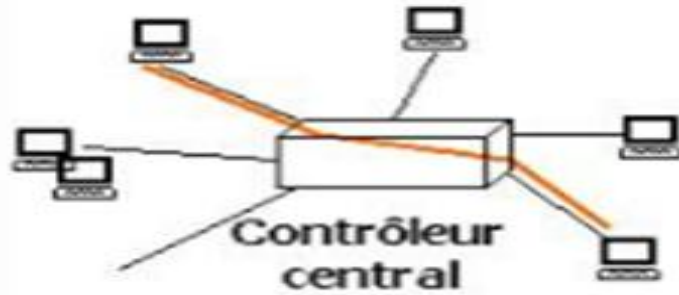
IV.1.2. Positionnement des réseaux locaux existants

- Choix techniques
 - Le type de topologie physique.
 - Le type de support physique.
 - La méthode d'accès au support (topologie logique).
- De ces choix découlent d'autres propriétés:
 - La capacité binaire (jusqu'à Gbits/s)
 - La fiabilité (taux d'erreurs observés)
 - Temps réel: réduction de la *latence* et la *gigue*.
 - Équité d'accès entre stations
 - La configuration du réseau (*Retrait / Insertion, Connectivité*)
 - Couverture spatiale : distances maximales.

IV.1.3. Architecture physique des LAN

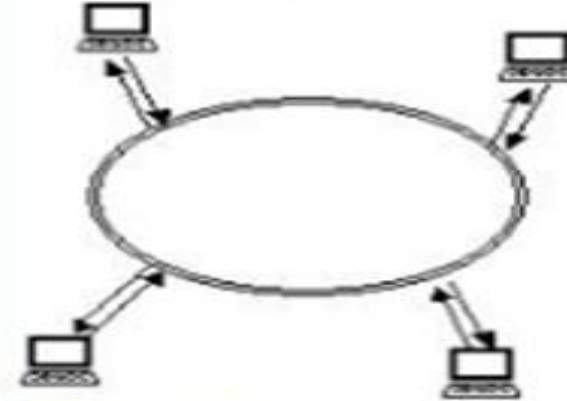
- *Topologie physique d'un réseau* : Manière dont les équipement sont reliés entre eux par le support physique de communication.
 - Le choix du support influence le choix de la topologie dans la mesure où certaines normes sont incompatibles avec certaines architectures. Exemple :
Ethernet \Leftrightarrow BUS ou ETOILE, *Token Ring* \Leftrightarrow Anneau.
 - Les principales topologies des RLE sont : le bus, l'étoile et l'anneau.
- La topologie d'un réseau détermine la difficulté de maintenance par l'administrateur:
 - Rajout d'une station;
 - Existence d'un *point critique*;
 - Détection des pannes;
 - Nombre de câbles.

L'étoile



Topologie en étoile

L'anneau

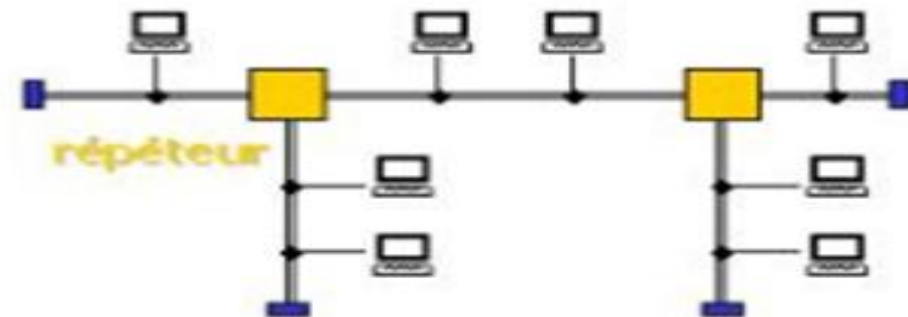


Topologie en anneau

Le bus



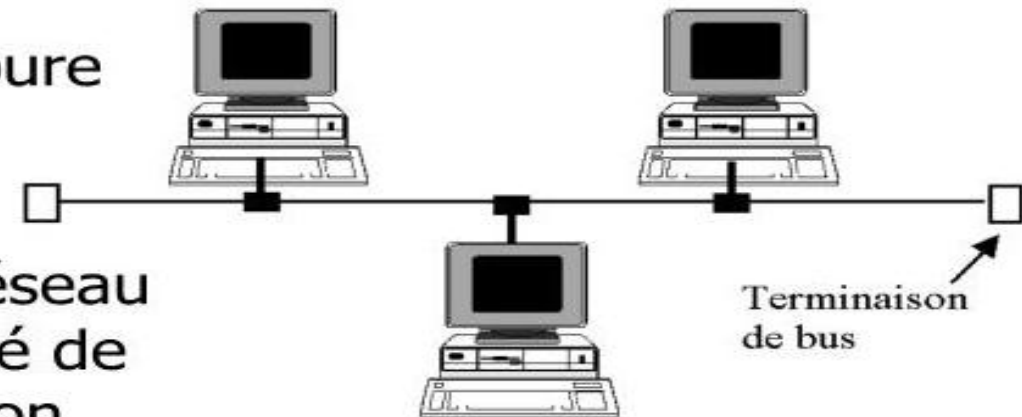
Bus bidirectionnel



Bus avec répéteur

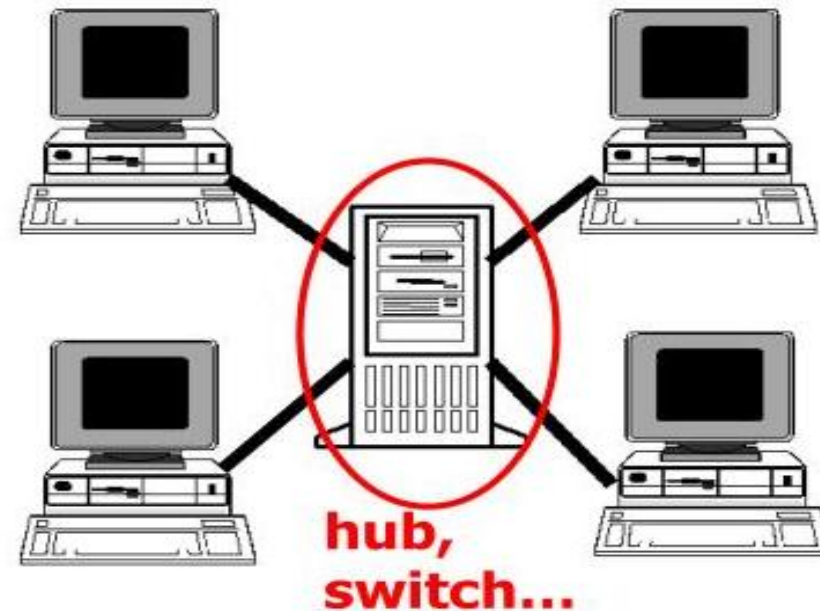
Topologie en bus

- Tous les équipements sont reliés à un **câble commun**
- Topologie adoptée par la plupart des réseaux locaux industriels et par les réseaux Ethernet
- Interconnexion possible par des répéteurs
- 😊 Rajout d'une station sans coupure réseau
- 😊 Pas de point critique
- ☹️ **Diffusion** des données sur le réseau : pb de confidentialité – possibilité de collisions si pas de protocole liaison adapté
- ☹️ Maintenance décentralisée
- ☹️ Détection de panne difficile



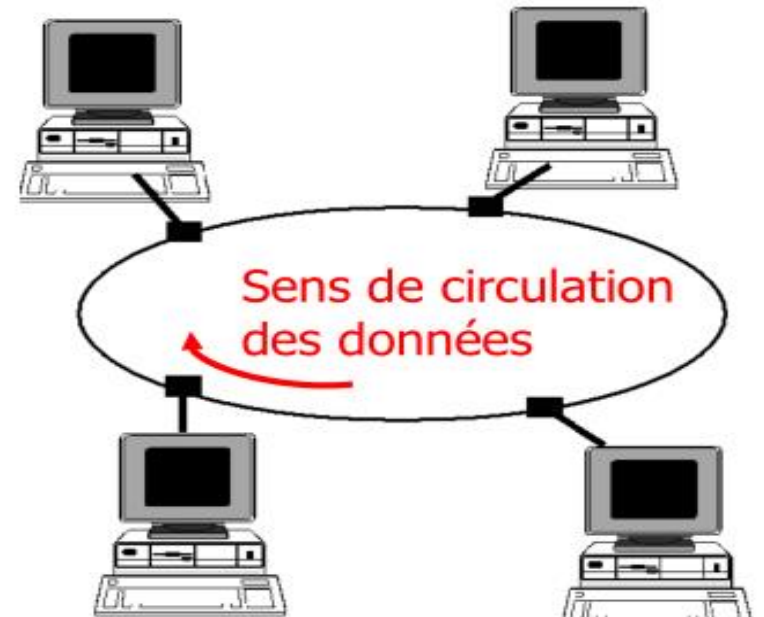
Topologie en étoile

- Toutes les machines sont reliées à un **équipement central** par lequel passent toutes les transmissions
- Applications
 - Terminaux passifs reliés à un ordinateur central
 - Câblages d'autocommutateurs privés
 - Réseau Ethernet en étoile
- ☺ Rajout d'une station sans coupure réseau
- ☺ Maintenance centralisée
- ☺ Détection de panne directe
- ☹ Point critique



Topologie en anneau

- Chaque machine est reliée à deux autres, l'ensemble formant une boucle fermée
- Les informations transitent **de machine en machine** jusqu'à leur destination
- Adoptée par les réseaux Token Ring et FDDI
- ☺ Pas de collision – Maîtrise des délais de transmission
- ☺ Détection de panne directe
- ☹ Maintenance décentralisée
- ☹ Chaque station est un point critique
- ☹ Rajout d'une station ⇨ coupure réseau

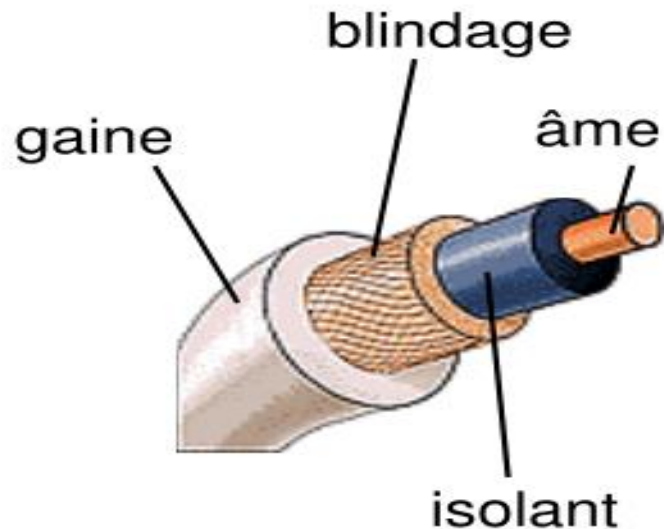


IV.1.4. Supports physiques des LAN.

- ❑ Plusieurs supports sont utilisés dans les réseaux locaux filaires
 - La paire torsadée,
 - Le câble coaxial,
 - La fibre optique,
 - L'air.
- ❑ Le choix du support conditionne *le Débit maximal et la taille du réseau* en raison de (*Affaiblissement, Capacité des supports*)
- ❑ Le choix d'un support détermine aussi les conditions de câblage
 - Flexibilité du support souhaitable ou non.
 - Coût de la connectique.
 - Immunité aux perturbations électromagnétiques.
 - Sécurité.

a- Câble Coaxiaux

- Deux conducteurs concentriques : le conducteur extérieur (blindage) est mis à la terre, le conducteur intérieur (âme) est isolé et centré à l'aide d'un matériau diélectrique.



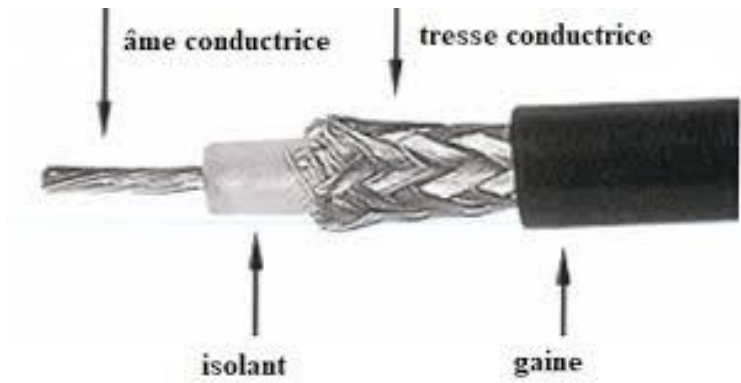
Gaine : protège de l'environnement extérieur. En caoutchouc, PVC, ou téflon)

Blindage : enveloppe métallique, permet de protéger les données transmises sur le support des parasites

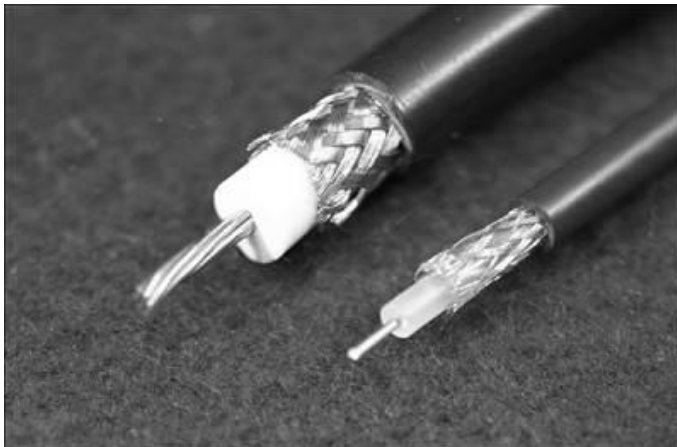
Isolant : matériau diélectrique, évite le contact avec le blindage (court-circuit).

Âme : transport des données, un seul brin en cuivre ou plusieurs brins torsadés.

- 😊 Meilleure BP, moins sensible aux perturbations (⇒ plus grandes distances, plus grands débits - Gbit/s-) que la paire torsadée. Moins cher que la fibre optique. Technologie rodée.
- ☹ Environ 8 fois plus cher, plus lourd et moins maniable que la paire torsadée ⇒ délaissé au profit de la paire torsadée.



Différents Câbles coaxiaux



RG8 câble épais et **Rg58** câble fin



Câble Rg58 (âme en brins)

b- Paires torsadées

- La paire torsadée est « un fil téléphonique ».
- Une paire torsadée est constituée de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre, qui s'enroulent en formant une hélice.
- Dans un câble à paires torsadées, plusieurs torsades sont réunies dans une même gaine.

Une paire
torsadée

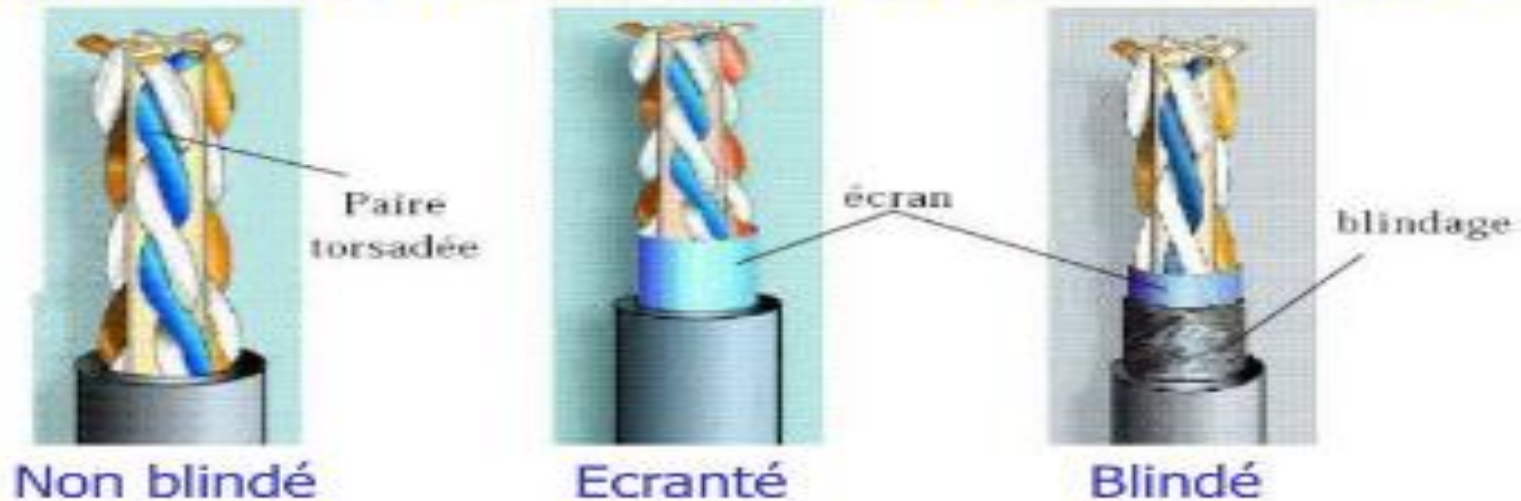







Un câble à
paires
torsadées

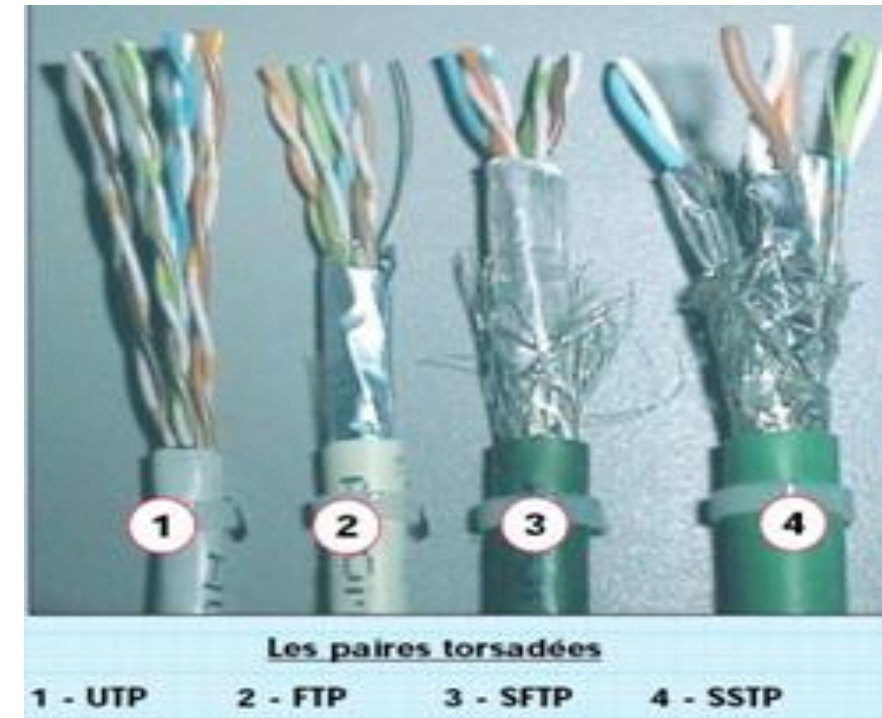


b- Paires torsadées

- Pour protéger le signal des perturbations extérieures, diverses techniques
 - **L'écrantage** : L'ensemble des paires ou chaque paire est entourée d'un film de polyester recouvert d'aluminium. *FTP = Foiled Twisted Pair*
 - **Le blindage** : contre les perturbations électromagnétiques **pour chaque paire d'un câble ou pour l'ensemble** à l'aide d'un écran (« tube » métallisé très mince), efficace en HF. *S-STP : Shielded Twisted Pair* ou *S-UTP : Shielded-Unshielded Twisted Pair*



