

Cours RSX103 : Réseaux Compléments et Applications

Chapitre III

Evolution vers les Hauts Débits

Introduction

1. Les LAN modernes sont de *plus en plus congestionnés et surchargés*.

- ◆ En plus d'un *nombre croissant d'utilisateurs*, plusieurs facteurs concourent à l'accroissement des capacités des LAN traditionnels.

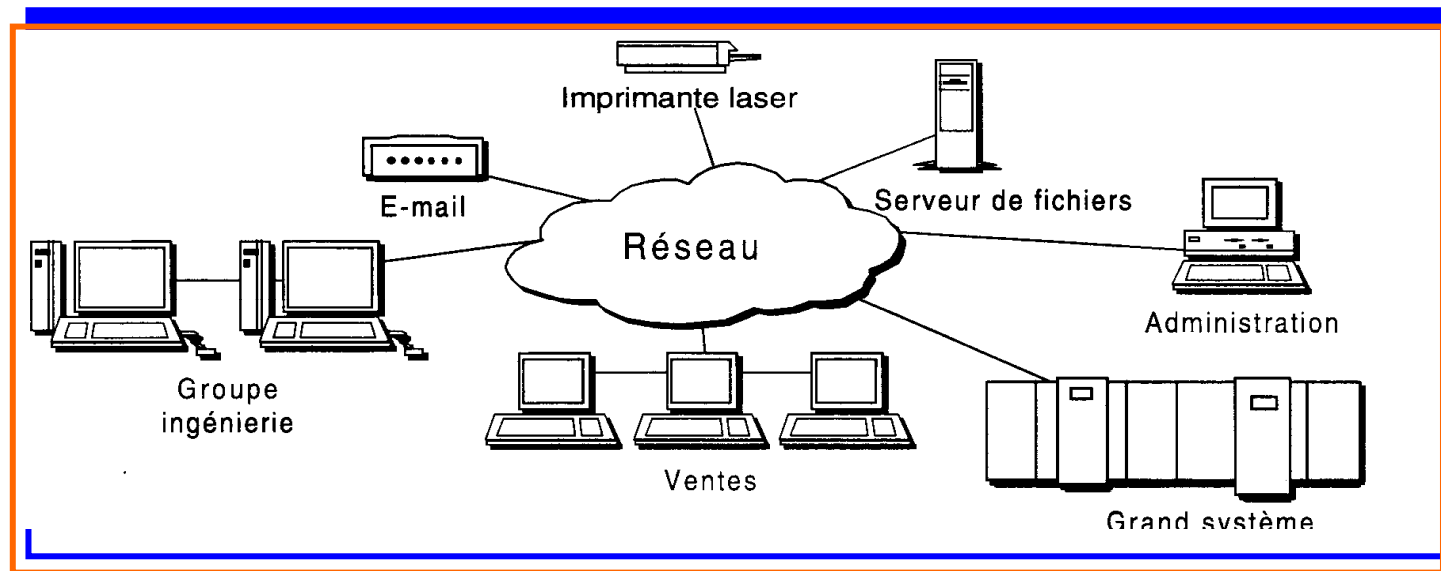
2. Systèmes d'exploitation plus rapides –

- Les capacités multitâche qu'offrent les trois systèmes d'exploitation les plus courants (Windows, Unix et Mac) permettent aux utilisateurs d'effectuer des transactions réseau simultanées.
- ⇒ Des OS avec des capacités multitâche, *les utilisateurs de PC peuvent exiger davantage de ressources réseau*.

3. Bien que l'utilisation d'applications gourmandes en ressources réseau, comme Internet soit en hausse, les applications **client-serveur** permettent aux administrateurs de **centraliser les informations**, ce qui facilite la maintenance et la protection.
 - ♦ Les applications client/serveur affranchissent les utilisateurs de la **gestion des informations** et des **coûts inhérents** à la fourniture de l'espace disque nécessaire à leur stockage.

