

Chapitre 3 : Les équipements de réseautage et d'interconnexion

Introduction

Pour relier les diverses entités d'un réseau, plusieurs supports physiques de transmission de données peuvent être utilisés :

- ✓ Câbles
- ✓ Equipement d'interconnexions

I. Câblage (supports physiques)

Les supports physiques sont les supports utilisés pour la transmission des informations.

I.1. Câbles

Il existe de nombreux types de câbles, mais on distingue généralement :

- Le câble de type coaxial
- La double paire torsadée
- La fibre optique

D'autres techniques de liaison sont disponibles telles que :

- CPL (courants Porteurs en Ligne) utilisant des lignes d'alimentation électriques : techniques réservée le plus souvent aux réseaux domestiques (« indoor »).
- Par ondes électromagnétiques : liaisons RF (Radio Frequency) permettant de réaliser des réseaux locaux sans fils ou WLAN (Wireless Local Area Network). On rencontre la technique :
 - Wi-Fi (Wireless Fidelity) .:
 - Bluetooth

I.1.1. Coaxial

C'est le type de câble le moins cher. Il est constitué d'un fil de cuivre rigide au cœur d'un tuyau de plastique épais, lui-même recouvert d'une feuille de métal la protégeant des perturbations électriques externe.



I.1.2. Paire torsadée

Le câble à paire torsadée a été largement diffusé parce qu'il est à l'origine utilisé pour les lignes téléphoniques. Le câble à paire torsadée est le support (le média) le plus utilisé à l'intérieur d'un bâtiment. On peut trouver :

- Le câble à paire torsadée **non blindée** (UTP pour UNSHIELDED TWISTED-PAIR)
- Le câble à paire torsadée **blindée** (STP pour SHIELDED TWISTED-PAIR)

- *La paire torsadée non blindée (UTP Unshielded Twisted Pair)*

Il est composée de 2, 4, 6 ou 8 fils torsadés deux par deux. Ces fils ne sont protégés que par une gaine plastique isolante.

C'est le support le plus courant dans les réseaux informatiques, avec des connecteurs au format RJ45:

- **La paire torsadée blindée (STP *Shielded twisted pair*)**

la STP est une UTP renforcée par une feuille ou tresse métallique protectrice en plus de la gaine isolante afin de mieux stopper les perturbations extérieures.



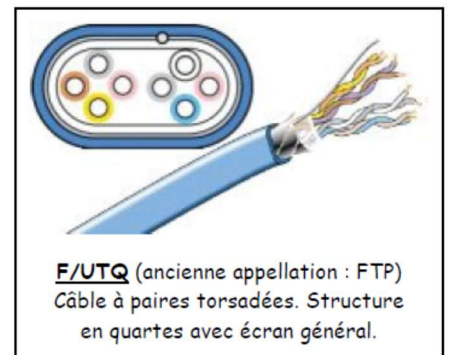
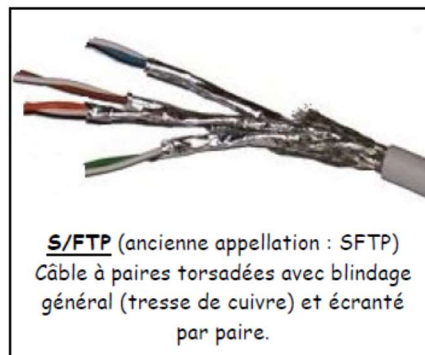
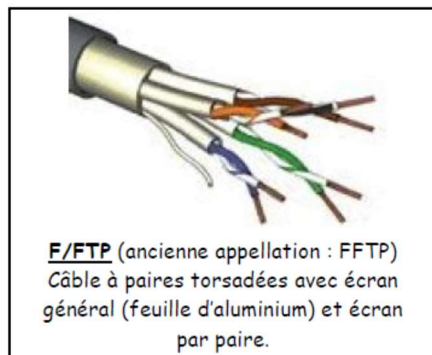
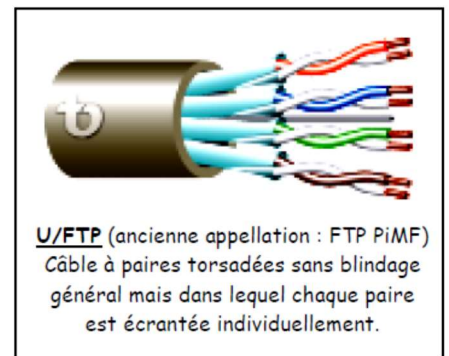
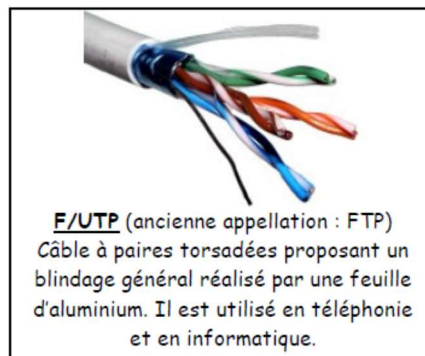
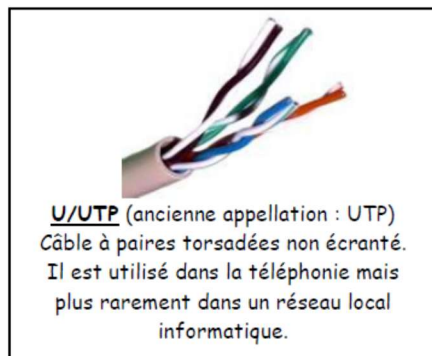
Blindage

Le **blindage** permet de réduire les interférences (mélanges des signaux électriques de plusieurs lignes,...). Le blindage (STP) permet des transferts de données à des débits plus importants et sur des distances plus grandes que l'UTP.