| | |
|---|--|
|  | <p>Le câble UTP (Unshielded Twisted Pair) est un câble RJ45 non blindé. Utilisé dans la téléphonie. Ne pas utiliser sur les réseaux informatiques.</p> |
|  | <p>Le câble FTP (Foiled Twisted Pair) est un câble RJ45 dont le blindage général est assuré par une feuille d'aluminium. Suffisant en absence de parasites.</p> |
|  | <p>Le câble STP (Shielded Twisted Pair) est un câble RJ45 dont seules les paires sont blindées. Suffisant en absence de parasites.</p> |
|  | <p>Le câble S/FTP (Shielded Foiled Twisted Pair) est un câble RJ45 blindé à la fois par une feuille d'aluminium et une tresse. A utiliser en cas de présence de parasites et/ou de longueurs.</p> |
|  | <p>Le câble S/STP (Super Shielded Twisted Pair) est un câble RJ45 dont chaque paire est blindée en plus du blindage général. A utiliser en cas de longueurs et/ou de voisinage parasites importants.</p> |

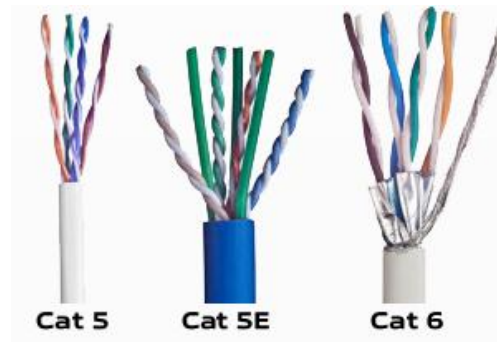


| Catégorie d'UTP | Description |
|-----------------|---|
| CAT1 | Jusqu'à 1Mbps. Vieux Câble Téléphonique |
| CAT2 | Jusqu'à 4Mbps. Réseaux Token Ring |
| CAT3 | Jusqu'à 10Mbps. Token Ring & Ethernet 10BASE-T |
| CAT4 | Jusqu'à 16Mbps. Réseaux Token Ring |
| CAT5 | Jusqu'à 100Mbps. Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring |
| CAT5e | Jusqu'à 1Gbps. Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet |
| CAT6 | Jusqu'à 10Gbps. Gigabit Ethernet, Ethernet 10G (55 mètres) |
| CAT6a | Jusqu'à 10Gbps. Gigabit Ethernet, Ethernet 10G (55 mètres) |
| CAT7 | Jusqu'à 10Gbps. Gigabit Ethernet, Ethernet 10G (100 mètres) |



Cat1

Cat 2-3



Cat 5

Cat 5E

Cat 6



Cat5e

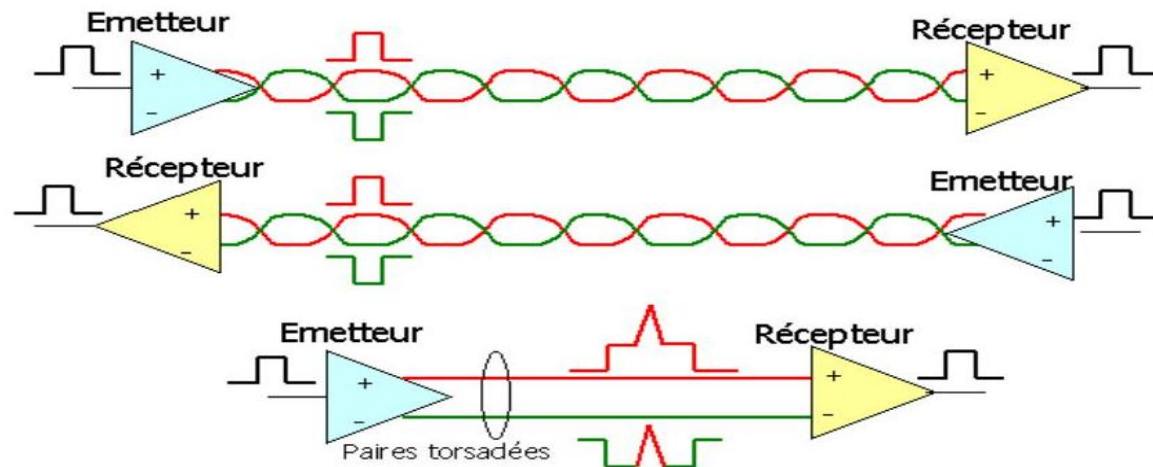
Cat6

Cat6a

Cat7

b- Paires torsadées

- Deux câbles côte à côte, sur lesquels a lieu une transmission électrique, se perturbent mutuellement.
- Une torsade crée une boucle qui génère un champ électrique.
- Deux torsades successives génèrent deux champs électriques opposés qui annulent les courants électriques perturbateurs.
- La transmission différentielle annule le bruit additif.



Color Standard
EIA/TIA T568A

Ethernet Patch Cable



Color Standard
EIA/TIA T568A

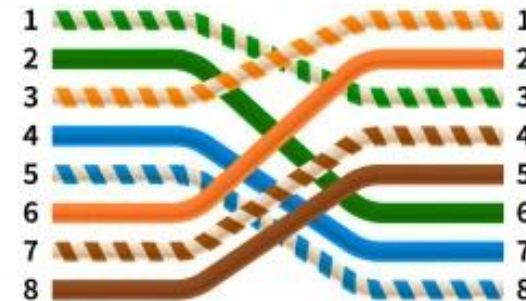
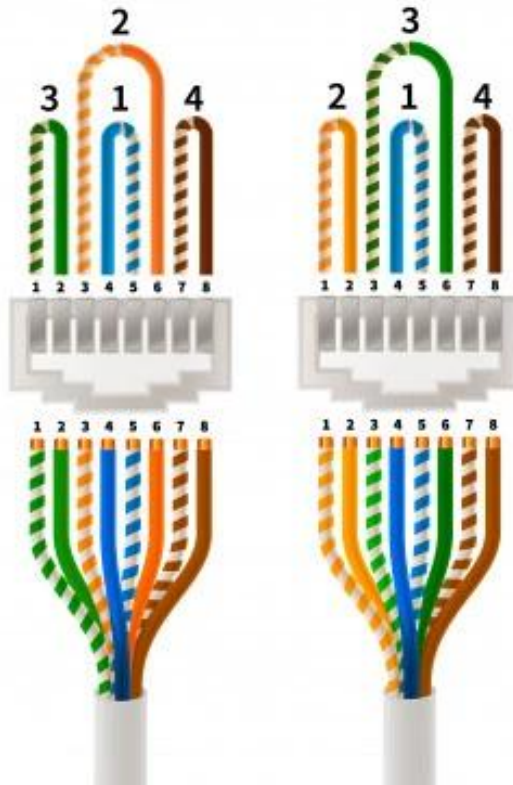
Ethernet Crossover Cable



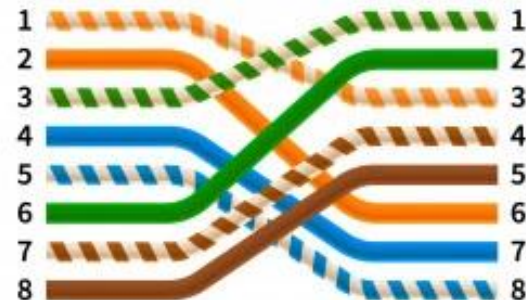
T568A

T568B

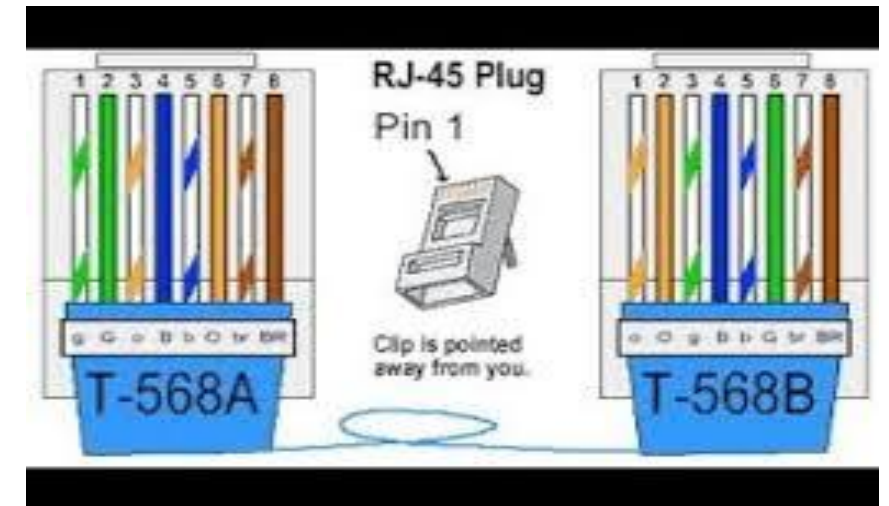
TIA/EIA CROSSED WIRING

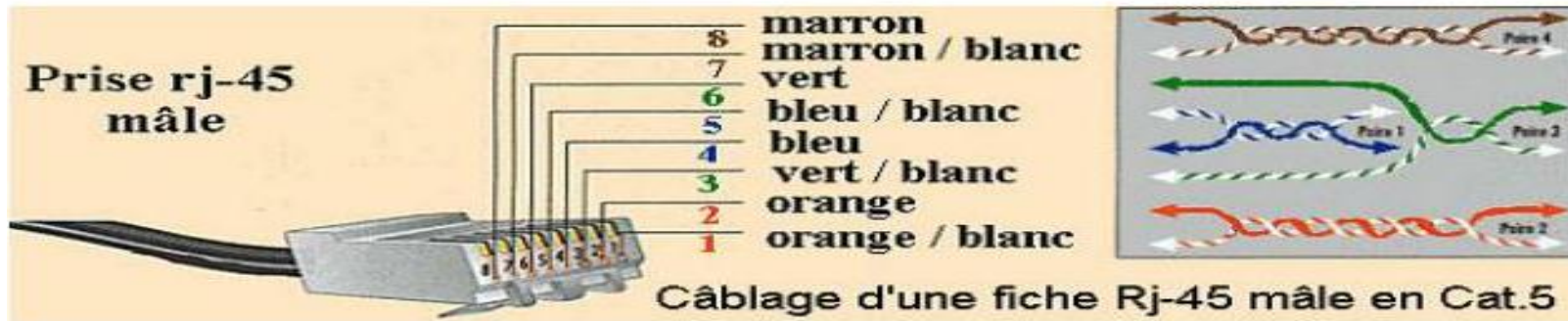


T568A



T568B



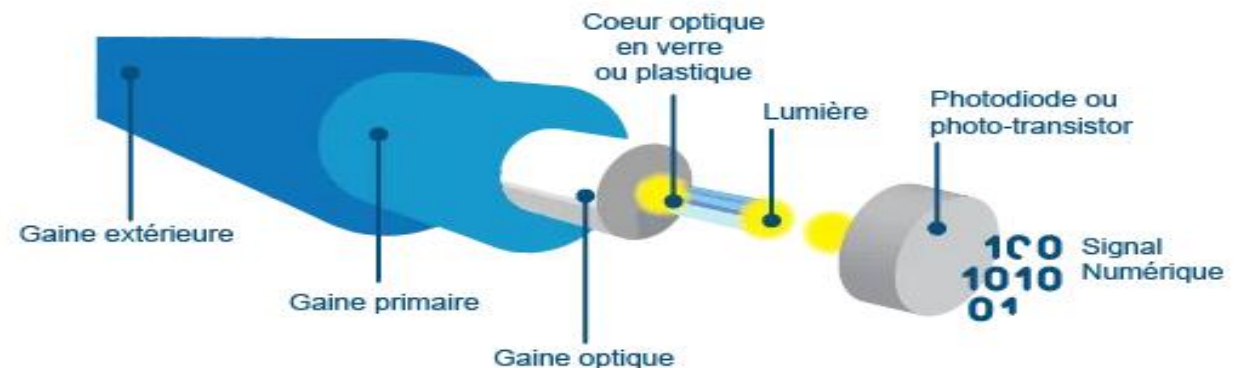


- Utilisation des broches
 - Téléphone : paires 4-5
 - Ethernet 10BaseT et 100BaseT : paires 1-2 et 3-6
 - ATM 51 Mbit/s ou 155 Mbit/s : paires 1-2, 4-5, 3-6 et 7-8

| Catégorie | Usage | Bande passante | Longueur | Application |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|----------|---------------------------------|
| 1 & 2 | Voix et données à faible vitesse | 1MHz | 15m | Services téléphoniques |
| 3 | Voix et données à 10Mbit/s | 16MHz | 100m | Ethernet 10baseT |
| 4 | Voix et données à 16Mbit/s | 20MHz | 100m | Token-Ring, Ethernet 10Mbit/s |
| 5 6 7 | Voix et données à hautes fréquences | 100MHz 250MHz 600MHz | 100m | Fast Ethernet, Gigabit Ethernet |
















c- Fibre optique

- C'est un guide cylindrique de diamètre de qq microns, en verre ou en plastique, recouvert d'un isolant, qui conduit un rayon optique modulé
- La fibre multimode
 - rayons lumineux avec réflexions : dispersion
 - coeur optique : diamètre 50 ou 62.5 microns
 - gaine optique : 125 microns
 - Deux types : à sauts d'indice (beaucoup de dispersion nodale) ou à gradient d'indice
- La fibre monomode
 - rayons lumineux « en ligne droite »
 - coeur optique : faible diamètre de 9 microns \Rightarrow nécessite une grande puissance d'émission, donc des diodes au laser, onéreuses.
 - gaine optique : 125 microns



c- Fibre optique

- **Bande passante** importante (débit > au Gbit/s)
- **Insensibilité aux parasites électriques et magnétiques**
- Faible encombrement et poids
- Atténuation très faible sur de grandes distances
- Vitesse de propagation élevée
- Sécurité (absence de rayonnement à l'extérieur, difficulté de se mettre à l'écoute)...
- ☹ La fibre est bon marché mais la connectique coûte cher (grande précision requise)