■ Nature des Informations à transporter :

- Jusqu'à un passé proche, les réseaux locaux ne transportaient exclusivement que des données informatiques
- Les utilisateurs demandent aujourd'hui d'accéder à toutes formes d'information
 - *Intégration des services voix/données* : Données, images, voix, vidéo, téléconférence
 - *Applications interactives* : SGBD, forums interactifs (chats), transactions Multimédia



■ Trafic sporadique ($\Leftrightarrow$ asynchrone) / Rafale / Burst

→ Les informations à transporter sont :

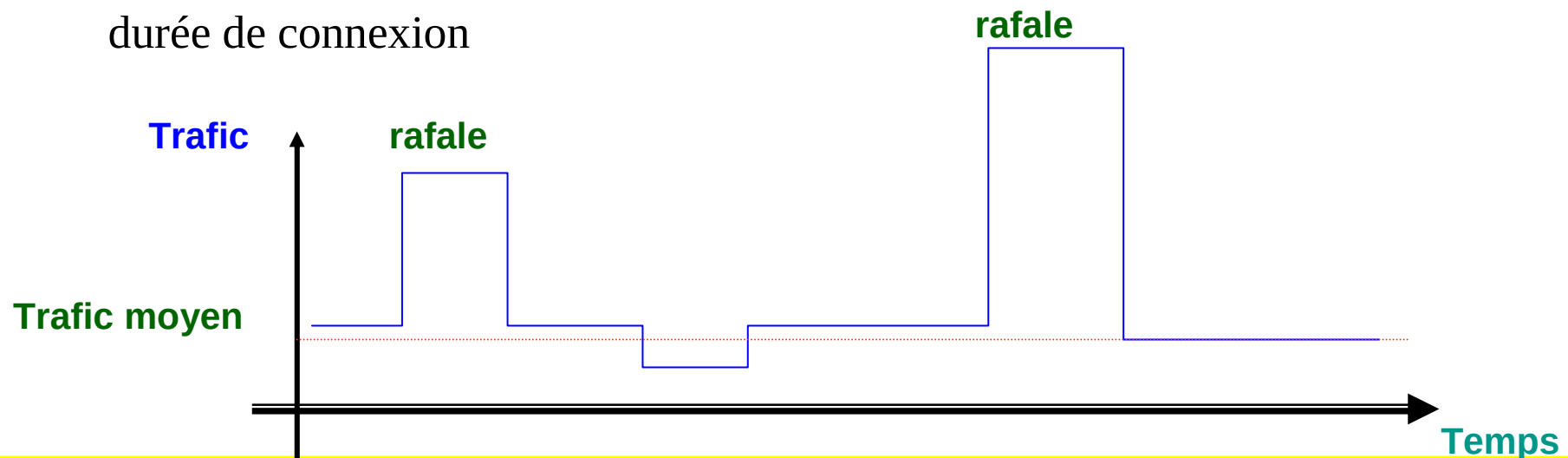
✓ Des données au sens strict (fichiers, bases de données, ...etc.)

✓ Des données multimédias (images fixes)

→ L'interactivité entre le fournisseur et le consommateur peut être importante :
consultation des données, commandes, prises de commandes)

➤ Sans relation temps réel entre elles ($\Leftrightarrow$ Transactionnels)

→ Critère de sporadicité : rapport entre le débit de crête et le débit moyen pendant la durée de connexion



■ Données Audio

- Information générée et consommée *en temps réel*.
- Interactivité d'une conversation téléphonique introduit des contraintes fortes sur *le temps de transfert*
 - **Recommandation G.114 de l'UIT**

Temps de transfert dans le réseau	Effets sur la conversation
Inférieure à 150ms	L'oreille ne décèle aucune gêne
Entre 150 et 400 ms	La conversation peut devenir difficile, mais encore tolérable
Au-dessus de 400 ms	La conversation devient pénible, voire impossible

■ Transfert de la voix :

→ Commutation de circuit

→ Commutation de paquets : Problèmes :

1. **Gigue** : dû à l'impossibilité de maintenir une relation temporelle entre les échantillons
(variation des délais dans les files d'attentes)

2. **Délais** : paquetisation des données audio (fournies à 125µs), ...etc.