Le blindage peut être appliqué à l'ensemble du câble mais il peut également être appliqué individuellement à chacune des paires constituant le câble. Lorsque le blindage est appliqué à l'ensemble, on parle d'écrantage et la feuille métallique formant le blindage est appelée écran

Dénomination officielle actuelle : X X / Y Z Z (voir exemples ci-dessous)

Blindage général		Blindage par paire		Type de paire	
U	<i>Unshielded</i> Aucun blindage	U	<i>Unshielded</i> Aucun blindage	TP	<i>Twisted Pair</i> Paires torsadées
F	<i>Foiled</i> Blindage écran	F	<i>Foiled</i> Blindage écran	TQ	<i>Twisted Quad</i> Structure en quartes
S	<i>Shielded</i> Blindage tresse				
SF	Tresse + écran				



1.1.3. Fibre Optique

Elle possède une grande capacité de transmission, mais surtout, elle est insensible aux parasites électriques. C'est donc un meilleur support que la paire torsadée ou le coaxiale.

La Fibre Optique est dite **monomode** lorsque la réfraction du signal qu'elle porte est minimal. Plus le diamètre de la fibre est petit, moins la réfraction sera grande et plus le signal pourra parcourir de distance sans avoir à être régénéré.

Voici une photo des 2 types de connecteurs fibre optique, ST (connecteurs ronds) et SC (connecteurs carrés):



La fibre optique est un câble possédant de nombreux avantages :

- ☐ Légèreté
- ☐ Immunité au bruit
- ☐ Permet des débits de l'ordre de 100 Mbits/s à 1Gbits/s
- ☐ Largeur de bande de quelques dizaines de mégahertz à plusieurs gigahertz (fibre monomode)
- ✓ Le câblage optique est particulièrement adapté à la liaison entre répartiteurs (liaison centrale entre **plusieurs bâtiments**, appelé backbone,) car elle permet des connexions sur des longues distances . De plus ce type de câble est très sûr car il est extrêmement difficile de mettre un tel câble sur écoute.
- ✓ Toutefois, malgré sa flexibilité mécanique, ce type de câble ne convient pas pour des connexions dans un réseau local car son installation est problématique et son coût élevé. C'est la raison pour laquelle on lui préférera la paire torsadée pour de petites liaisons.

I.2. Catégories de câbles

- ✓ **Les supports physiques sont classés en fonction de la gamme de fréquences** qu'ils sont capables de tenir.
- ✓ L'**UTP** est standardisé en diverses catégories d'intégrité du signal. Ces différentes catégories sont ratifiées par les autorités de normalisation américaines ANSI/TIA/EIA, Européennes CENELEC 50173, internationales ISO 11801, ou autres. La norme française définissant le câblage structuré reprend la version européenne, et à la suite de la traduction s'appelle: NF/EN 50173-1.

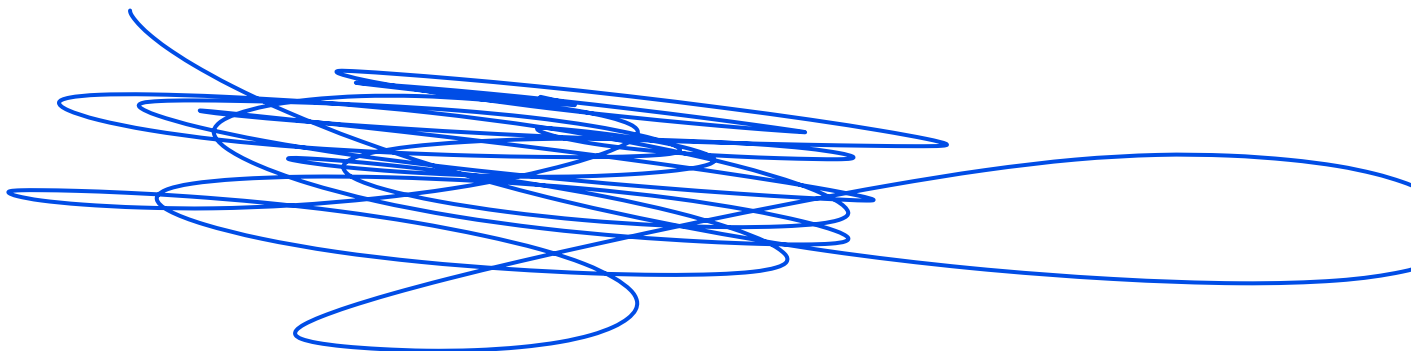
Catégories	caractéristiques
Catégories 1 et 2	La catégorie 1 et catégorie 2 sont dépassées et n'ont jamais existé.

Catégorie 3	La catégorie 3 est un type de câblage permettant une bande passante de 16 MHz. Il est également utilisé pour les réseaux Ethernet (10Mb/s)
Catégorie 4	Cette catégorie définit un type de câblage autorisant une bande passante de 20 MHz. Principalement utilisé pour les réseaux token-ring 16Mbps et les réseaux 10base-T, il fut rapidement remplacé par les catégories 5 et 5e.
Catégorie 5	Cette catégorie définit un type de câblage autorisant une bande passante de 100 MHz et une vitesse de 100 Mb/ s. Ce standard permet l'utilisation du 100base-TX et 1000base-TX, ainsi que diverses applications de téléphonie ou de réseau.
Catégorie 5e / classe D	La catégorie 5e (enhanced) définit un type de câblage autorisant une bande passante de 100MHz et une vitesse de 1000 Mb/s. Cette norme est une adaptation de la catégorie 5.
Catégorie 6 / classe E :	La catégorie 6 définit un type de câblage permettant une bande passante à 250 MHz et plus.
Catégorie 6a /classe Ea	Ratifiée le 8 février 2008, la norme 6a est une extension de la catégorie 6 avec une bande passante de 500 MHz
Catégorie 7 / classe F :	La catégorie 7 définit un type de câblage permettant une bande passante de 600 MHz.
• Catégorie 7a / classe Fa	La catégorie 7a permet une bande passante de 1 GHz et une vitesse allant jusqu'à 10 Gbit/s (en cour d'étude).