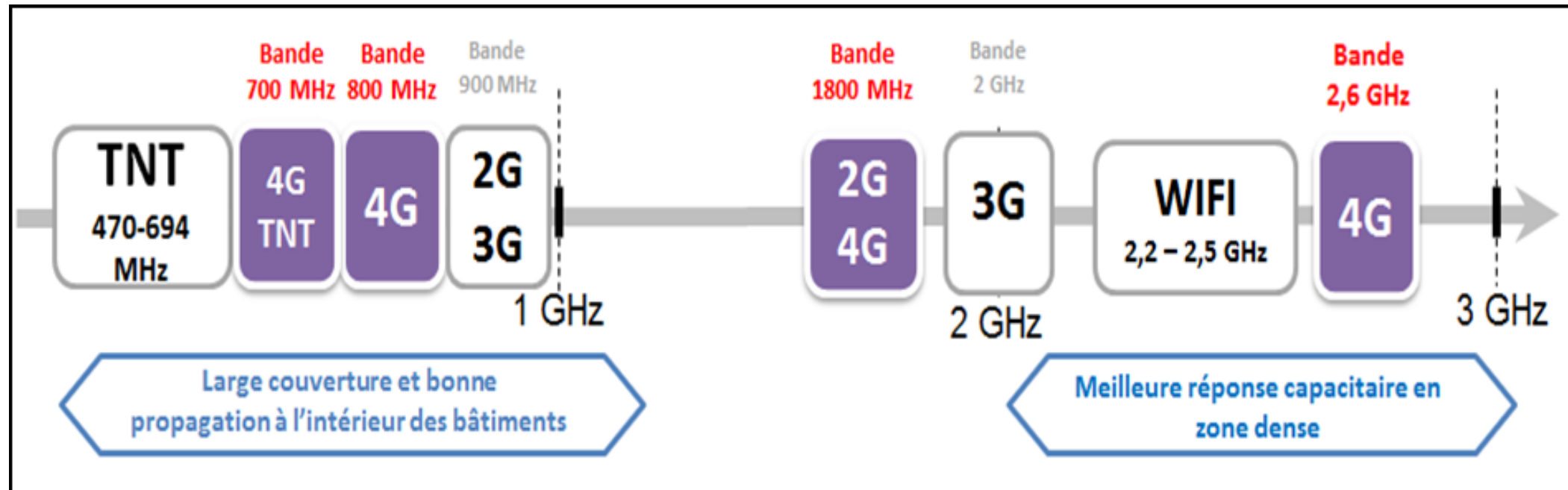
| | | SC | LC | FC | ST |
|--------------|--|---|---|---|---|
| Monomode |  |  |  |  |  |
| Monomode APC |  |  |  |  |  |
| Multimode |  |  |  |  |  |

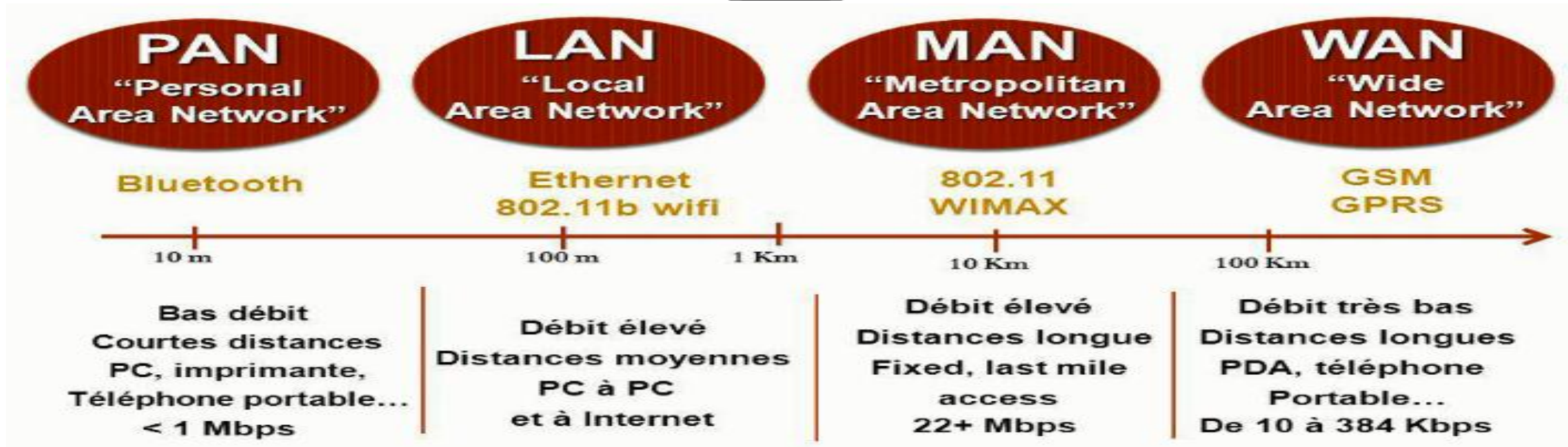
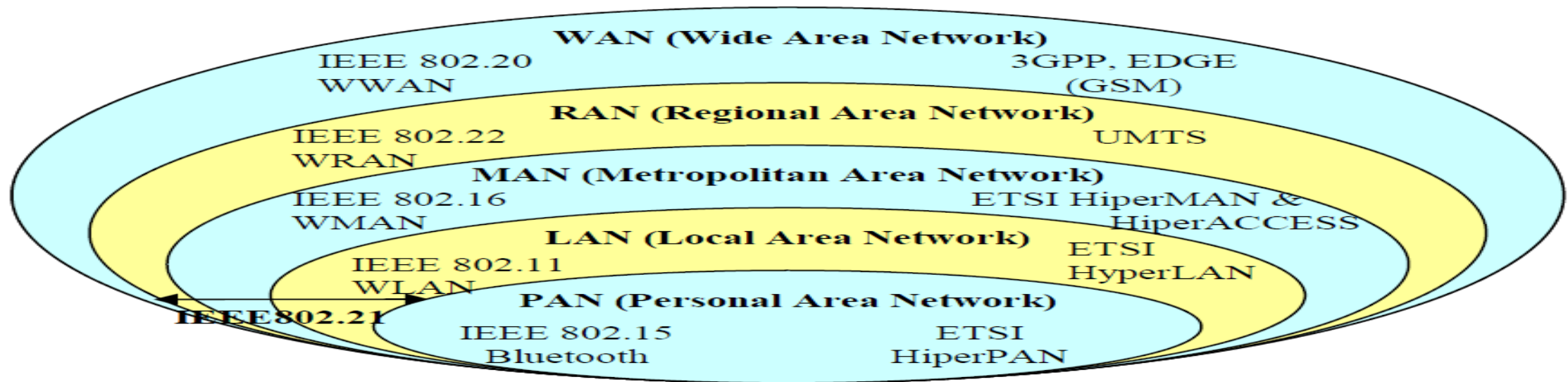
d- Sans fil

- ❑ Le *sans fil* permet de s'affranchir du câblage dans la mise en œuvre des réseaux locaux.
- ❑ Avantages :
 - *Mobilité* : augmente l'efficacité et la productivité
 - ✓ Immeubles anciens
 - ✓ Halls, salle de réunion, cafés, lieux publics
 - Temps d'installation réduit.
 - Facilité d'emploi pour les utilisateurs.
 - Maintenance facile, coût d'équipement faible
 - Réseaux *ad hoc*.
- ❑ **Plusieurs solutions** : chaque solution correspond à un usage différent en fonction des caractéristiques (débit, coût, sécurité, souplesse d'utilisation et de configuration, consommation électrique et autonomie).

d- Sans fil

- ❑ **Interférences** : Les bandes de fréquences utilisées sont les mêmes que les fréquences des fours microondes et d'autres équipements.
- ❑ **Sécurité** : les informations transitent « dans l'air » sans précaution particulière, tout récepteur équipé d'une antenne peut : lire les données, les modifier se connecter au réseau,
 - problèmes : confidentialité, intégrité, authentification.
- ❑ **Roaming (Handover)**: Un utilisateur mobile peut quitter la portée d'un point d'accès.
- ❑ **Consommation énergétique**: Les équipements mobiles ont une batterie de faible capacité. L'énergie doit être économisée.
- ❑ **Réglementation des émissions** : On n'émet pas à n importe quelle fréquence ni à n importe quelle puissance.
 - ❑ A l'intérieur des bâtiments
 - ❑ Pas d'autorisation préalable
 - ❑ Bande 2.4465 -2.4835 GHZ pour 100 mw.
 - ❑ Bande 2.4465 -2.4835 GHZ pour 10 mw.
 - ❑ A l'extérieur des bâtiments dans un domaine privé:
 - ❑ Autorisation obligatoire auprès de l'autorité de régulation de télécom
 - ❑ Bande 2.4465 -2.4835 GHZ
 - ❑ Sur le domaine public ; règles édictées par ART.





| Cat. | Portée max | Débit | Usages | Normes |
|------|----------------------------|------------------|---|---|
| WPAN | Qqs m | 1 Mbit/s | Réseau particulier | IEEE 802.15 (Bluetooth), NFC, ETSI HyperPan |
| WLAN | 500 m | + de 50 Mbit/s | Réseaux internes, propres à un bâtiment (soit comme réseau d'entreprise, soit comme réseau domestique). | IEEE 802.11 (a,b,c,...) ETSI HyperLan |
| WMAN | 4 à 10 kilomètres | de 1 à 10 Mbit/s | Ville, Campus, ... Interconnecte plusieurs WLAN | IEEE 802.16 WiMax ETSI HyperMan |
| WWAN | Plusieurs centaines de kms | de 1 à 10 Mbit/s | Régional, National Interconnecte plusieurs villes | Basé sur des technologies cellulaires |

Synthèse

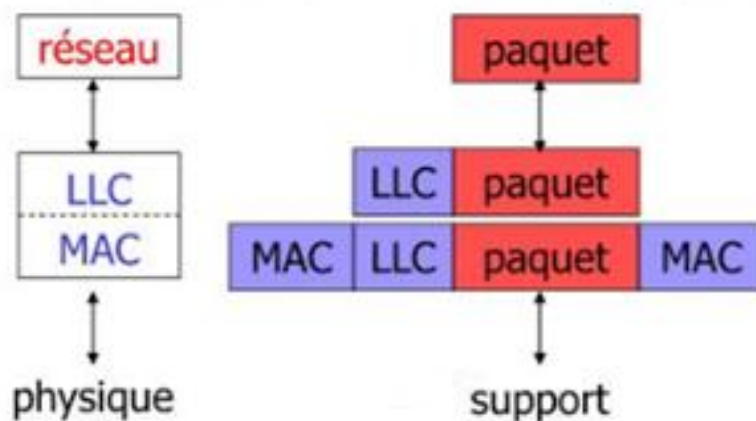
| Support | Bande passante | Application | Réseau |
|----------------|----------------|----------------------|---|
| Paire torsadée | > 100 kHz | Téléphonie, LAN | Ethernet, Token Ring |
| Câble coaxial | > 100 MHz | Téléphonie, LAN, MAN | Anciennement Ethernet, Token Bus |
| Fibre optique | > 1GHz | LAN, MAN, WAN | Interconnexion de réseaux locaux éloignés |

IV.2 Normalisation des réseaux locaux

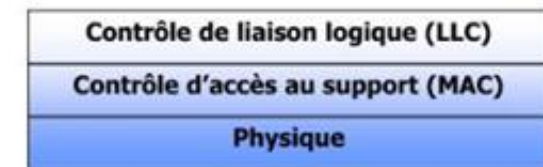
IV.2.1 Architecture IEEE

- *Normalisation des réseaux locaux* par la création en 1980 par l'IEEE du *comité 802*
 - **But :** développer un standard permettant de transmettre des trames sur un support partagé dans un réseau local standard.
 - Transfert de fichiers, applications bureautiques, processus de commandes, transmission vidéo, voix.
- *Quelles contraintes ?*
 - Supporter au moins 200 stations.
 - Couverture jusqu'à 2 km.
 - Débit entre 1 Mb/s et 100 Mb/s minimum.
 - Insertion et retrait de stations sans perturbations.
 - Taux d'erreur inférieur à 10^{-1}
 - Adressage physique individuel ou en groupe
 - Conformité au modèle OSI.
 - Le contrôle d'accès au support (partage dans le cas d'une liaison multipoint,...).
 - Pour le transfert de données, détection et la récupération d'erreurs, la compatibilité entre différents constructeurs et la robustesse en cas de pannes

- La normalisation IEEE concerne les 2 couches basses du modèle *OSI* devant assurer la communication dans un RLE. Les standards produits par IEEE correspondent à :
 - *La couche physique* : a pour but de transmettre des bits entre les deux entités matérielles communicantes.
 - *La couche liaison* : a pour but de régler en plus *les problématique d'accès au support (Méthode d'accès)*.
 - La *couche MAC* de bas niveau (*Medium Access Control*): son rôle est de partager le support entre toutes stations. On parle alors de *méthode d'accès* ou de *topologie logique*.
 - La *couche LLC* (*Logical Link Layer*) implémente un protocole de liaison défini dans le modèle OSI dont le rôle est de gérer la communication (Interfaçage, gestion des erreurs, gestion de la liaison).



Modèle OSI



Modèle IEEE

Le comité 802 a donné naissance à une série de standards pour couvrir l'ensemble des besoins. C'est ainsi que plusieurs sous-comités ont été créés pour élaborer plusieurs standards :

- 802.2 : LLC.
- 802.3 : Ethernet.
- 802.4 : Jeton sur Bus.
- 802.5 : Jeton sur anneau
- 802.6 : normalisation des réseaux locaux urbains
- 802.7 : Réseaux large bande.
- 802.8 : Réseaux à fibre optique.
- 802.9 : réseaux à intégration de services.
- 802.11 : Réseaux sans fils WiFi (802.11p, 802.11e,...etc)
- 802.15 : Réseaux privés sans fils WPAN (Zigbee, bluetooth,...).
- 802.16 : Réseaux Wimax
- 802.17: Réseau à anneau a fibre optique avec QdS, ,etc

| | | | | |
|-------------------|--|-------------------------|--------------------|---------------------|
| Application | | | | |
| Présentation | | | | |
| Session | | | | |
| Transport | | | | |
| Réseau | | | | |
| Liaison de donnée | | 802.2 | | |
| | | 802.3 CSMA/CD Bus | 802.4 Token Bus | 802.5 Token Ring |
| | | | | ... etc. |
| Physique | | Physique | | |

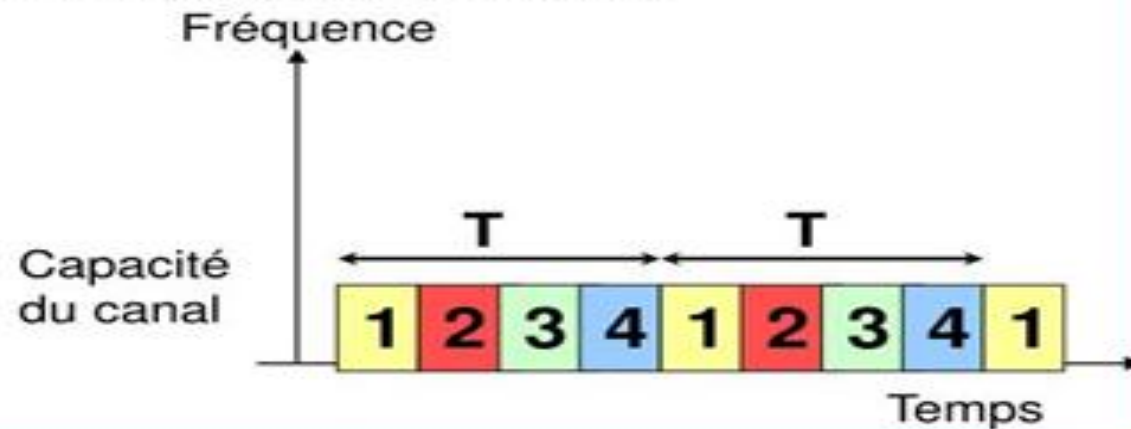
IV.3 Méthodes d'accès

- Une méthode d'accès définit la politique d'accès aux supports du réseau lorsque plusieurs machines veulent communiquer en même temps, cette politique est implémentée dans la carte réseau au niveau de la sous couche MAC.
- Il existe de nombreuses techniques normalisées:
 - *Centralisées ou distribuées* : une station primaire désignée est chargée de régler les conflits d'accès, ou le contrôle est distribuée entre toutes les stations.
 - *Statiques ou dynamiques*.
 - *Déterministes ou probabilistes (Aléatoires)*: garantie au bout d'un temps défini l'accès au support ou non (probabilité).
 - *Equitables ou non* : vis-à-vis des possibilités d'accès des stations
 - *Avec ou sans contentions*: existence de collisions de trames.

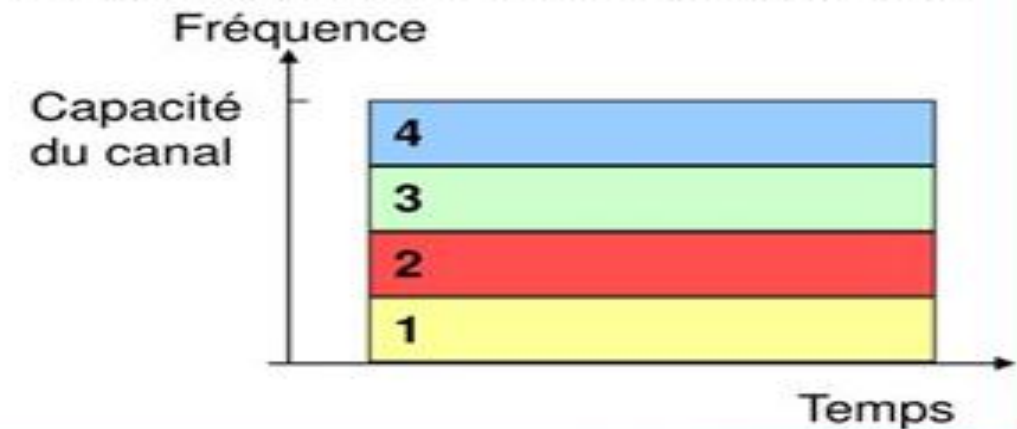
3.1 Techniques statiques (multiplexage FDMA, TDMA synchrone)

- La bande passante est répartie de façon **définitive** entre les stations (temporellement ou fréquentiellement).