■ Données Vidéo

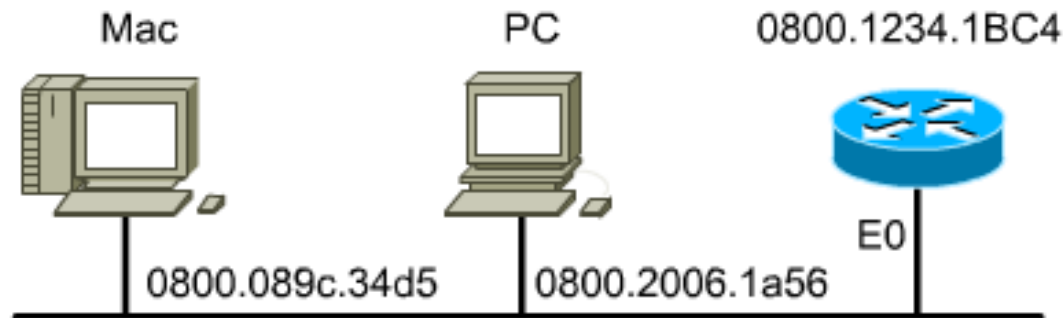
- Vidéo = suite périodique d'images
 - Période = choisie pour que l'œil humain ait l'impression de continuité
 - Codage déterminé par le système *visuel humain*
- Image = $X \cdot Y \cdot N$, avec :
 - X : nombre de lignes ,
 - Y: nombre de colonnes,
 - N : nombre de couleurs
- Résolution spatiale = $X \cdot Y$
- Représentation de la couleur = N
- Echantillonnage du mouvement = F
- Débit = $X \cdot Y \cdot N \cdot F$
- Exemple : TV numérique/qualité studio

Type	Résolution	Format	Taux : Images/s
NTCS	720 x 486	ITU-R 601	30
PAL/SECAM	720 x 576	ITU-R 601	25

- ➡ Pour répondre à de **nouveaux besoins**, et ayant les possibilités technologiques de les satisfaire.
- ➡ Les architectures de type **Client/Serveur** et les **applications multimédia** (données, sons, images animées (applications futures)) sont gourmandes en bande passante.
- ➡ Est naturellement apparu un besoin de **réseaux multiservices hauts débits**.
- ➡

Les divers problèmes de communication d'un réseau local

- ♦ Ethernet est l'architecture LAN la plus répandue.
 - ♦ Toutes les unités sont connectées *au même média de transmission*.
 - ♦ Le média Ethernet utilise un *mode de broadcast de trames de données* pour transmettre et recevoir des données entre tous les nœuds du média partagé.

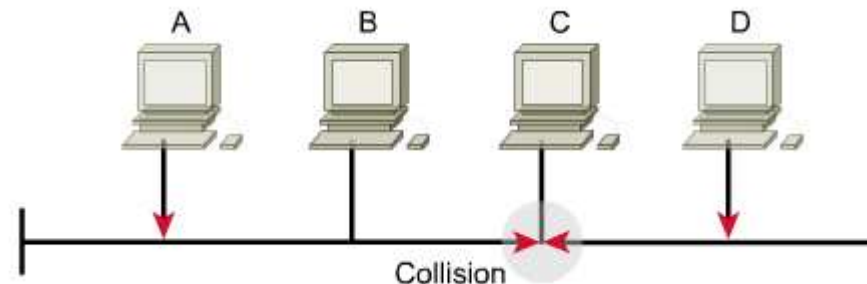


Facteurs influant les performances d'un LAN (1)

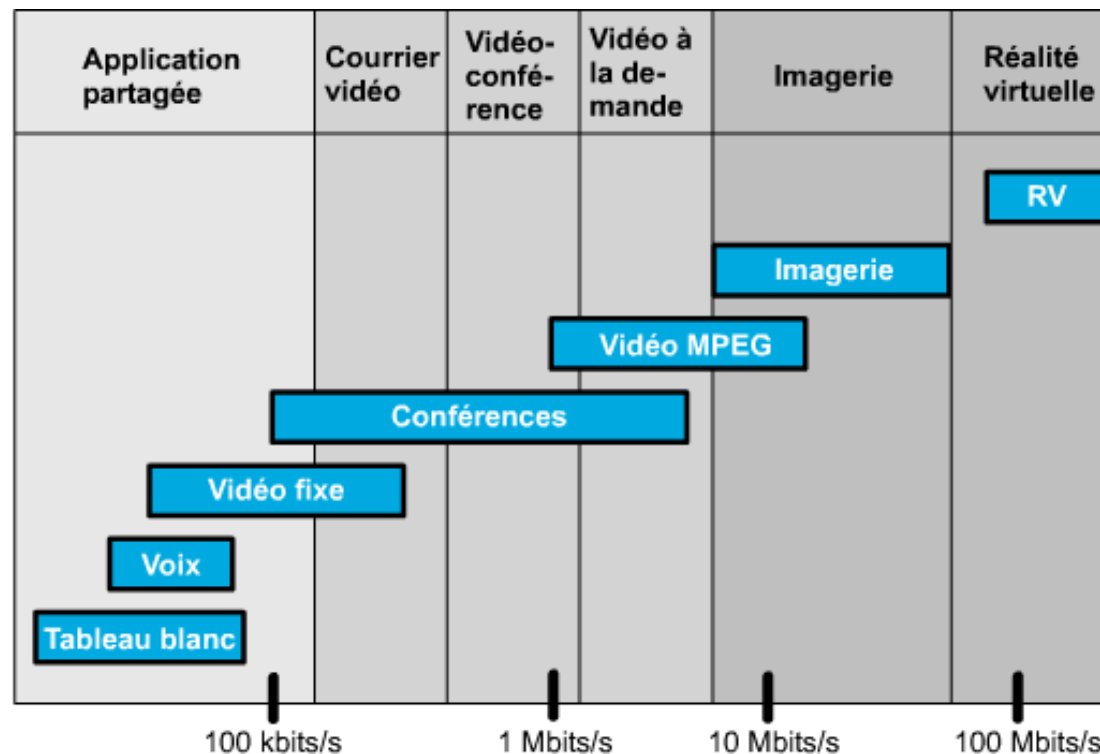
♦ Plusieurs facteurs peuvent avoir un **effet négatif** sur les performances d'un LAN Ethernet 802.3 à média partagé.