2. Equipements

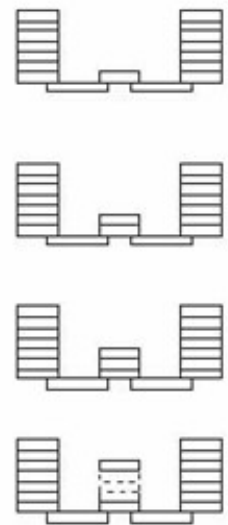
On distingue les organes suivants :

- **Le répéteur** : Qui agit au niveau de la couche physique
- **Le pont** : qui assure une conversion jusqu'au niveau liaison de données
- **Le commutateur**: qui gère l'aiguillage des blocs d'information dans une matrice d'interconnexion
- **Le routeur** : qui traduit les protocoles de la couche réseau.
- **La passerelle** : qui intervient à partir de la couche 4
- Les Coupe-feux ou FireWall
- Les Passerelles ou Gateways



L'interconnexion peut être effectuée à tous les niveaux :

- couche 1 (Physique) : modem, répéteur, concentrateur
 . techniques de modulation adaptées au support physique
- couche 2 (Liaison de données) : pont
 . conversion entre différentes méthodes d'accès
 . par ex.: interconnexion de réseaux locaux
- couche 3 (Réseau) : routeur
- couches supérieures : passerelle, (relai, convertisseur de protocoles)
 . interopérabilité de niveau applicatif



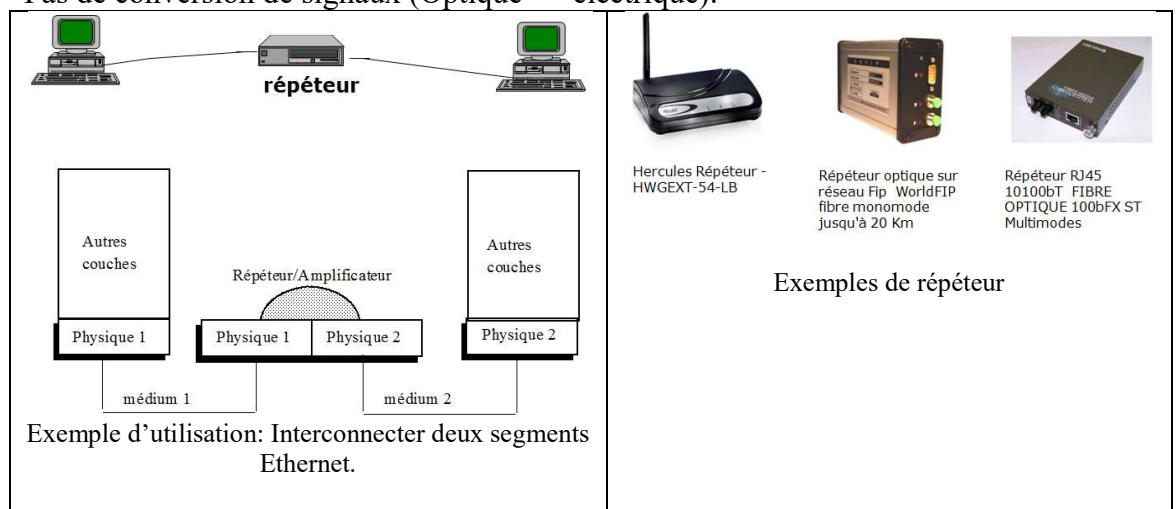
2.1. Répéteurs

Le signal électrique se déforme et s'atténue d'autant plus que la distance est longue entre deux nœuds. D'autre part, s'il est passé une certaine limite (qui dépend du support), il faut le régénérer (amplification, ...). On utilise pour cela un répéteur.

- ✓ Le répéteur est utilisé afin de relier deux segments de câbles sur un même réseau et permet de s'affranchir des limitations de distances imposées par les normes
- ✓ Les répéteurs ont en général un port d'entrée et un port de sortie, le signal entrant étant répété (réamplifié,...)
- ✓ Le répéteur fonctionne au niveau Physique (bit),
- ✓ permet d'augmenter la distance entre deux stations (Ethernet) : reçoit, amplifie et retransmet les signaux.
- ✓ Un répéteur ne modifie pas le débit d'un réseau

Limitations

- ✓ ne peuvent être utilisés que sur les mêmes types de segments (Ethernet-Ethernet ou Token Ring-Token Ring).
- ✓ Pas de conversion de signaux (Optique → électrique):



2.2. Concentrateurs / Hubs

Un concentrateur (ou Hub, étoile, multi-répéteur). Le niveau d'utilisation et la couche physique, a une fonction de répéteur, mais aussi :

- ✓ permet de mixer différents médias (paire torsadée, fibre optique, ...),
- ✓ D'employer une topologie physique en étoile (Ethernet 10BaseT)
- ✓ Les hubs sont aussi appelés "concentrateurs", car ils centralisent le signal pour le répéter sur tous ses ports. Une trame arrivant sur un des ports d'un hub est répété instantanément sur tous les ports de ce hub
- ✓ On le considérera comme un répéteur multiport.