- Accès Multiple à répartition dans le temps (**AMRT**) ou **TDMA**, *Time Division Multiple Access*



- Accès Multiple à répartition en fréquence (**AMRF**) ou **FDMA**, *Frequency Division Multiple Access*



- ☹ Mal adapté aux réseaux locaux où le retrait/ajout de stations est fréquent ce qui nécessite de redéfinir la trame fréquemment.
- ☹ Perte de la bande passante quand une station n'émet pas.

3.2 Techniques probabilistes (aléatoires)

3.2.1 ALOHA

Mise en œuvre pour un réseau radio de diffusion de paquets reliant les îles d'Hawai.

Principe

- Attendre un acquittement au maximum pendant une durée égale à 2 fois le temps de propagation.
- La paquet subit une erreur ou une collision retransmission
- Au bout de n retransmissions successives du même paquet, la station émetteur abandonne

Emission

- Accès au support pour émettre une trame
- Attendre un acquittement au maximum pendant une durée égale à deux fois le temps de propagation (slot)
- Si une réception d'acquittement est faite alors transmission OK
- Sinon ré-émission de la trame selon un algorithme de reprise

Réception

- Vérifier la trame reçue
- Si vérification est positive alors émission d'un acquittement
- Sinon rien (soit une collision s'est produite ou erreur de transmission)

3.2.2 ALOHA en tranches ou Slotted Aloha

Principe

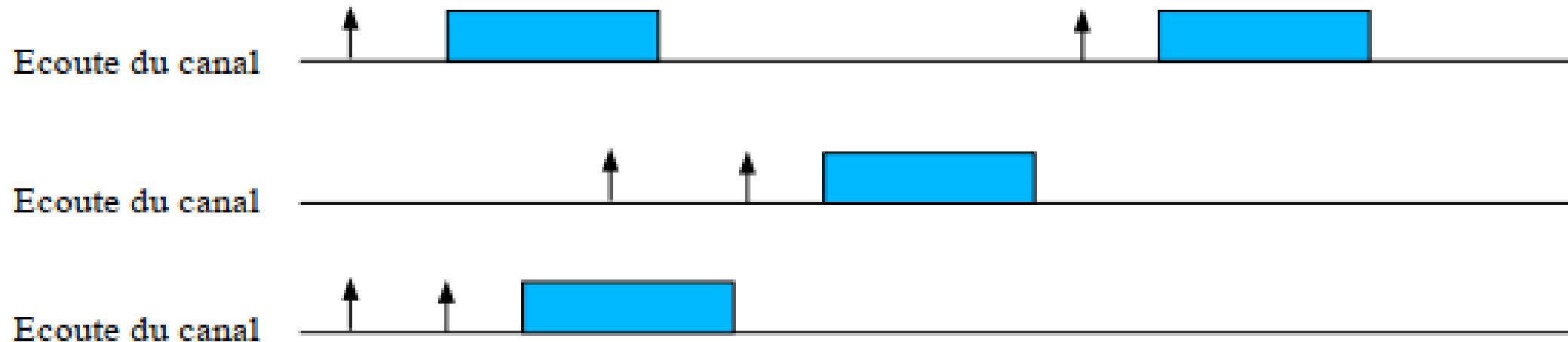
- Le temps est discrétisé : découpé en tranches de temps appelé slot
 - Les stations sont synchronisées
 - Une station transmet un paquet au début d'un slot
- Amélioration par rapport à ALOHA simple
- Inconvénients
 - Taux d'utilisation du canal : 36%
 - Il y a une très mauvaise utilisation du canal

3.2.3 Les techniques Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

Principe

- Cette technique consiste à écouter le canal avant d'entreprendre une émission.
- Si le communicateur détecte un signal sur le canal, il diffère son émission à un moment ultérieur

Problème : il peut toujours y avoir des collisions en cours d'émission



Les variantes de CSMA

Selon le type de décision prise lorsque le canal est détecté occupé :

- **CSMA non-persistent** : lorsque la station détecte un signal, elle attend un délai aléatoire avant de réitérer la procédure (écoute de la porteuse, . . .).
- **CSMA persistant** (variante retenue) : la station "persiste" à écouter le canal jusqu'à ce que celui-ci devienne libre puis émet.
- **CSMA p-persistent** : lorsque le canal devient libre, la station émet avec une probabilité p , et diffère son émission avec une probabilité $(1-p)$; ceci permet de diminuer la probabilité de collision par rapport au CSMA persistant

CSMA/Collision Detection (IEEE 802.3)

Principe

- A l'écoute préalable du signal, s'ajoute l'écoute pendant la transmission et en cas de collision, la ré-émission au bout d'un temps aléatoire.
- Utilisé pour Ethernet, normalisée par l'ISO sous l'appellation 802.3

Pseudo-algorithme

- Ecouter le câble pour détecter la présence d'un signal.
- Si transmission en cours alors attendre la fin.
- Dès que le support est libre alors transmettre et rester à l'écoute pour détecter les collisions.
- Si collision alors **E** stop l'envoi et attend un délai $[0..N]$ puis retransmettre le signal.
- Si nouvelle collision alors **E** stop l'envoi et attend un délai $[0.. 2N]$ puis retransmettre le signal.
- Ainsi de suite.

Avantages

- Gain d'efficacité
- Détection précoce des collisions
- Reprise après collision visant à diminuer la probabilité d'une nouvelle collision

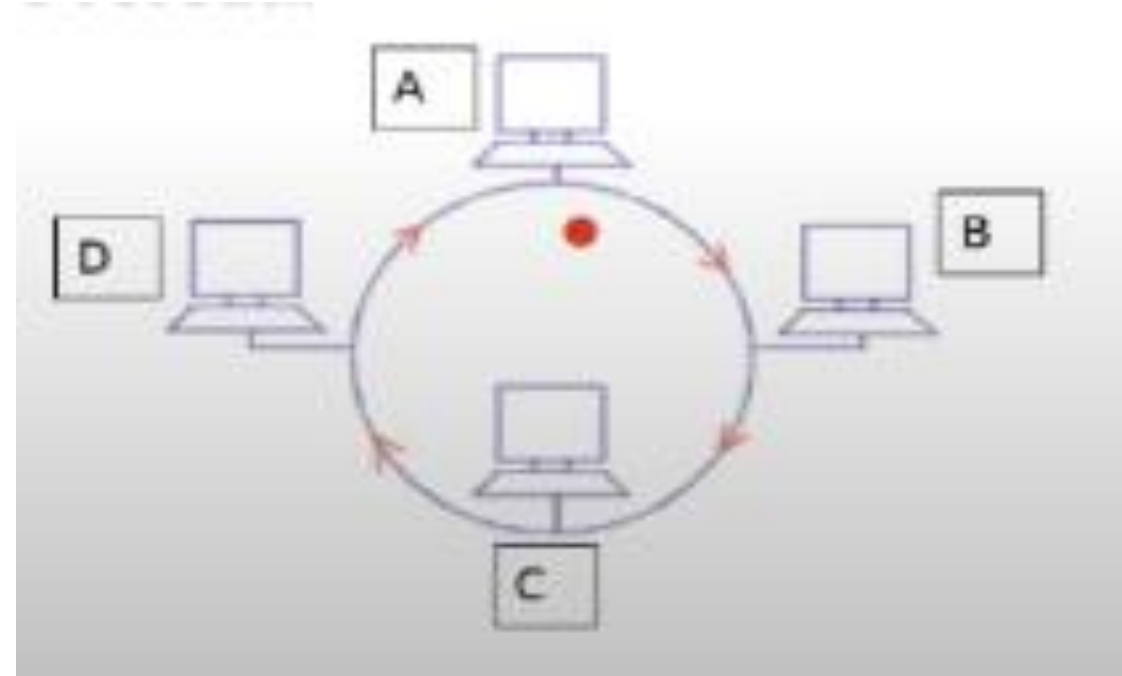
3.3 Techniques déterministes

Méthode d'accès du jetons (Token Ring IEEE 802.5)

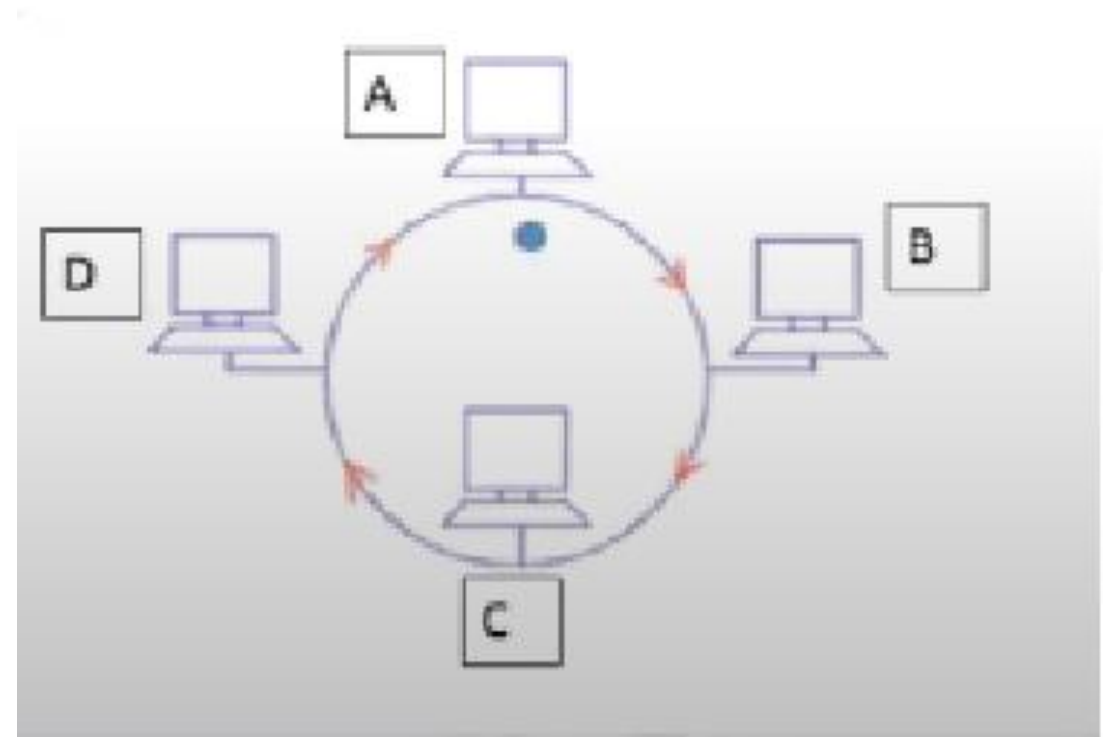
Pseudo-algorithme

A transmet à C

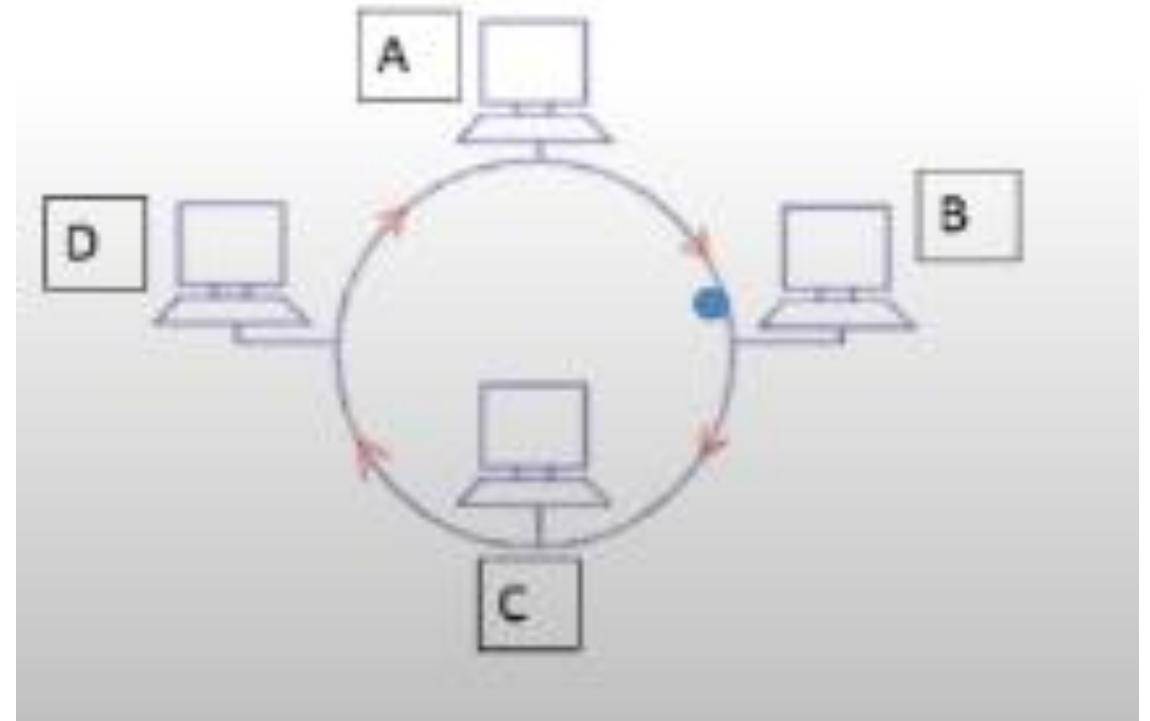
1. Le jeton circule librement (rouge) sur le réseau



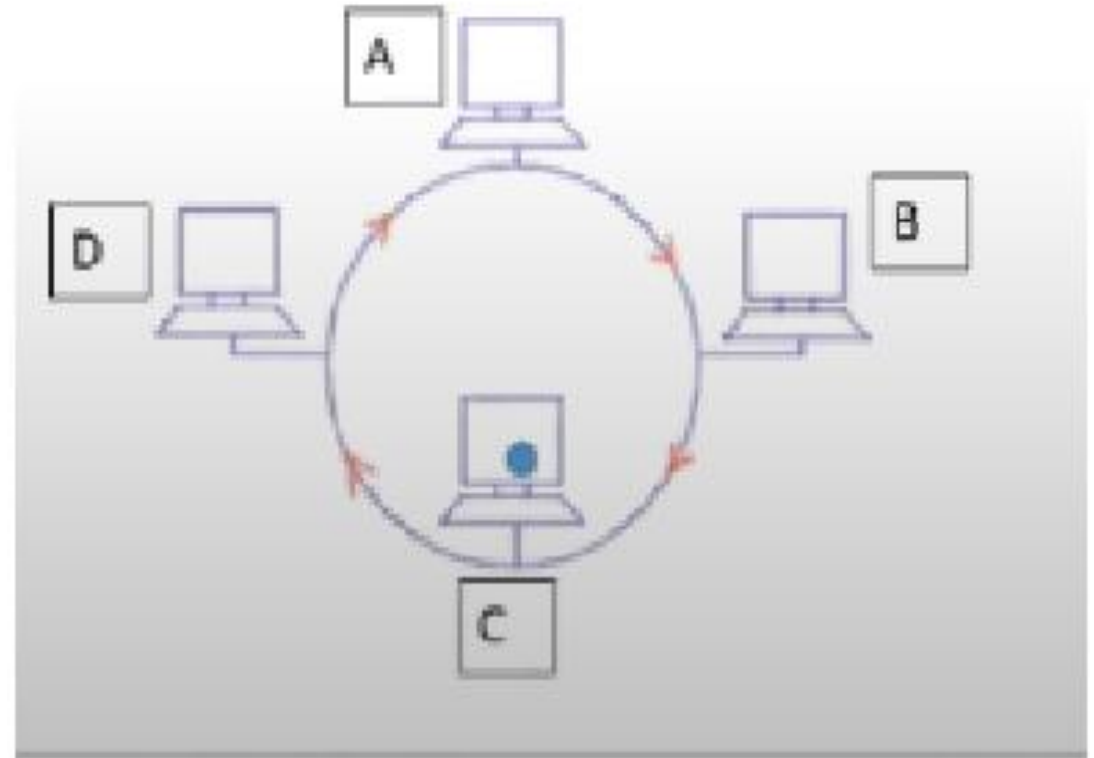
2. L'émetteur (A) reçoit le jeton libre, lui attache les données à transmettre avec l'adresse de destination (C) et transmet la trame à (B) avec le jeton marqué Occupé (bleu).