1. Remise de type **broadcast** des trames de données des LAN Ethernet/802.3.
2. Méthodes d'accès CSMA/CD (détection de porteuse avec accès multiple) ne permettant qu'à *une seule station de transmettre à la fois*.

- ☞ Un réseau Ethernet utilisant CSMA/CD et un média partagé peut prendre en charge des *débits de transmission pouvant atteindre 100 Mbits/s*.
- ☞ L'objectif d'Ethernet est de fournir un *service d'acheminement au mieux (best-effort)* et de permettre à toutes les unités qui partagent le média *de transmettre également*.
- ☞ La *collision* est l'un des problèmes inhérents à la technologie CSMA/CD



3. Des applications multimédia ayant des exigences plus élevées en matière de bande passante, telles que des applications vidéo et Internet, alliées à la nature de broadcast d'Ethernet, peuvent entraîner des *problèmes de congestion sur le réseau*.



Exigences en matière de bande passante multimédia (source Cisco)

4. Latence d'un Réseau : ($\Leftrightarrow$ délai)

- ◆ **Définition :** La latence est le temps que prend une trame (ou un paquet) pour voyager entre la station d'origine (nœud) et la destination finale sur le réseau.
- ◆ **Prise en compte de ce paramètre :**
 - Il est important d'évaluer la latence totale du chemin entre l'origine et la destination pour les LAN et les WAN.
 - Dans le cas précis d'un LAN Ethernet, il est vital de bien comprendre le concept de latence, et ses effets sur la synchronisation réseau

♦ Il existe au moins trois causes de latence.

1. Le délai de carte réseau : temps nécessaire à la carte réseau d'origine pour **placer des impulsions électriques sur le fil** et le temps nécessaire à la carte réseau réceptrice **pour interpréter ces impulsions**. (exemple : **1 microseconde** pour les cartes réseau 10BaseT).
 2. le délai de propagation proprement dit :
 - Le temps nécessaire au déplacement du signal sur le fil (environ **0,556 microseconde** par 100 mètres pour du câble UTP de catégorie 5).
 - Plus le câble est long, plus le délai de propagation est important
 3. Délais dans les équipements intermédiaires (plus au moins importants, en fonction *du niveau auquel*, les décisions de routage sont prises)
- 👉 **Temps de transmission réel** : période pendant laquelle l'hôte transmet effectivement des bits

Exemple : calcul de durée de transmission en 10BaseT

♦ Exemple : Durée de transmission Ethernet 10BaseT

☞ **Durée d'un bit :** l'unité de base au cours de laquelle **un bit est envoyé**.

☞ **Temps de transmission :** nombre de bits envoyés **X** par la durée d'un bit de la technologie.

→ **Durée de bit :** 100 ns (durée d'un bit).

→ **Temps de transmission d'un octet :** nécessite-t-elle au moins 800 ns.

→ **La transmission d'une trame de 64 octets** (la plus petite trame **10BaseT** admise pour garantir le bon fonctionnement de CSMA/CD) nécessite **51 200 ns** ou 51,2 microsecondes (64 octets **X** 800 ns = 51 200 ns et $51\,200\text{ ns} / 1000 = 51,2\text{ microsecondes}$).