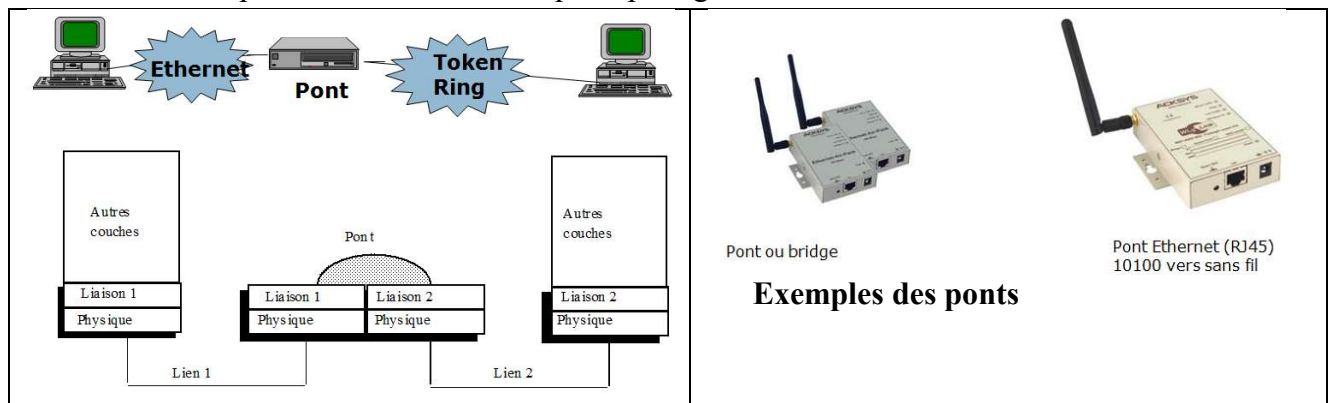


2.3. Ponts

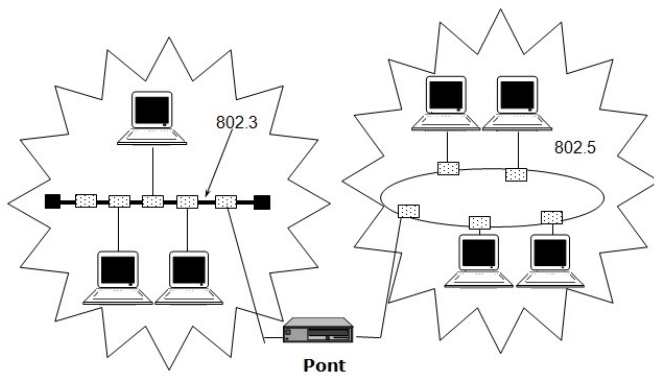
Aussi appelé Bridge, il travaille sur les trames au niveau liaison.

Offre les services des répéteurs, avec en plus :

- ✓ Permet de segmenter le réseau en sous-réseaux indépendants
- ✓ Capable de convertir des trames de formats différents (ex : Ethernet - Token Ring).
- ✓ dispositif actif filtrant (collision) :
 - permet de diminuer la charge du réseau : amélioration des performances.
 - Sécurisation des échanges entre segments
- ✓ Les ponts sont des répéteurs filtrants. Le pont laisse passer les trames qui correspondent au sous-réseau qu'ils protègent.



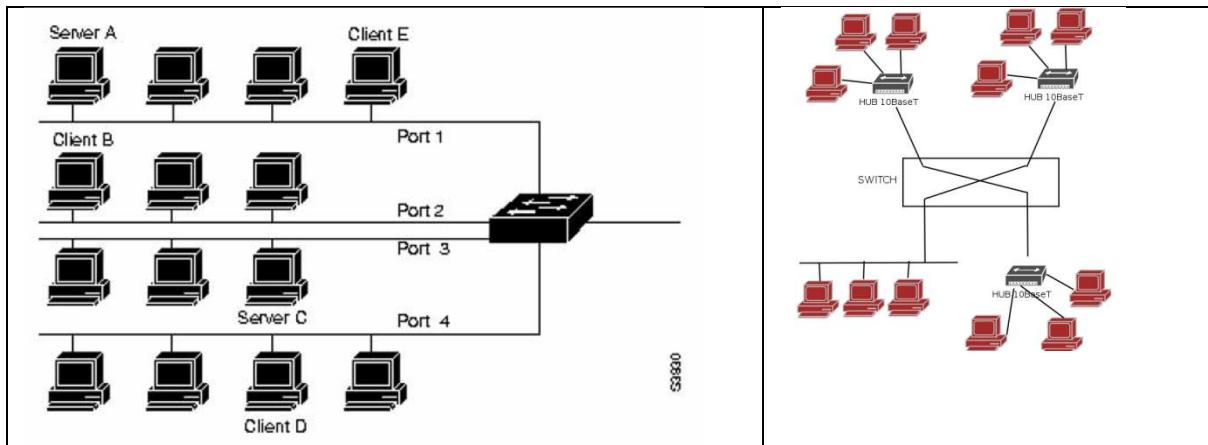
Schémas d'utilisation



2.4. Commutateurs (SWITCH,)

C'est un **pont amélioré** (multi port), il permet de gérer **plusieurs échanges** simultanément. Il fonctionne au niveau Liaison,

- ✓ Mêmes fonction qu'un pont mais utilisent des ports dédiés et non partagés,
- ✓ Peut gérer simultanément plusieurs communications (liaisons)



- ✓ **Les switches sont des hubs intelligents** qui, au lieu de **répéter bêtement** les trames qu'ils reçoivent vers toutes les stations (plus précisément, tous ses ports), ils l'aiguillent vers la station (le port correspondant plus exactement) qui convient. En effet, chaque trame contient l'élément source et destinataire de la trame. Le switch qui est capable de lire ces trames, apprend quel est l'élément qui est desservi par chacun de ses ports, ce qui lui permet de router en interne les trames.
- ✓ En plus, il gère en **interne** les débits d'informations (10 Mbit/s, 100 Mbit/s) ce qui permet de connecter sur un port un serveur à 100 Mbit/s, et sur les autres ports, des stations à 10 Mbit/s.