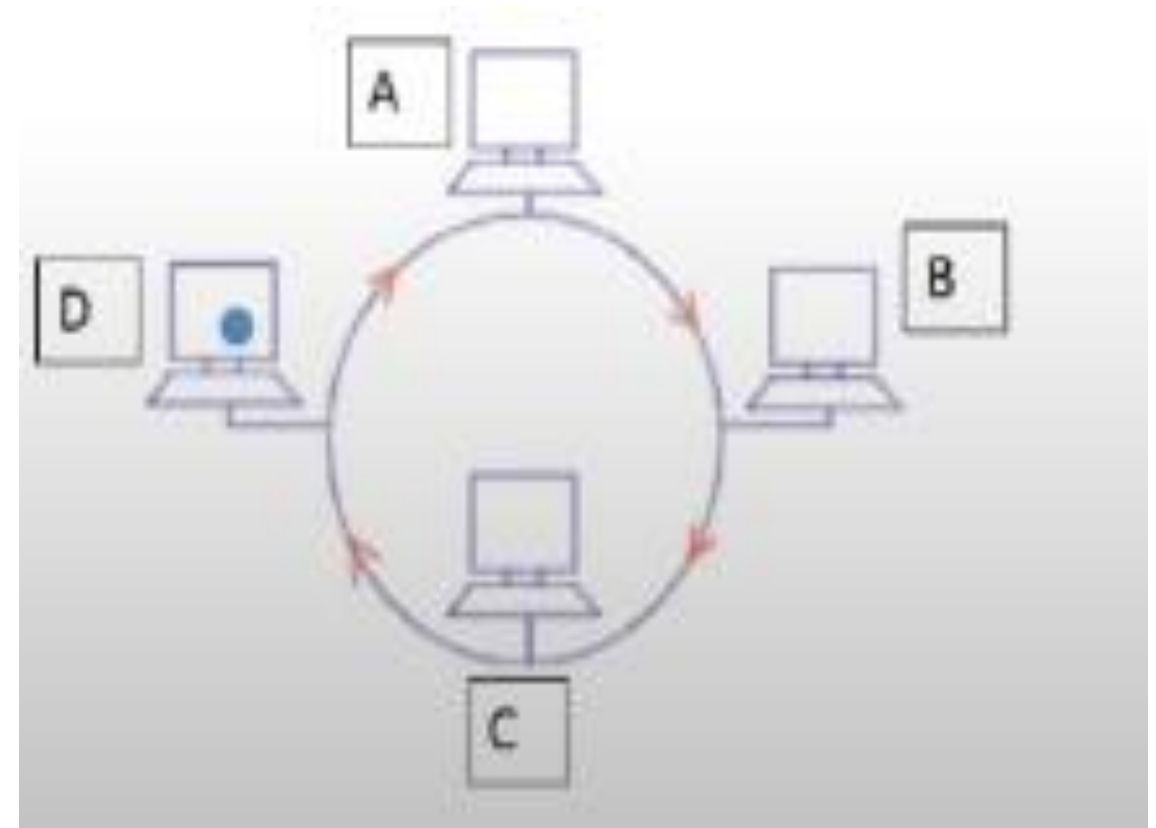
3. (B) reçoit la trame, compare son adresse avec celle de la destination, (B) n'est pas la destination alors elle retransmet la trame à la station suivante.



4. (C) reçoit la trame, retire les données et marque la trame lue (accuse réception vers A), le jeton est toujours occupée.

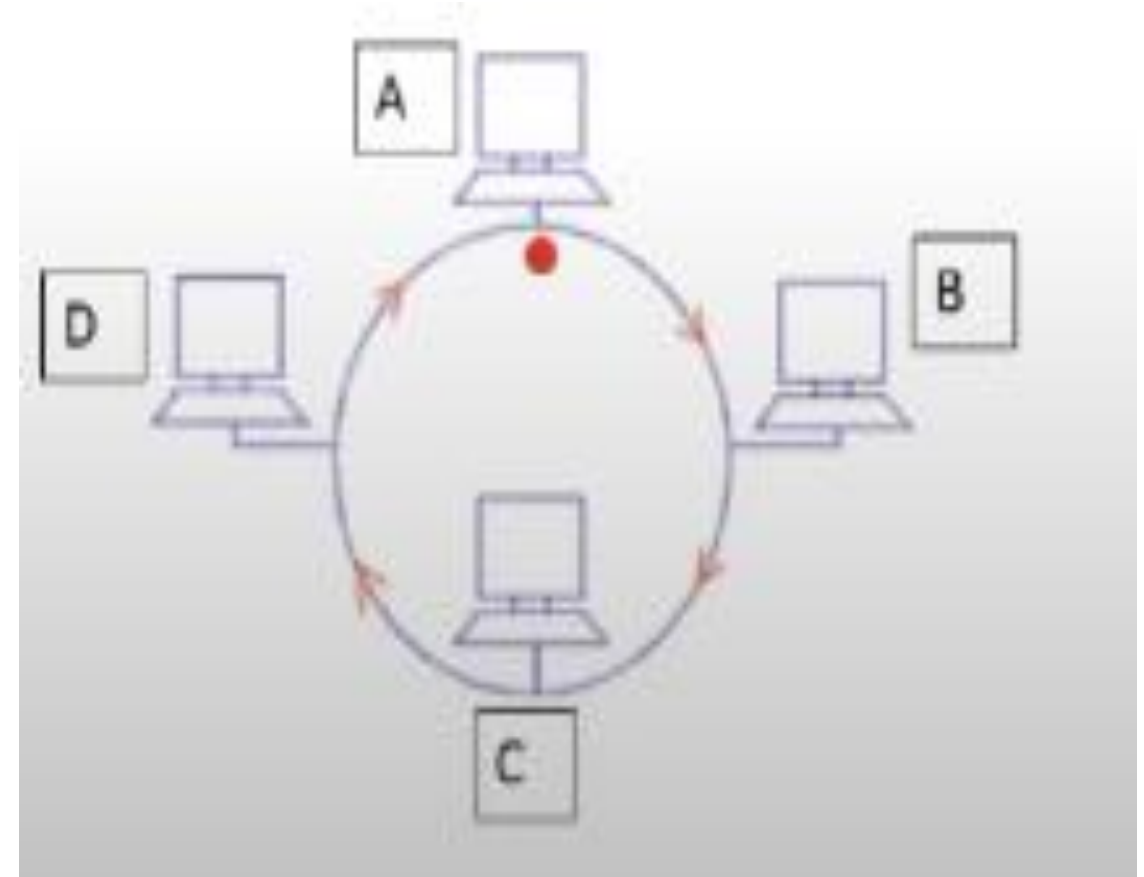


5. (D) transmet le ACK (l'accusé de réception) à A.



6. La station (A) reçoit la trame, constate que C a bien reçu la trame, la retire et libérer le jeton.

Fin



IV.3.2 Comparaison entre 802.3 et 802.5

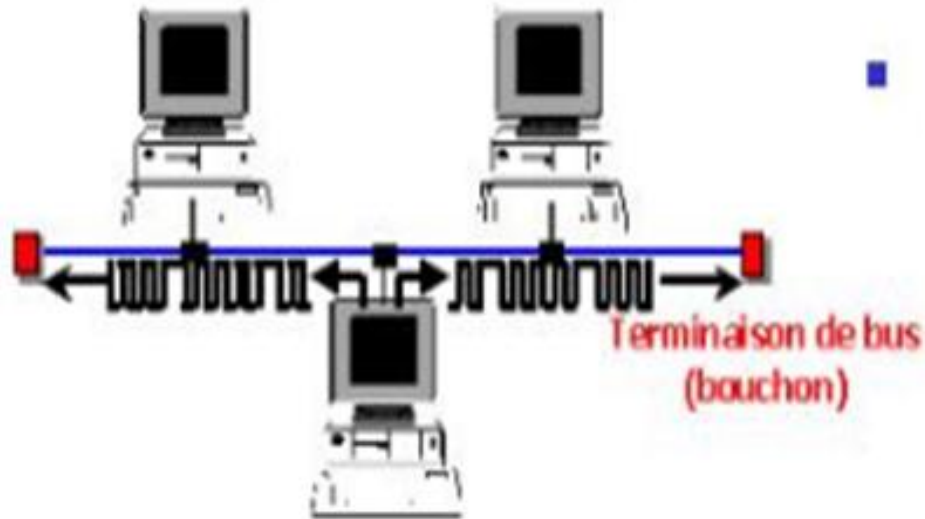
Les critères de comparaison à retenir sont :

- **Le débit** : On constate qu'à faible charge, les réseaux 802.3 présentent une meilleure efficacité. En effet, dans un anneau, si une station veut émettre elle doit attendre le jeton. Cependant à forte charge, les collisions se font plus nombreuses dans le 802.3 ; ce qui provoque l'effondrement du débit utile. Par contre, dans un 802.5 le débit utile tend vers sa valeur nominale.
- **Application** : Le 802.3 est *dîte probabiliste*, c'est-à-dire qu'il est possible de déterminer en fonction du trafic, la probabilité pour qu'une station puisse émettre, mais il est impossible *de borner ce temps*. Dans le 802.5, il est toujours possible de déterminer le laps de temps au bout duquel on est certain que la station obtiendra le jeton ; le réseau est *dit déterministe*. Par conséquent, les deux normes sont inadaptées pour les applications isochrones (temps réel) ex : *multimédia*. Reste que la 802.3 offre de meilleures performances à faible charge, à condition de tolérer une perte de la qualité due aux collisions.
- **Distances** : Les distances couvertes sont sensiblement les mêmes. Toute fois l'infrastructure anneau est plus difficile à réaliser du fait de la boucle, et donc le câblage consommé est plus important.

IV.4. Les Réseaux Ethernet

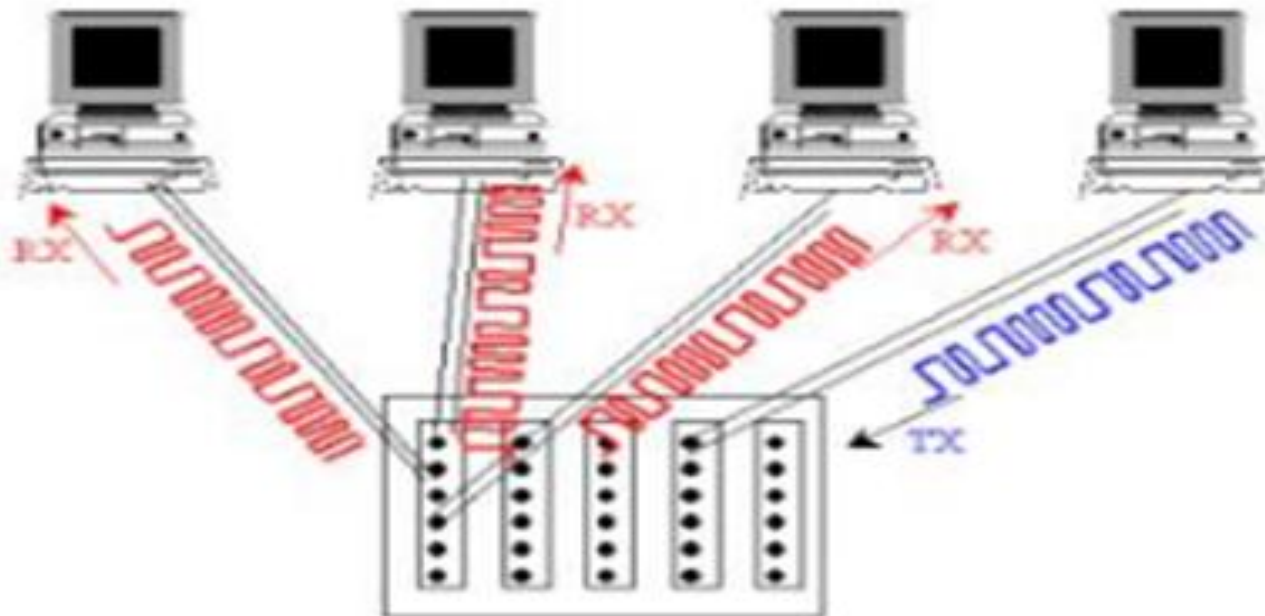
- **Ethernet** a été conçu par XEROX corporation dans des années 70.
 - **Ether** l'espace à travers lequel étaient censées se propager les ondes
 - **Net**, abréviation de Network
- C'est la norme la plus utilisée pour les réseaux locaux
- Il fait suite au développement d'un projet ALOA (interconnexion par *liaison radio* des îles Hawaï), avant de considérer CSMA/CD. Le réseau final permet de partager une liaison haut débit de plus de 100 mètres entre différents ordinateurs en bus sur un câble coaxial à **10 Mbits/s**.
- Extension à des topologies en étoile

- A l'origine, topologie de bus
 - Câble coaxial, connexion des stations « en parallèle »
 - Diffusion des trames par propagation bidirectionnelle



- A l'origine, câble coaxial épais + prise vampire (10BASE5)
 - Câble coûteux et rigide
 - Connexion délicate à réaliser et non fiable
 - Segments jusqu'à 500m, 100 stations par segment
- Puis câble fin + BNC (10BASE2)
 - Segments jusqu'à 125m, 30 stations par segment
- ☹ Localisation des pannes difficiles (par réflectométrie)

- Puis normalisation de l'étoile avec hub (10BASE-T)
 - Hub avec deux paires torsadées (Tx et Rx).
 - Une trame reçue sur une ligne est diffusée sur toutes les autres
 - ☺ : souplesse d'installation, détection de pannes aisée, paires torsadées disponibles dans tous les bureaux
 - ☹ : augmentation du nombre de câbles nécessaires, distances inférieures au câble coaxial (100 à 200m selon qualité)



IV.3.2 Normalisation des réseaux Ethernet

Les réseaux Ethernet sont les plus utilisés car le prix de revient n'est pas très élevé. Ils sont classés en différentes catégories selon leurs caractéristiques : type de support, longueur de segment, débit binaire, type de transmission. Cela a conduit à la normalisation représentée par la désignation suivante :

D TRANS L

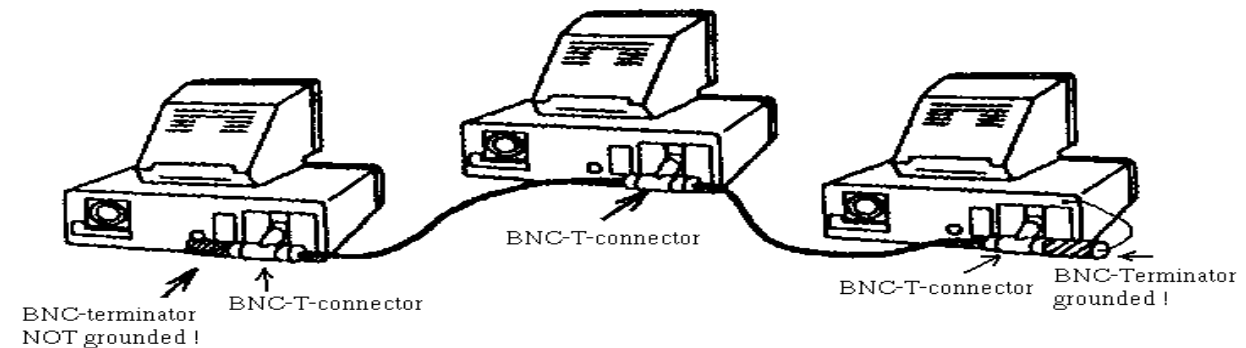
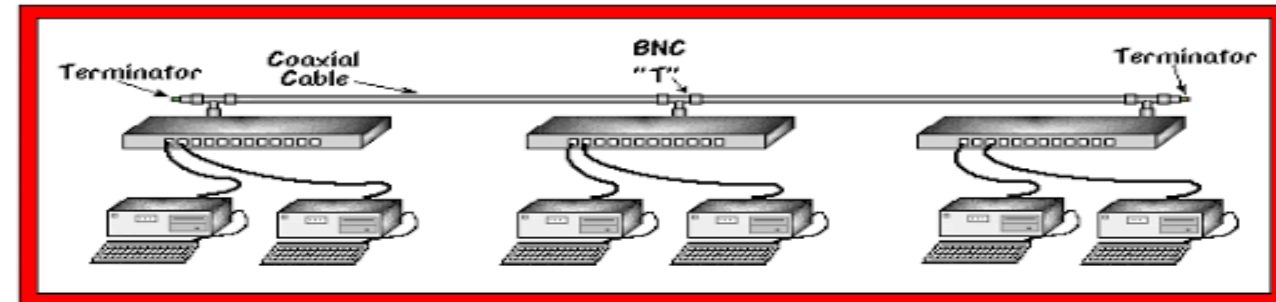
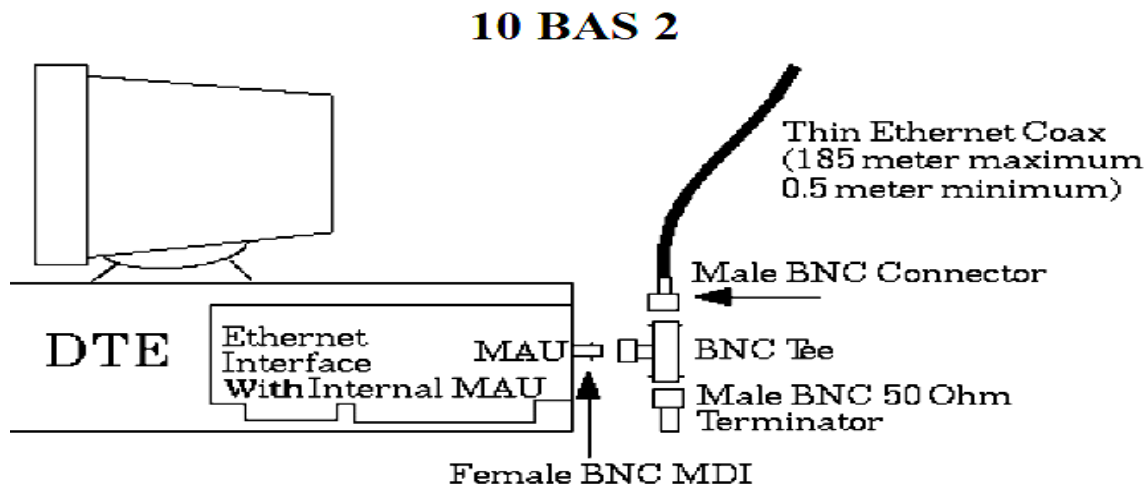
- **D** : Désigne le débit binaire maximal sur le tronçon exprimé en Mbit/s.
- **Trans** : Désigne le type de transmission **Broad** pour analogique et **Base** pour numérique.
- **L** : Peut prendre plusieurs valeurs :
 - **T ?** : { **Tx** , **T4**, **T**,... } : Pour exprimer une topologie en étoile utilisant un hub et de la paire torsadée. La longueur d'un segment est égale à 100 mètres maximum. **Exemple** : 100 base TX, 10 base T.
 - **F ?** : { **Fx** , **F**,... } : Pour exprimer une topologie en étoile en utilisant un hub et de la fibre optique. La longueur d'un segment est égale à 500 mètres maximum. **Exemple** : 100 base FX, 10 base F.
 - **V** : valeur pour désigner la longueur maximale en centaines de mètres d'un segment de câble coaxial dans un réseau en topologie bus. **Exemple** : 10 base 2, 10 base 5, 10 Broad 35.
 - **XX** : Toute autre codification normalisant le Giga Ethernet dont les performances dépassent le 1 Gbits. **Exemple** : LH, SX, ZX,...