→ **La transmission d'une trame complète de 1 000 octets** à partir de la station d'origine demande 800 µs seulement pour compléter la trame.

Taille des trames en octets	Temps de transmission en microsecondes
64	51.2
512	410
1000	800
1518	1214

◆ Remarque Importante :

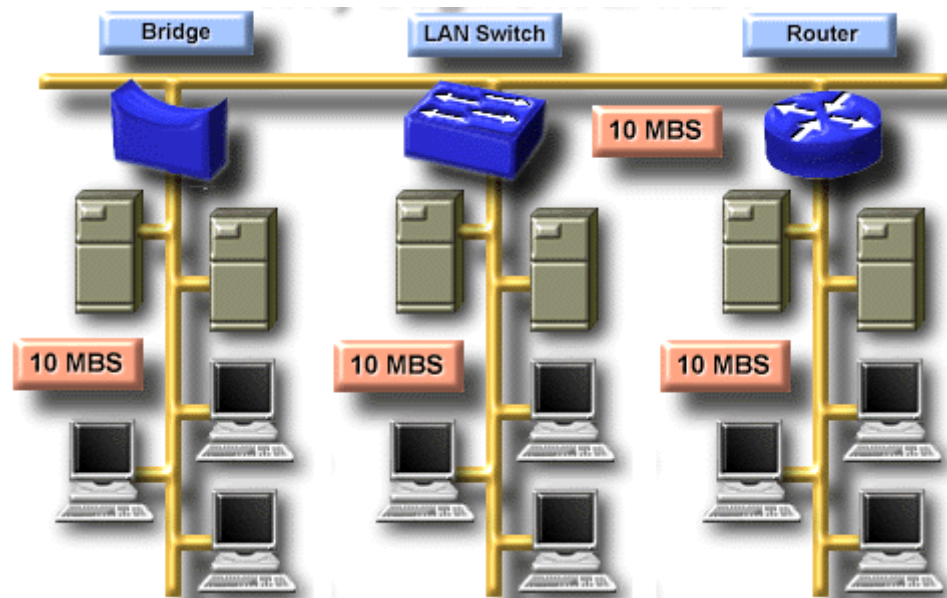
☞ La latence ne dépend pas uniquement de la **distance** et du **nombre d'unités**.

☞ Pourquoi ?

☞ Si trois **commutateurs** correctement configurés séparent deux stations de travail, ces dernières subiront moins de latence que si elles étaient séparées par deux **routeurs** correctement configurés.

Améliorer la performance : 3 solutions

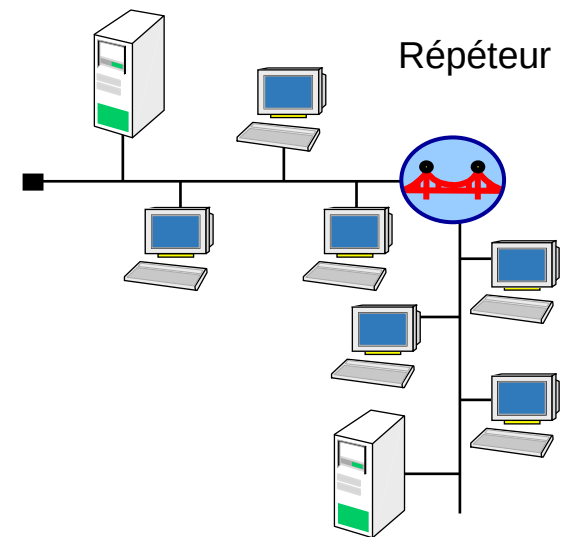
- ◆ Augmenter la bande passante (100 baseT(FX) ou 1000 baseT(FX))
- ◆ Changer de mode transmission (full duplex)
- ◆ Segmenter le réseau en domaines de collision et de diffusion plus petits avec :
 - des ponts ou des commutateurs (couche 2)
 - des routeurs (couche 3)



Réseaux LAN : Evolutions

◆ Les répéteurs :

- Des équipements de la couche 1 qui régénèrent le signal avant de le retransmettre
- Ils autorisent des distances de bout en bout supérieures
- Augmentent la taille du domaine de collision
- Augmentent la taille du domaine de broadcast