Cisco Small Business
Pro ESW-520-24P -
Commutateur - 24
port

commutateur KVM
VGA ATEN (CS1772)
USB2.0 + Switch RJ45

commutateur_ethernet
_industriel_large

2.5. Routeurs

- ✓ Ils fonctionnent au niveau réseau (couche 3 du modèle OSI), c'est-à-dire avec des adresses logiques (administrées).
- ✓ le routage s'effectue entre des réseaux (et sous-réseaux) différents (des stations interconnectées aux moyens de HUBs forment un sous-réseaux)

Avantages par rapport aux Ponts

- ✓ le routeur est indépendant des couches physique/liaison et par conséquent est parfaitement approprié pour interconnecter des réseaux physiques de nature différente.
- ✓ Permet des interconnexions à travers des réseaux longues distances,
- ✓ Les routeurs offrent en plus la possibilité de ventiler les trames vers *plusieurs* sous-réseaux, ce que ne fait pas le pont. Un routeur mémorise les adresses IP ou IPX du sous-réseau ou des stations vers lesquels(les) il est susceptible de transmettre les trames.
- ✓ Tous les paquets IP qui ne sont pas destinés au réseau interne, sont envoyés au routeur qui se charge de les renvoyer vers le réseau extérieur.
Notez que l'on peut router entre différents réseaux internes, c'est pas toujours vers Internet.

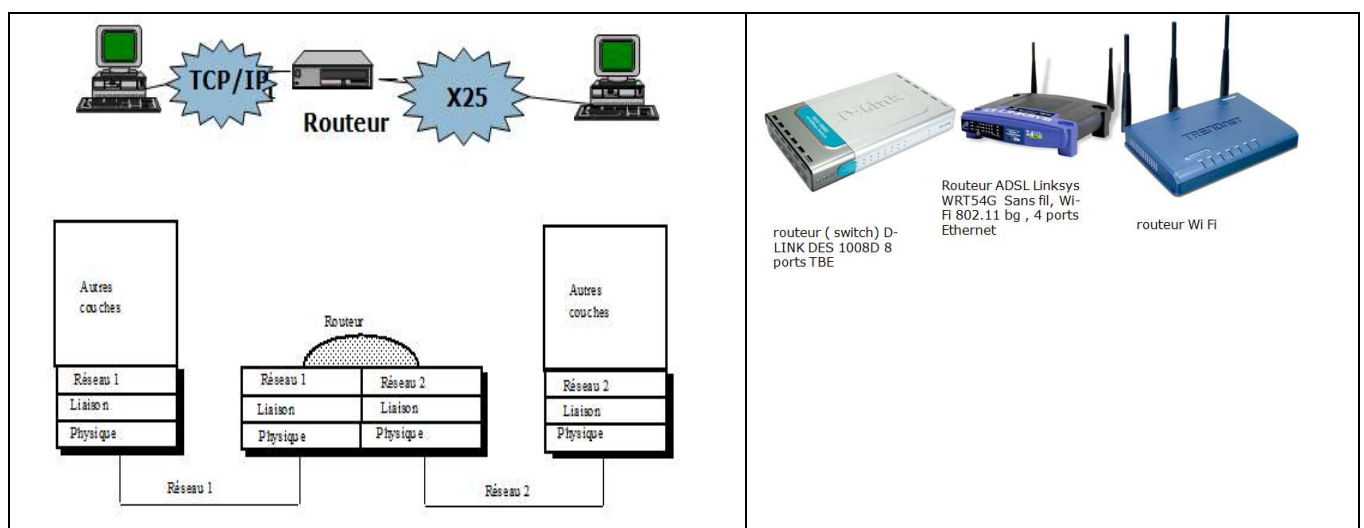
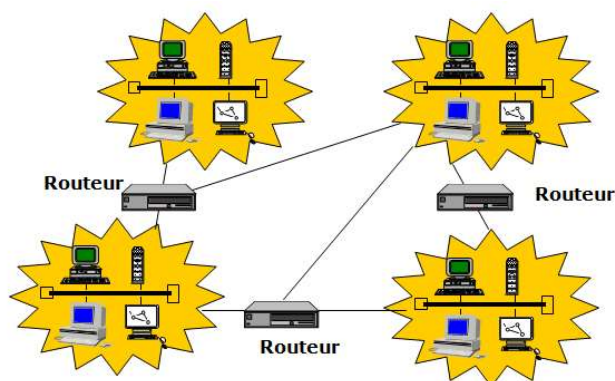


Schéma d'utilisation



2.6. Coupe-feux

Aussi appelé pare-feu ou Firewall, comme routeur aux fonctionnalités étendues. Il permet une sécurité accrue (Access Control List),

Placés en front d'accès extérieur de manière à protéger le(s) réseau(x) interne(s);

- ✓ vérifier si les règles de sécurité (définies par l'administrateur) autorisent le transfert du paquet vers le destinataire
- ✓ filtrage des requêtes FTP, HTTP, et autres services
- ✓ prévention contre les chevaux de Troie ou virus par filtrage E-mail, etc,
- ✓ vérification et enregistrement de toutes les communications.

2.7. Passerelle (Gateway)

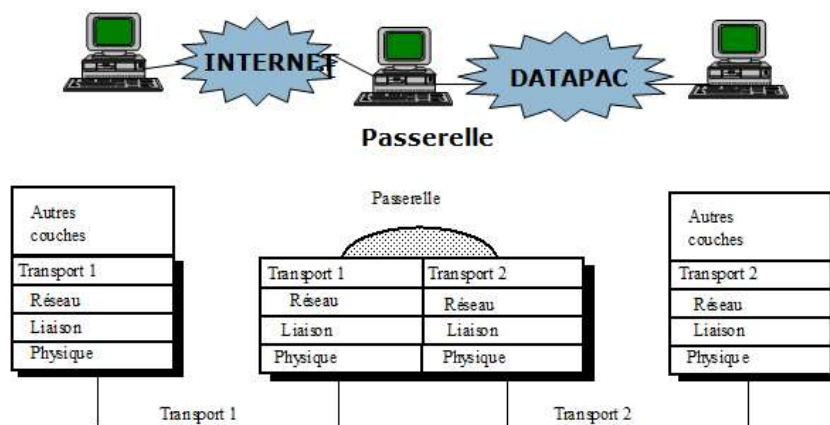
- ✓ Permet d'interfonctionner des systèmes d'information **hétérogènes**,
- ✓ Exemples : entre messageries d'entreprise, serveurs de fichiers, d'impression

Deux types de passerelles sont disponibles:

Une passerelle de transport: Met en relation les flux de données d'un protocole de la couche transport.