IV.3.2.3 Description de quelques réseaux Ethernet

Il existe actuellement trois déclinaisons d'Ethernet normalisées par IEEE : Standard Ethernet 10Mbps (norme **802.3**), le Fast Ethernet à 100 Mbps (norme **802.3u**) et le Gigabit Ethernet (norme **802.3ab**).

I. Ethernet Standard 10 Mb

- **10 Base 2** : est un réseau utilisant un câble coaxial fin avec des connecteurs BNC en T. Il est facile à installer, par contre, comme les connecteurs affaiblissent le signal du coût on ne peut mettre que 30 stations sur le câble.

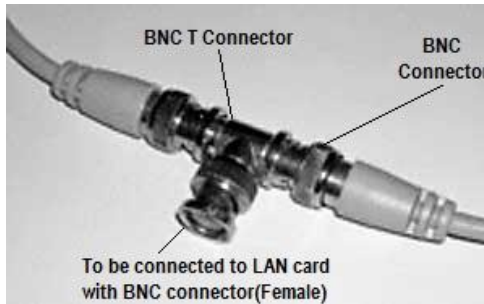




Bouchon



Connecteur BNC (T)



Raccordement BNC



Câble coaxial fin



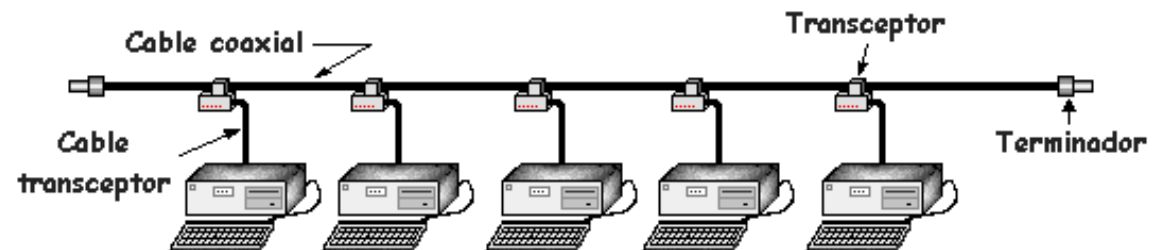
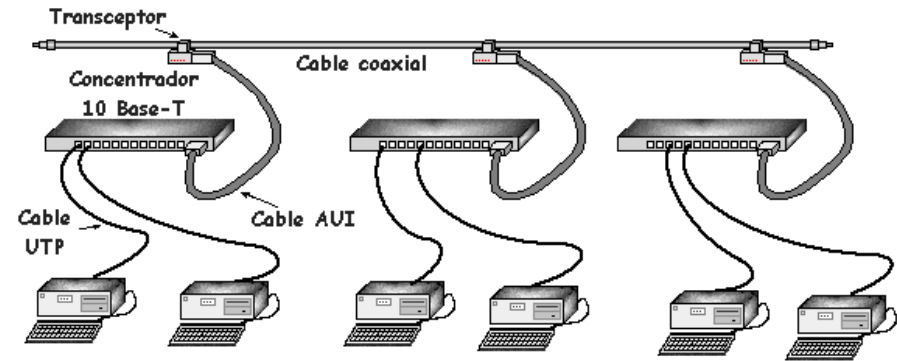
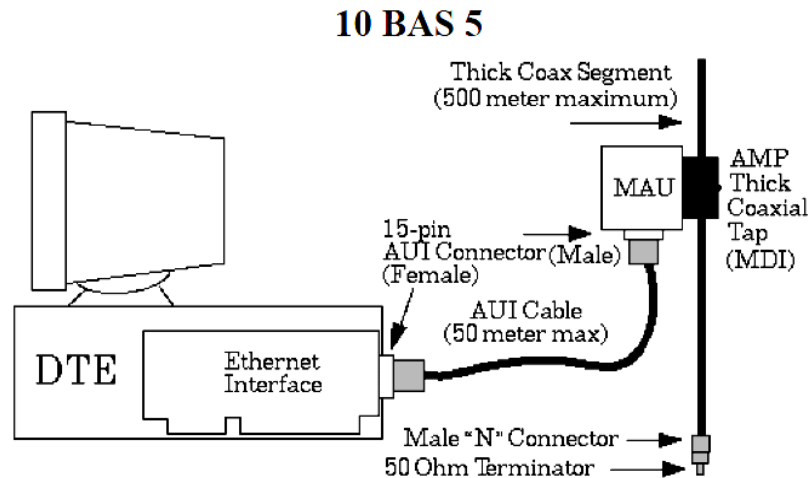
Carte réseau 10
base 2



Hub avec extension BNC



- **10 Base 5** : Utilise un *câble coaxial épais* ce qui permet d'augmenter les distances couvertes tout en remplaçant les connecteurs BNC par des adaptateurs MAU interfaçant le câble principal avec le câble de liaison reliant l'adaptateur à la carte réseau. Ce câble appelé « *drop câble* » peut être soit de la paire torsadée, un câble parallèle, ou du câble coaxial fin, et sa longueur ne dépasse pas 50 mètres.

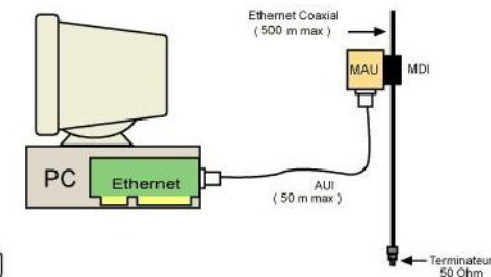
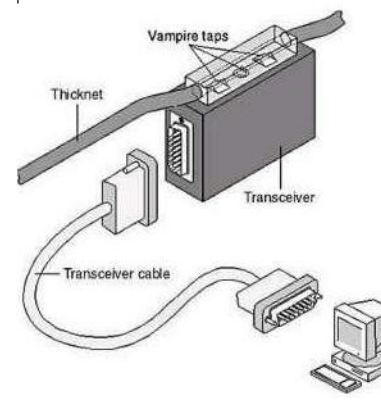




Câble coaxial épais

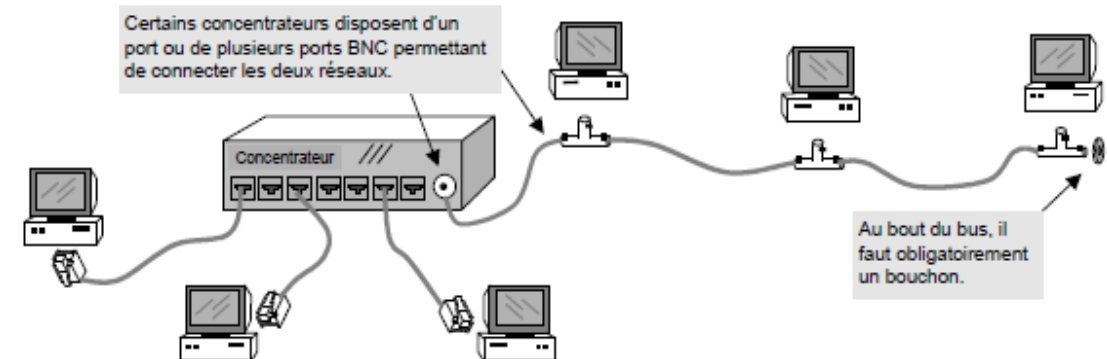
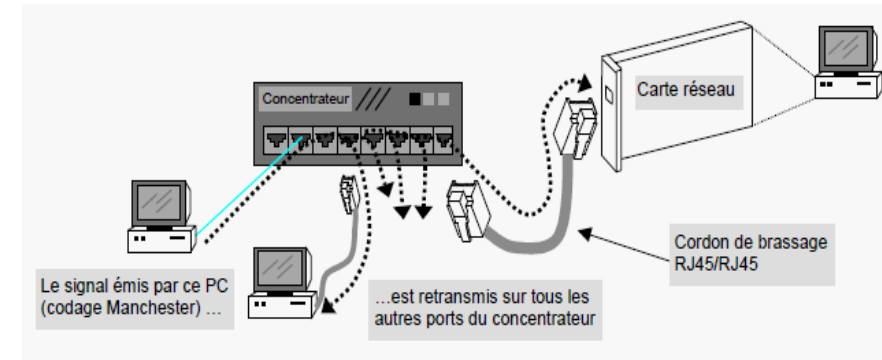
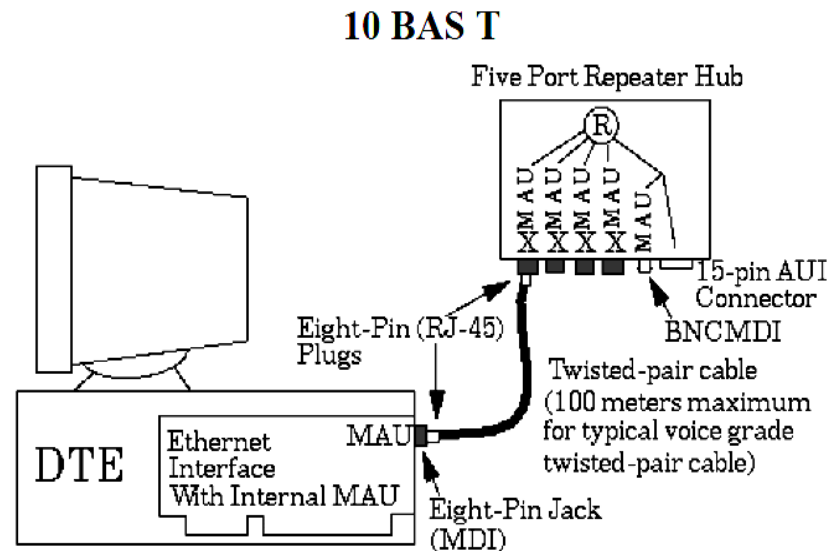


Raccordement MAU

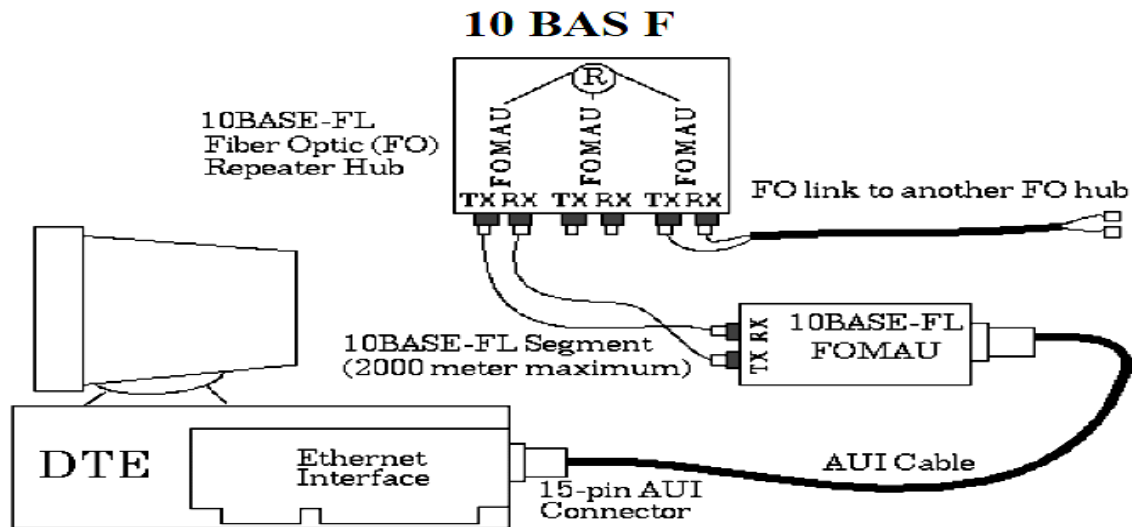


Raccordement avec carte réseau

- **10 Base T** : Utilise un Hub en topologie étoile, la paire torsadée relie chaque station au Hub. La paire torsadée est de *catégorie 2* (2 paires de fils). La distance d'un segment est de 100 mètres.
- **10 Base T4** : Utilise de la paire torsadée de *catégorie 4* ; donc plus robuste aux erreurs de transmissions.



10 Base F : Utilise la fibre optique comme câble principal en maintenant le même type de carte réseau que celui du 10 base 5, avec un FOMAU externe assurant la conversion des signaux lumineux en signaux électriques.



FOMAU

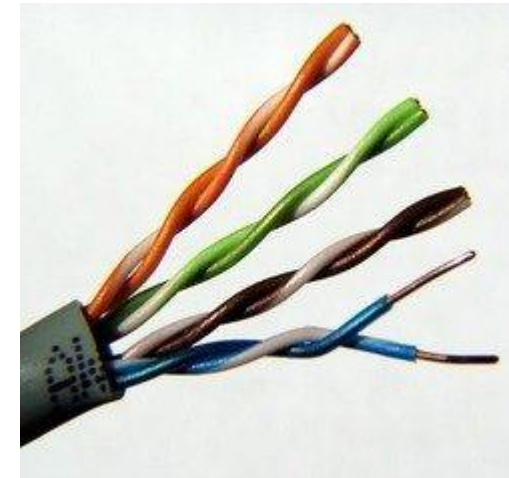
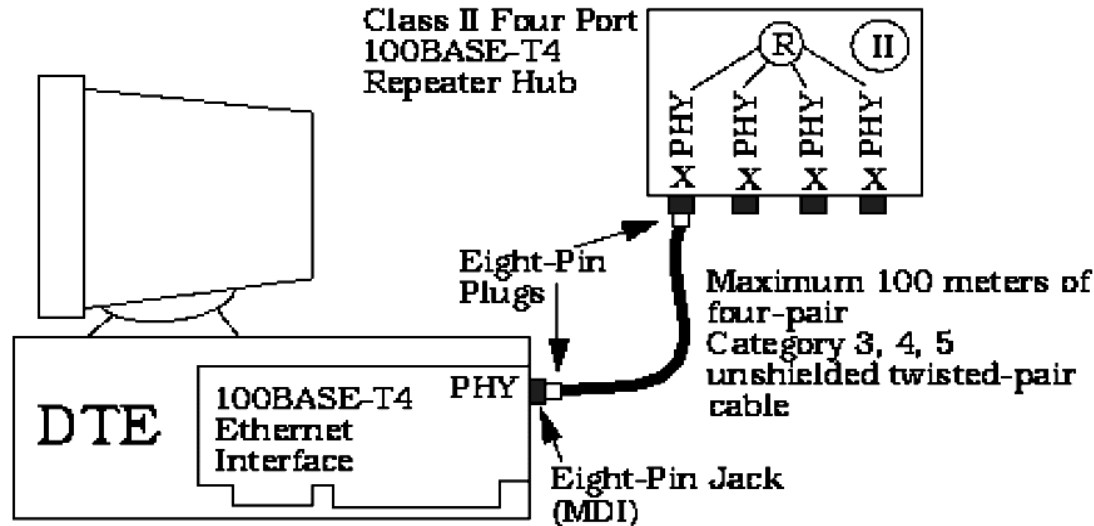
10 Broad 36 : est un standard initialisé en 1985 et mis au point par le groupe de travail IEEE 802.3b du sous-comité de standardisation IEEE 802.3. Celui-ci permet la transmission de données jusqu'à un débit de 10Mbit/s sur du câble coaxial 75 ohms et sur une longueur pouvant atteindre 3600 mètres.

- Il se présente comme un 10 base 5, seulement le câble coaxial est différent (câble CATV) et le MAU externe est remplacé.
- Il utilise des MAU spéciaux : convertisseurs (Num/Analogiques) en quelque sorte des modems pour la transmission du signal analogique.
- Il permet de ce fait une plus grande couverture et une meilleure fiabilité du signal.

| Norme | 10 base 5 | 10 base 2 | 10 base T | 10 broad 36 | 10 base F |
|--------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| Support | Coaxial 50Ω Câble jaune | Coaxial 50Ω Câble noir RG58 | Paire torsadée | Coaxial 50Ω Type CATV | Fibre optique |
| Vitesse | 10 MBPS | 10 MBPS | 10 MBPS | 10 MBPS | 10 MBPS |
| Longueur de segment | 500 m | 185 m | 100 m | 1875 m | 1 km |
| Taille du réseau | 2,5 km | 925 m | 4 à 5 hubs en cascade | 3675 m | - |
| Distance Min inter station | 2,5 m | 0,5 m | - | - | - |
| Nombre de stations par segment | 100 max | 30 max | - | 1024 | - |
| Codage | Manchester | Manchester | Manchester | Analo PSK | - |
| Topologie | Bus | Bus | étoile | Bus | Etoile |
| Câble | Semi rigide avec rayon de courbure 30 cm | Souple | Catégorie 2 ou 3 | Souple | Multimode |
| Connecteurs et prises | Prises piquées MAU externe | Connecteurs BNC en T vissés | - | - | Utilise des FOMAU |
| Remarques | | MAU intégré dans carte réseau | HUB | Utilise des Modems | HUB FO |

Fast Ethernet

- **100BASE T4** : Permet le 100 Mbit/s (en HALF-duplex seulement) sur du câble de catégorie 3 , 4 ou 5).

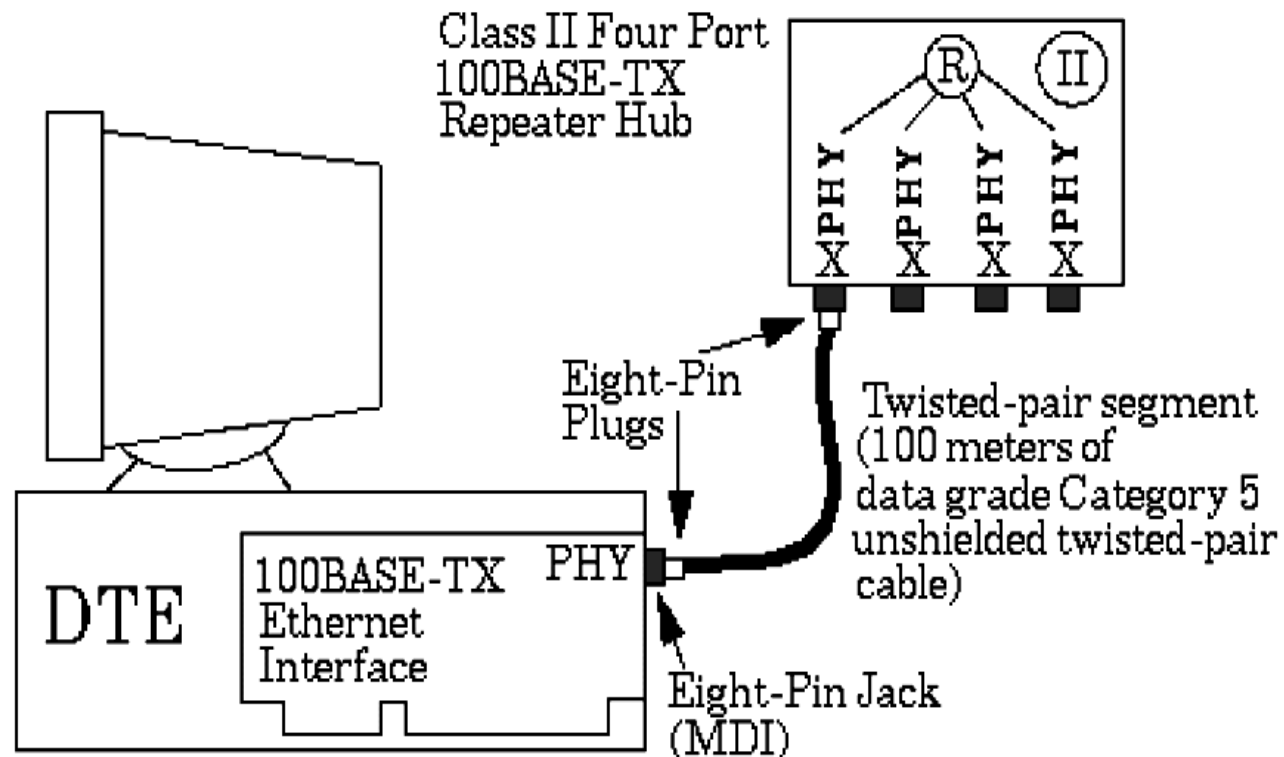


Fast Ethernet

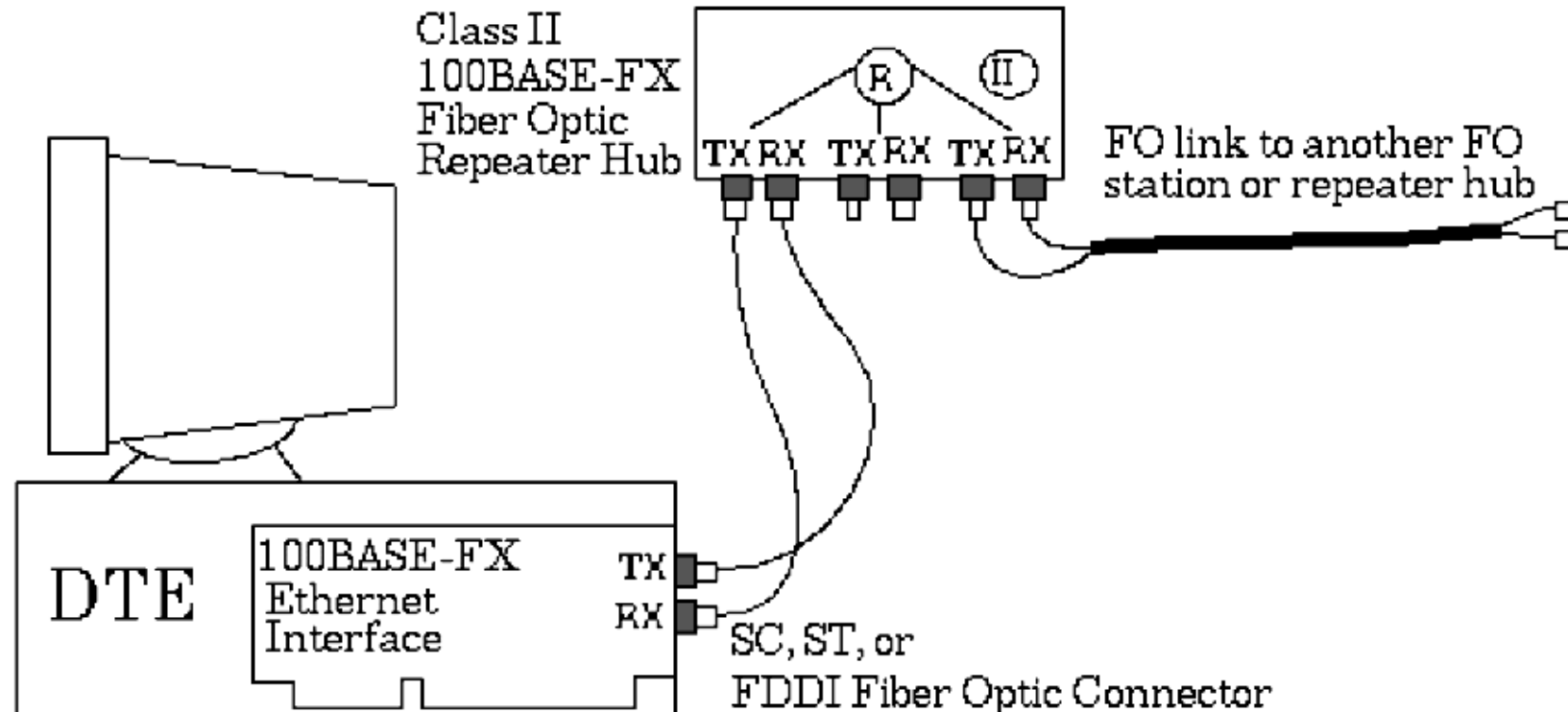
- Amélioration de la norme IEEE 802.3 (addenda nommé 802.3u) en 1995
- Entièrement compatible avec 10BASE-T
 - Topologie en **étoile** : hub ou commutateur avec paires torsadées
 - Protocole **CSMA/CD**
 - Même format de trame
- Ce sont le codage du signal et la catégorie des câbles qui changent.
- Trois types de câblages autorisés
 - 100Base-T4 (UTP3)
 - 100Base-TX (UTP5)
 - 100Base-FX (fibre optique)



100 Base Tx : Standard qui fonctionne en FULL duplex qui utilise de la paire torsadée de catégorie 5 (STP) et des cartes réseaux et un Hub puissant (100 Mbs). Possible avec Hub ou switch.



100 Base Fx : Reprend la même architecture que le 10 base F en intégrant le FOMAU dans la carte réseau ce qui permet d'augmenter le débit jusqu'à 100 Mbs.



| Nom | Type | Longueur max segment | Mode de transmission | Codage |
|------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| 100Base-T4 | Paire torsadée UTP 3, 4, 5 | 100m | Half-duplex | 8B/6T |
| 100Base-TX | Paire torsadée UTP5 ou STP | 100m | Full-duplex | 4B/5B puis MLT-3 |
| 100Base-FX | Fibre optique multimode | 2000m | Full-Duplex | 4B/5B puis NRZI |
| | | 400m | Half-Duplex | |

Gigabit Ethernet

- Norme IEEE 802.3z, ratifiée en 1998
- Entièrement compatible avec toutes les normes Ethernet précédentes
- Mode full-duplex ou half-duplex
- Paire torsadée ou fibre optique

Giga Ethernet

- **1000 BASE-T** : 1 Gbit/s sur câble de paires torsadées de catégorie 5 (classe D) ou supérieure, sur une longueur maximale de 100 m. Il opère en *full duplex*. La topologie est ici toujours en étoile et utilise obligatoirement des commutateurs (*switch*).
- **1000BASE-CX** : Une solution pour de courtes distances (jusqu'à 25 m) pour le 1Gbit/s sur du câble de paire torsadée spécial.
- **1000BASE-SX** : 1 Gbit/s sur fibre optique multimode.
- **1000BASE-LX** : 1Gbit/s sur fibre optique monomode et multimode.
- **1000BASE-LH** : 1Gbit/s sur fibre optique, sur longues distances.
- **1000BASE-ZX** : 1Gbit/s sur fibre optique monomode longues distances.

Ethernet 10 Gigabits

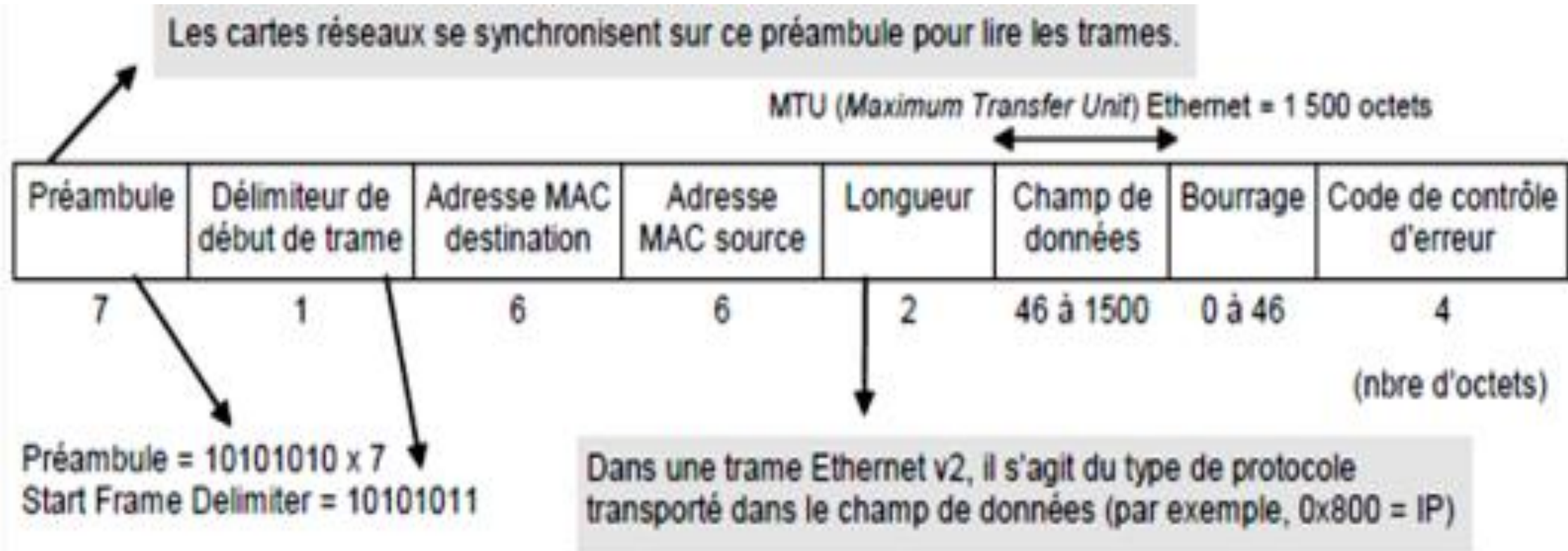
Pour les réseaux locaux, réseaux métropolitains et réseaux étendus. Il est actuellement spécifié par un standard supplémentaire, l'**IEEE 802.3ae** dont la première publication date de 2002.

- **10G BASE-CX4** : utilise un câble en cuivre de type *infiniband 4x* sur une longueur maximale de 15 mètres par segment.
- **10G BASE-T** : transmission sur câble catégorie 6, 6 A ou 7 (802.3an), en full duplex sur 4 paires sur une longueur maximale de 100 mètres.
- **10GBASE-SR** : opère sur de courtes distances sur de la *fibre multimode*, il a une portée de 26 à 82 mètres, en fonction du type de câble. Il supporte aussi les distances jusqu'à 300 m sur la fibre multimode à 2 000 MHz.
- **10GBASE-LR** et **10GBASE-ER** : Ces standards supportent jusqu'à 10 et 40 km respectivement, sur fibre monomode.
- **10GBASE-SW, 10GBASE-LW** et **10GBASE-EW** : Ces variétés utilisent le *WAN PHY*, qui est un standard physique conçu pour intégrer et inter-opérer les trois réseaux pour former un WAN. Ils utilisent le même type de fibre, en plus de supporter les mêmes distances.

| Type | Vitesse | Distance | Type de câble |
|--|----------------------------|---------------|--|
| 10BASE-T | 10 Mb / s | 100m | Cuivre |
| 100BASE-TX | 100 Mb /s | 100m | Cuivre |
| 100BASE-FX | 100 Mb / s | 412 m 2 Km | half Duplex Multi-mode Fibre optique Full Duplex multi-mode Fibre optique |
| 1000 Base LX | 1000 Mb / s 1000 Mb / s | 3Km 550m | Single-mode Fibre optique (SMF) Multi-mode Fibre optique (MMF) |
| 1000 Base SX | 1000 Mb / s 1000 Mb / s | 550m 275m | Multi-mode Fibre optique (50u) Multi-mode Fibre optique (62.5 u) |
| 1000 Base C (pas supportée par les applications industrielles standards) | 1000 Mb / s | 25m | Cuivre, 4 paires UTP5 |
| 1000BaseT - 1000 Base TX IEEE 802.3 ab ratifié le 26 juin 1999, | 1000 Mb / s | 100m | Cuivre, câble catégorie 5e, transmission sur 4 paires (250 Mbits/paire) |
| 1000 BASE LH | 1000 Mb / s | 70 km | Fibre optique |

IV.5.4 Structure d'une trame ETHERNET et ADRESSES MAC

Une trame Ethernet a une taille minimale de 64 octets.



- **Amorce (préambule):** Représente l'annonce de l'envoi de la trame. Elle est composée de 7 octets positionnés à **10101010**. Cette amorce permet de synchroniser les stations réceptrices.
- **Start Frame Délimiter :** délimiteur de début de trame **10101011**.
- **Adresse destination, Adresse source :** Ce sont les adresses MAC physiques du réseau, codées sur 2 ou 6 octets
- **Longueur du champ d'information (Lenght) :** Ce champ indique sur 2 octets la longueur des données de la trame LLC encapsulée. Ce nombre est compris entre 0 et 1500 octets.
- **Données (Data) :** Champ de la trame LLC (*Logical Link Control*).
- **Bourrage (PAD) :** Octets de bourrage ajoutés si la trame LLC ne contient pas 46 octets pour satisfaire la taille minimale d'une trame.
- **FCS (Frame Control Sequence) :** Constitué d'un mot de 32 bits, ce champ représente le code de vérification d'erreur sur la trame. La détection d'erreur sur une trame 802.3 se fait à l'aide d'un code polynomial dont le polynôme générateur est : $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$.