Une passerelle d'application: Met en relation deux parties d'une application globale répartie.

Niveau d'utilisation : La couche transport et supérieure (4 et sup.)



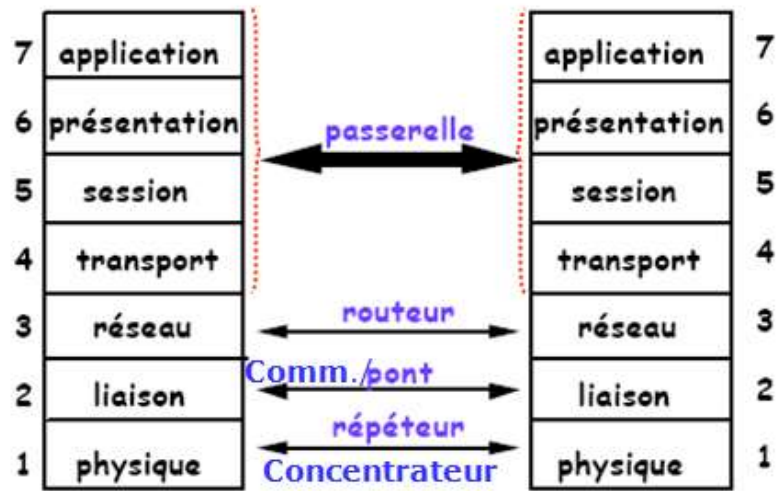
Passerelle ethernet It-gt-can-277830



Passerelle profinet 152450



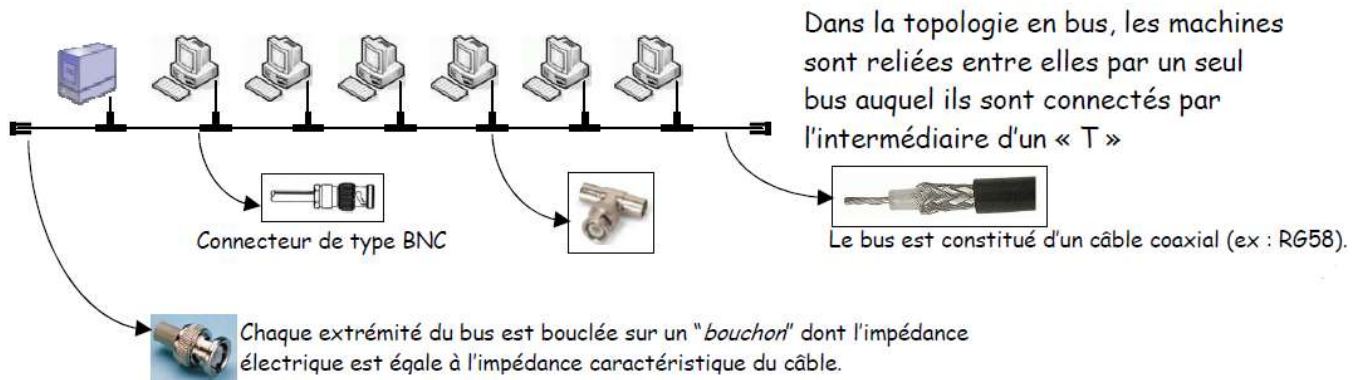
Passerelle de réseau de capteur sans fil wsn-540006



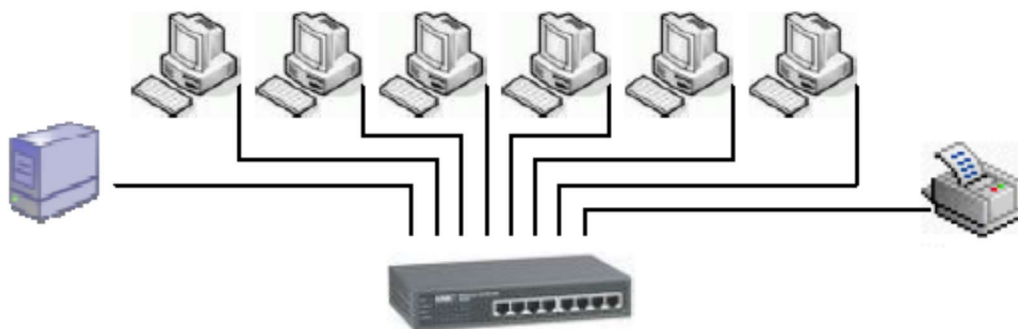
3. Exemples d'interconnexion des réseaux