Adresses MAC Ethernet

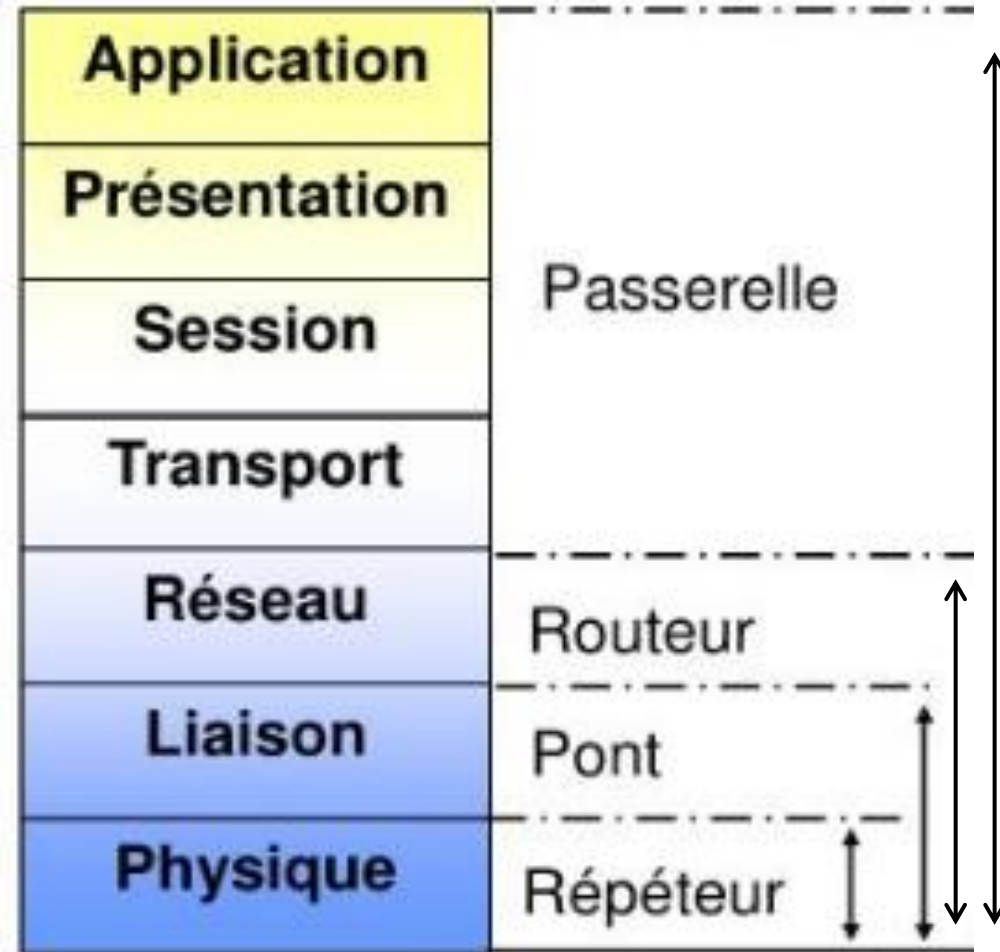
- Dans une trame, émetteurs et destinataires sont identifiés grâce aux adresses MAC, et dont le format est standardisée par l'IEEE.
- Chaque carte réseau Ethernet se distingue par une adresse MAC unique. Elle est constitué de 6 octets (48 bits) de type : $X : X : X : X : X : X$ où chaque X varie de 0 à 255 mais plus souvent donné en hexadécimal (Exemple : 4D : EE : 52 : A4 : F6 : 69).

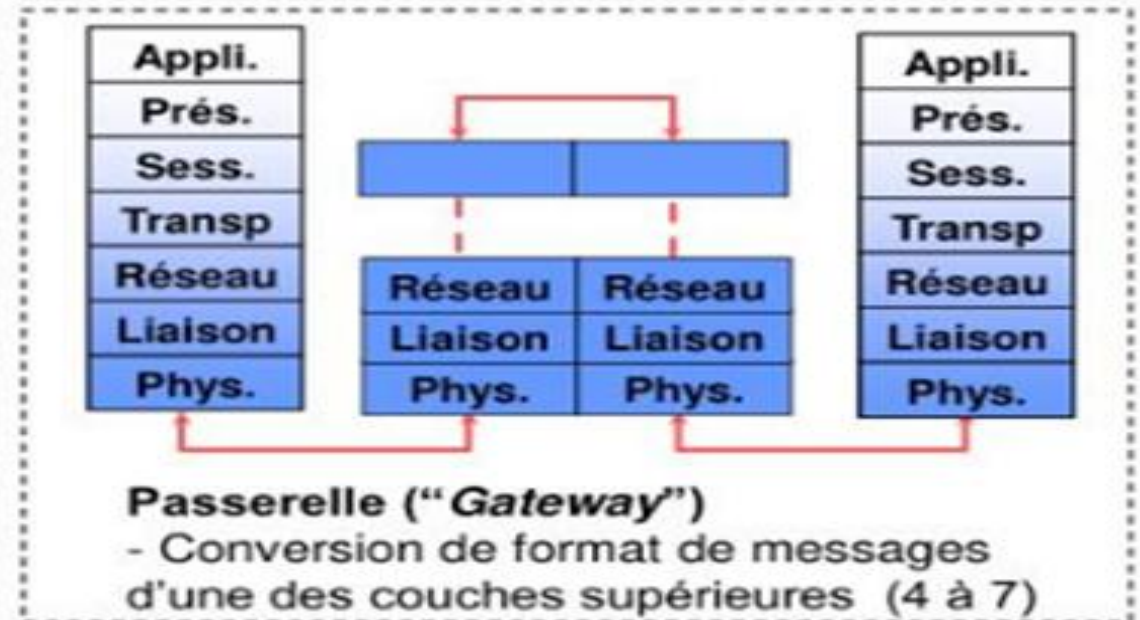
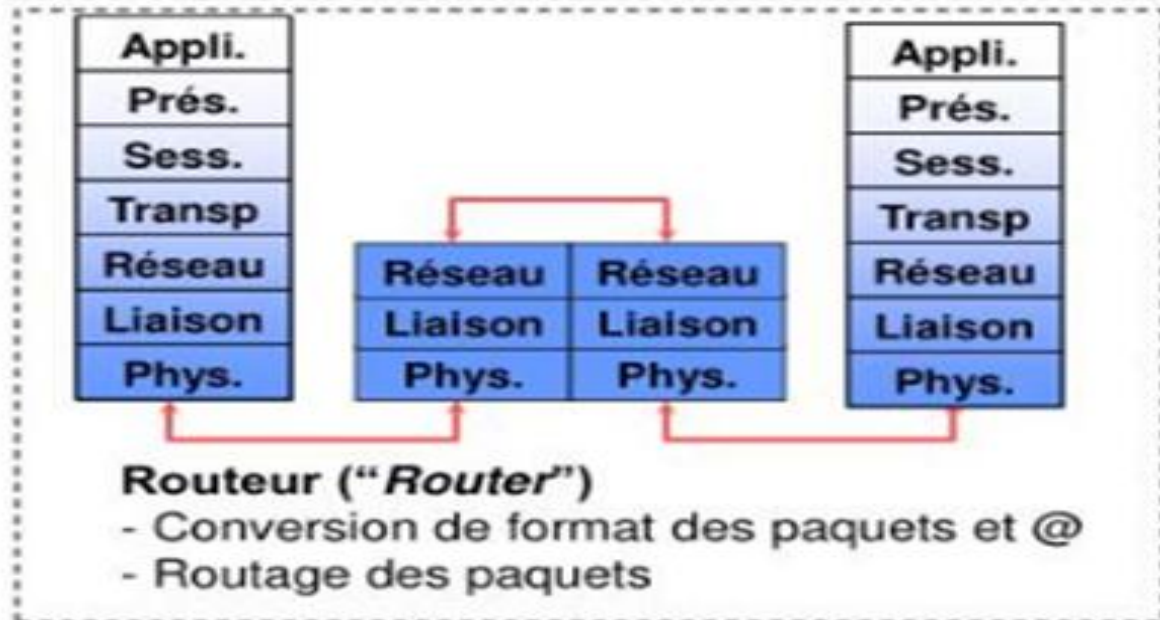
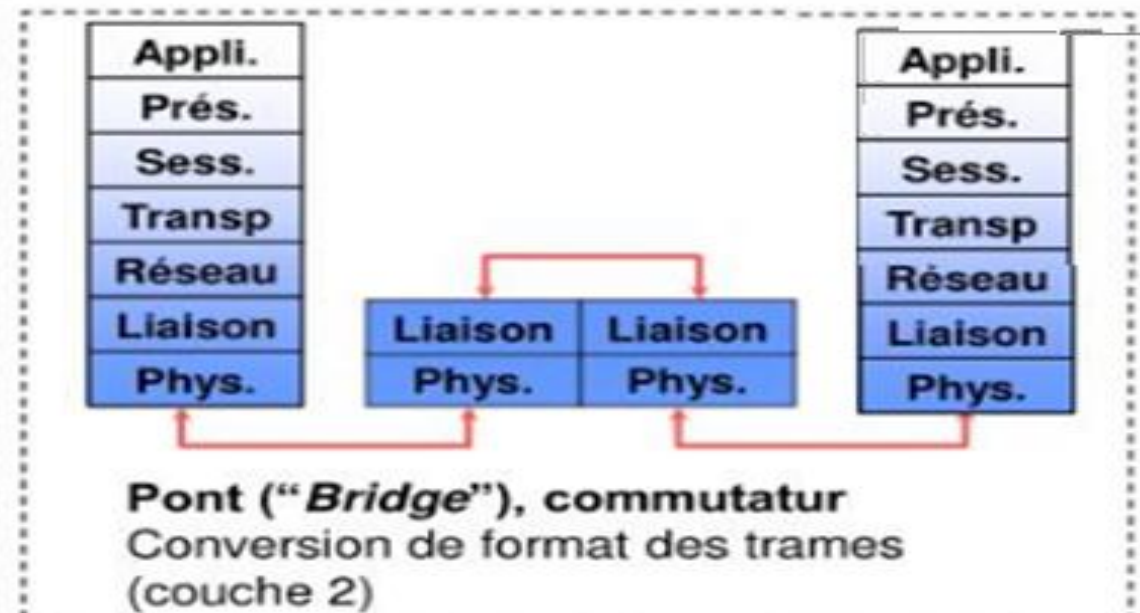
OUI (Organizationally Unique Identifier) = Partie de l'adresse affectée par l'IEEE à un fabricant de carte : 02608C pour 3com, 00000C pour Cisco, etc.

Partie de l'adresse affectée par le fabricant de la carte : de 000001 à FFFFFFFE

IV.5. Interconnexion des réseaux locaux

- Equipements d'interconnexion au niveau du LAN qui vont agir sur les couches 1 et 2
 - Répéteur, Hub : niveau 1
 - Pont (bridge), Commutateur (switch) : niveau 2
- Routeur : équipement de niveau 3
 - Permet l'interconnexion de LAN, interface entre le réseau local et les autres réseaux
 - Filtre et transmet des paquets entrants en se basant sur l'adresse destination du paquet (adresse IP) et sa table de routage





IV. 5.1 Les ponts

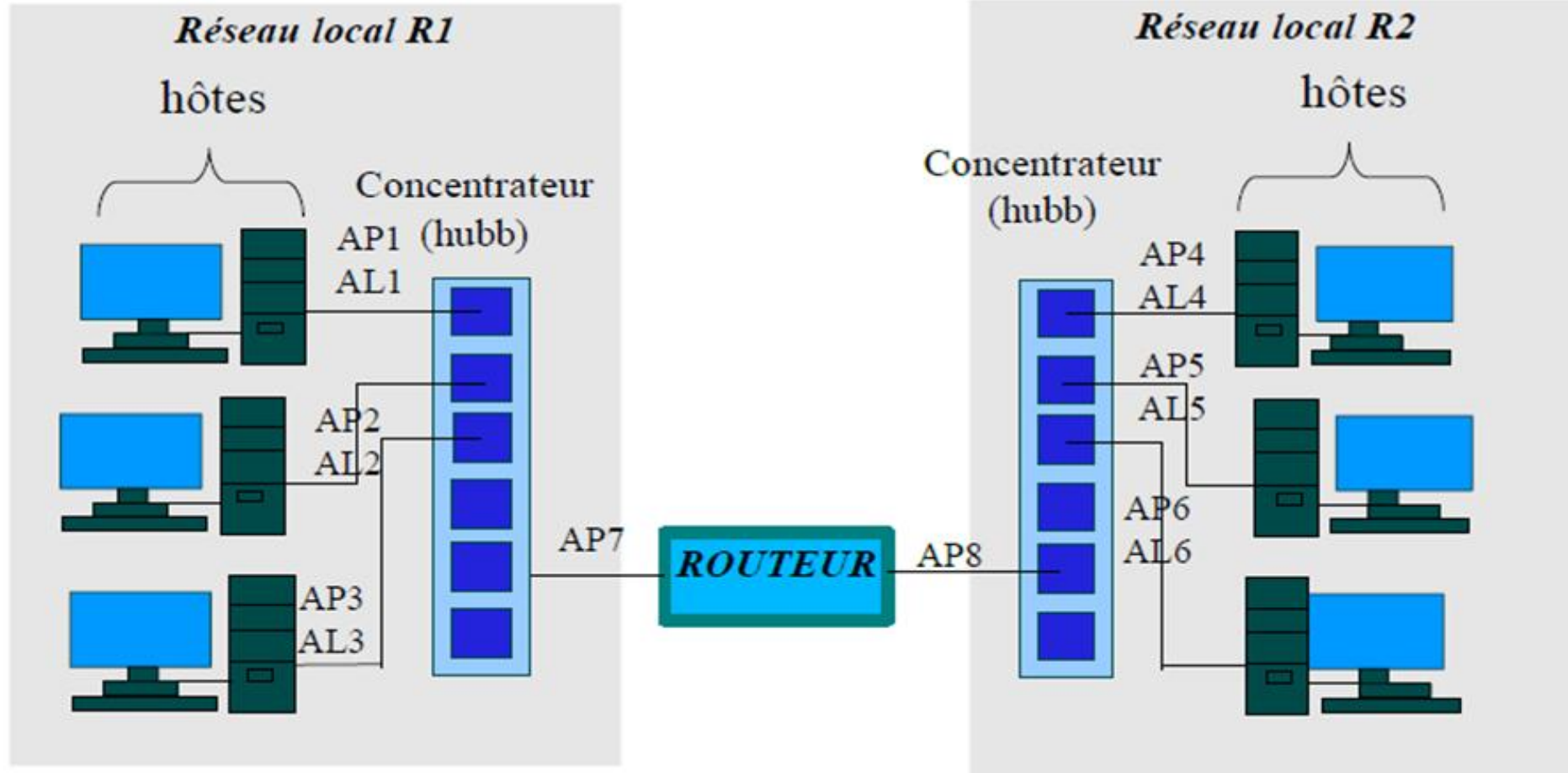
- Un *pont* est un dispositif matériel permettant de relier des réseaux travaillant avec *des topologies logiques différentes*.
- Vérification et détection des erreurs et des collisions
- filtrer les trames pas analyse des *adresses physiques* → segmenter le réseau en domaines de collisions.
- Réduction du trafic et augmentation de la sécurité.
- *Le temps de commutation (latence due au traitement de la trame dans un pont)* ralentit le transfert comparativement à un hub.

Suivant les types de réseaux, on trouve différents types de ponts :

- Dans le cas d'une connexion entre deux réseaux Ethernet, on parle de *transparent bridging*. (switch)
- Dans le cas d'une connexion entre deux réseaux Token Ring, on parle de *source-route bridging*.
- Dans le cas d'une connexion entre un réseau Ethernet et un réseau Token Ring, on parle de *translational bridging*.
- Il est aussi possible de relier deux réseaux locaux à l'aide d'une ligne téléphonique. On parle alors de *Remote bridging*.

IV.5.2 Les Routeurs

- équipement doté de CPU, de mémoire vive, de disque dur, système d'exploitation, interface, etc. Possibilité de configurer, une station avec plusieurs cartes réseaux peut jouer le rôle de routeur (*routeur logiciel*).
- Utilise les *adresses logiques* de l'expéditeur et du destinataire pour la *localisation des stations* grâce *une table de routage*.
- Choix du meilleur chemin à partir d'association *de métriques de coûts* en plus des adresses logiques: comptage des « sauts », vitesse de transmission, coût, délais et conditions de trafic.
- *Sécurisation du réseau* en limitant la communication vers *certaines segments* ou noeuds du réseau et en segmentant le réseau par *domaines de diffusion*.
- *Meilleure sécurité*, une meilleure *utilisation de la bande passante* et plus de contrôle sur les opérations réseau.
- *Temps de traitement augmenté (temps de routage)* comparativement au *temps de commutation* (switch , pont).



IV.5.3 Passerelle protocolaire

- Les passerelles protocolaires rendent la communication possible entre deux *architectures protocolaires différentes*.
- Ils rempaquètent et convertissent les données allant d'un réseau à l'autre. Les passerelles peuvent changer le format d'un message afin qu'il se conforme à l'application à la fin de la réception.
- Les passerelles recouvrent les sept couches du modèle OSI. Elles sont nécessaires pour passer d'une pile protocolaire à une autre. Par exemple, entre un réseau TCP/IP et des ordinateurs Macintosh basé sur Appletalk.