3.1. Topologies

Topologie e bus

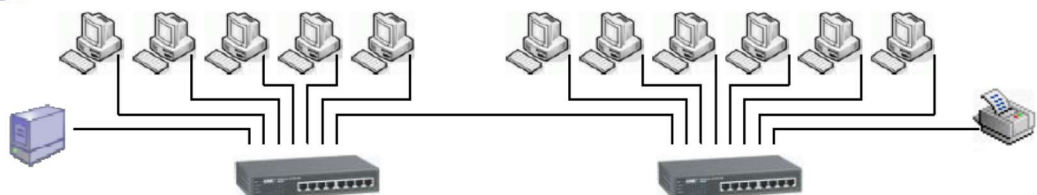


Topologie en étoile



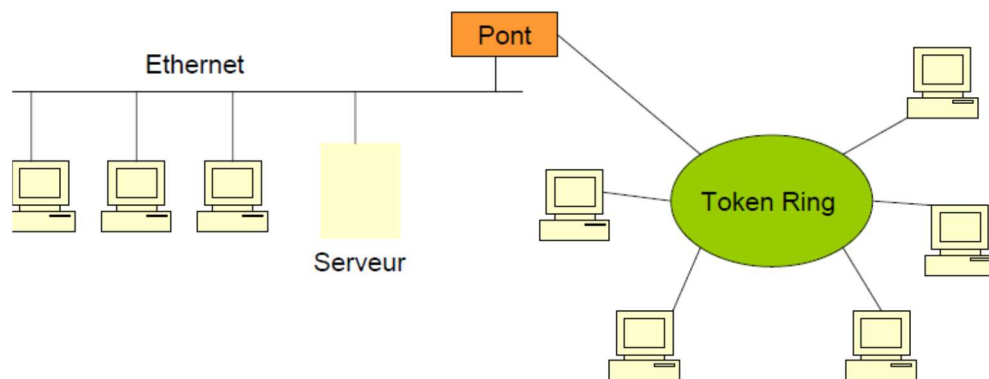
La topologie en étoile est, de loin, la **plus fréquente**. Chaque unité est reliée à un nœud central (**HUB ou SWITCH**) par l'intermédiaire d'un câble à paires torsadées. Les connecteurs sont de type RJ45.

Les *HUBS* ou *SWITCHES* peuvent être montés en cascade pour former des structures plus complexes :



Les switches peuvent être reliés par fibre optique (distance importante, vitesse de transmission...)

3.2. Exemples des réseaux existents : Ethernet et token Ring



✓ réseau local Ethernet

- Au début les réseaux Ethernet reposaient sur le principe du **bus**. Ce bus était matérialisé par un câble coaxial de forte section et les stations y étaient chacune raccordées par un câble de desserte comme schématisé sur la fig. 1.

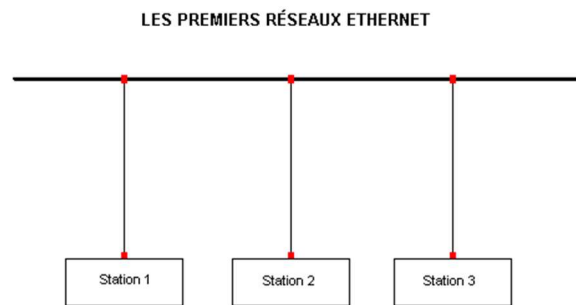


fig. 1

- On a ensuite remplacé ce câble unique par des segments chaînant les stations entre elles (voir fig. 2), la continuité du bus étant assurée par des prises en T. En même temps le câble coaxial est devenu plus fin et ce type de réseau a pris le nom de réseau **Ethernet fin**.

LES RÉSEAUX ETHERNET FIN

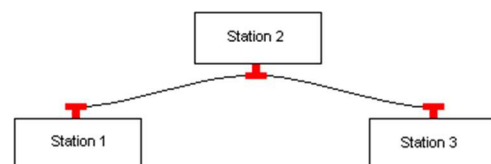
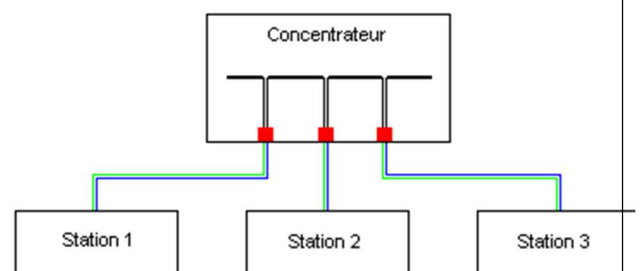


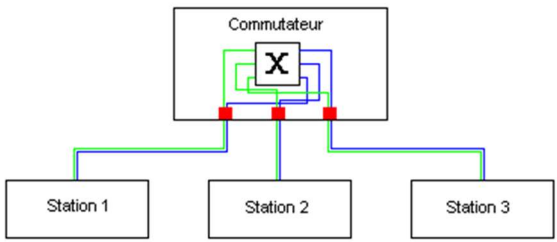
fig. 2

- Pour passer à une configuration en étoile, il a fallu ajouter un appareil : le **concentrateur** (*hub*). Son fonctionnement est simple : une trame qui arrive sur l'un des ports est répétée sur tous les autres. Apparemment les stations sont bien raccordées en étoile autour du concentrateur mais le fonctionnement est analogue à celui d'un bus (voir fig. 3).

RÉSEAU ETHERNET EN ÉTOILE



Contrairement à ce qui se passe sur d'autres types de réseaux, chaque station peut émettre quand elle veut. Elle n'a pas à attendre qu'on lui donne la parole ou que son tour soit venu. Deux stations peuvent donc émettre une trame en

<p>même temps ce qui provoque une collision ; les deux sont perdues. Si l'on ne peut pas éviter les collisions de trames, on sait néanmoins les détecter et émettre les trames de nouveau. Après une ou plusieurs tentatives elles finissent par arriver à bon port.</p> <p>- La probabilité de collision augmente avec le trafic. Si peu de trames circulent sur le réseau il y a peu de chances qu'elles rentrent en collision. Si toutes les stations échangent en permanence entre elles, de nombreuses trames vont être perdues. Les délais engendrés par les retransmissions vont donc faire chuter le débit effectif du réseau bien en dessous de son débit nominal.</p>	
<p>La première amélioration a consisté à augmenter progressivement le débit nominal pour l'amener aujourd'hui à 100 Mbits/s (Fast ethernet), voire 1000 Mbits/s sur les réseaux Gigabit. Néanmoins pour faire face à la charge sans cesse croissante des réseaux locaux une autre solution a été trouvée : la commutation de trames (voir fig. 4).</p> <p>Cette fois-ci les trames Ethernet en provenance d'une station sont complètement isolées de celles en provenance d'une autre et il en est de même en réception. Le commutateur (<i>switch</i>) analyse l'entête, regarde à qui est destiné la trame et l'envoie vers le destinataire. On peut comparer son rôle à celui d'un aiguillage. Ainsi, même sur un réseau très chargé, le débit effectif reste pratiquement égal au débit nominal.</p>	<p style="text-align: center;">RÉSEAU EHERNET COMMUTÉ</p>  <p style="text-align: right;">fig. 4</p>

Les liaisons d'un réseau local informatique (topologie étoile) sont constituées de 4 paires torsadées.

- ✓ La norme **1000BASE-T**, aussi appelée Gigabit Ethernet, est une évolution de l'Ethernet classique. Celle-ci autorise des débits de 1 000 Mbit/s sur 4 paires de fils de cuivre Cat5e (utilisation de connecteurs RJ45), sur une longueur maximale de 100 m.
- ✓ 1000BASE-T permet l'utilisation des 4 paires torsadées en mode full duplex, chaque paire transmettant 2 bits par baud, à l'aide d'un code à 5 moments. Soit un total de 1 octet par top d'horloge sur l'ensemble des 4 paires, dans chaque sens.

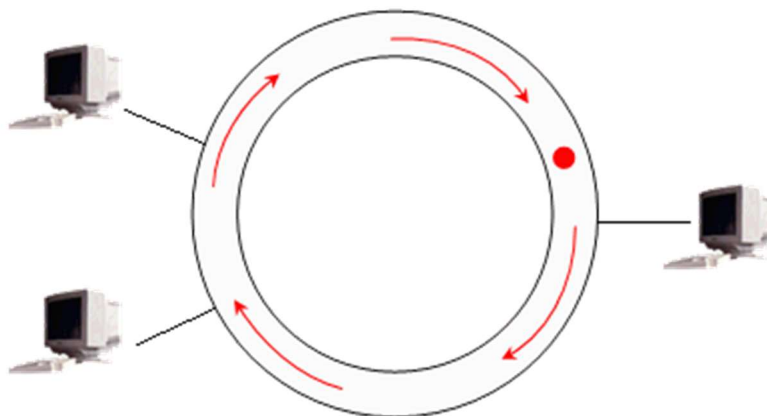
Ce standard est compatible avec 100BASE-TX et 10BASE-T, il assure la détection automatique des taux d'envoi et de réception assurée. Celui-ci permet un fonctionnement sans switch, en mode « point à point ».

✓ Réseau Token Ring (L'Anneau à jeton)

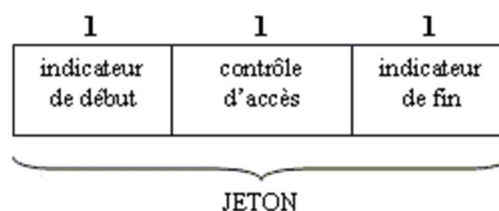
Token Ring a été créé dans les années 70 par IBM. On l'utilise toujours bien qu'aujourd'hui les LAN implémentent de plus en plus une technologie Ethernet.

C'est le réseau Token Ring d'IBM qui a inspiré la norme IEEE 802.5, qui en reprend tous les principes.

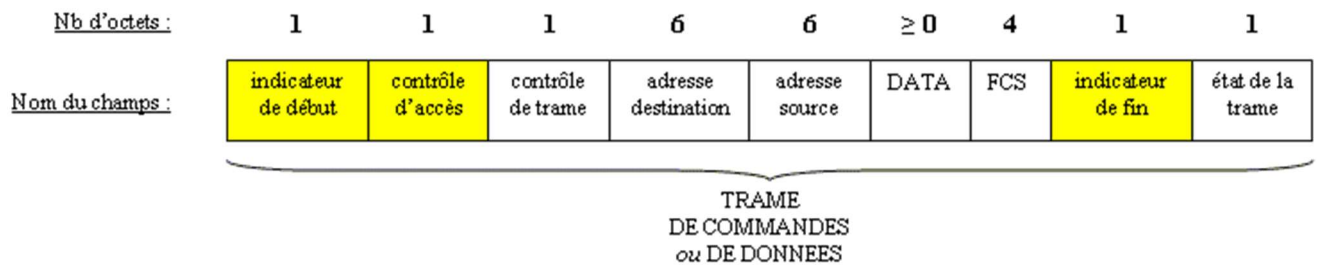
Les réseaux Token Ring et IEEE 802.5 utilisent le principe des réseaux à passage de jeton. L'idée est de faire circuler un jeton dans un anneau. Chaque station attend le jeton. Lorsque celui-ci arrive à une station, soit la station n'a rien à transmettre, auquel cas elle passe le jeton au suivant, soit elle désire transmettre des données et dans ce cas modifie le jeton qui devient un début de trame. La station y ajoute ensuite les informations qu'elle souhaite émettre.



Le jeton est une trame composée de 3 champs d'un octet chacun. Le premier indique le début du jeton.



Ce jeton est modifié pour devenir soit une trame de données, soit une trame d'information, selon le schéma suivant :



Les réseaux à jeton comme token ring, sont dits 'déterministes' du fait qu'il est possible de calculer la période de temps maximum qui s'écoulera avant que la station la plus éloignée ne puisse émettre à son tour. Cette caractéristique ainsi que leur fiabilité, font des réseaux à jeton des réseaux fiables et prévisibles totalement adaptés à des systèmes industriels automatisés.

Le Token Ring donnait d'excellents résultats si on considère les premières implémentations sur médium partagé d'Ethernet, et fut considéré comme alternative viable à haute performance à celles-ci. Contrairement aux performances d'Ethernet, qui décroissent avec la probabilité de collisions de trames et donc avec le nombre de stations, celles de Token Ring sont constantes et donc prévisibles, puisque les collisions sont impossibles.

Le développement de l'Ethernet commuté rendit à nouveau l'Ethernet plus compétitif, la structure qu'il demandait étant plus légère. En effet, Ethernet offrait des débits plus élevés à un coût moindre, ce qui provoqua la chute du Token Ring. Les ventes plus élevées d'Ethernet permirent des économies d'échelle tirant les prix à la baisse, lui faisant à terme remplacer Token Ring. L'architecture en anneau resta cependant utilisée dans les transmissions rapides FDDI et CDDI à 100Mb/s permanent.