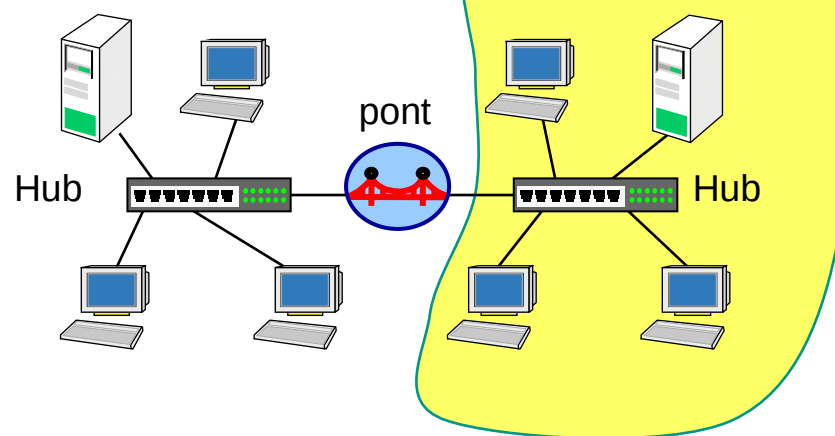
■ Avantages des Réseaux Locaux à médium partagé:

- Très facile et pas cher

■ Inconvénients :

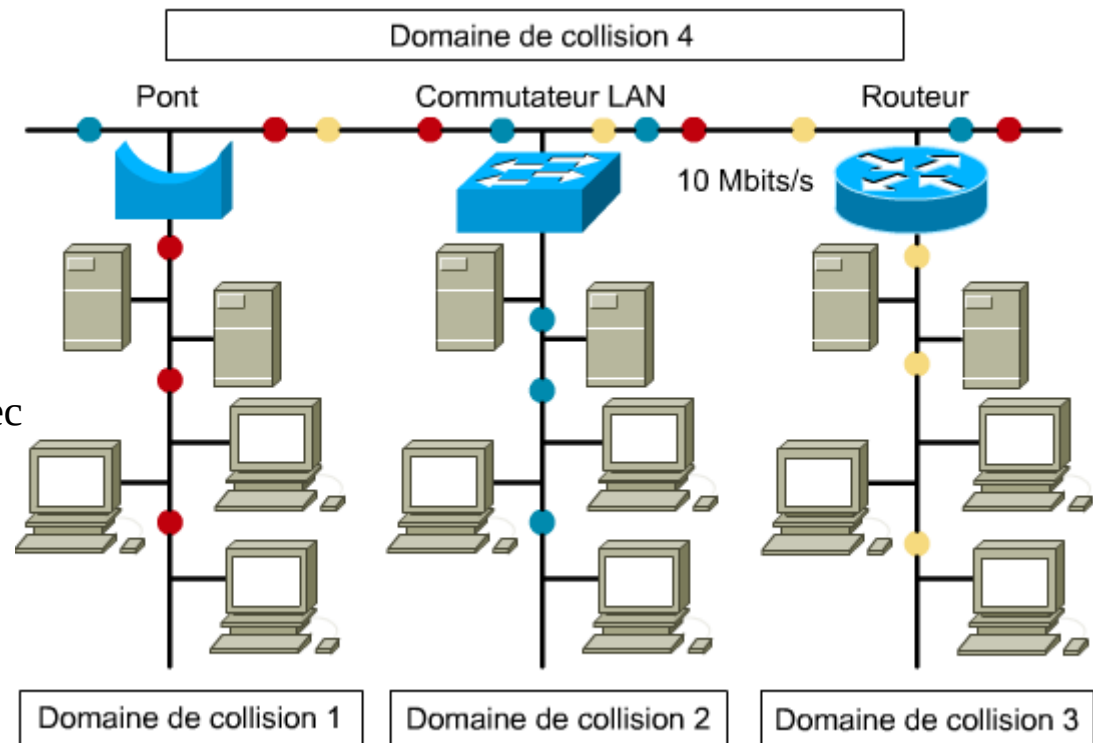
- Mal adaptés aux nouveaux services , ...etc.

- ◆ Un réseau peut être divisé en unités plus petites appelées segments.
- ◆ Chaque segment utilise le mode d'accès CSMA/CD et assure le trafic entre les utilisateurs sur le segment.



◆ Exemple :de réseau Ethernet segmenté.

- **15 ordinateurs** (6 serveurs de fichiers et 9 PC).
- **Segmentation** : ⇔ un nombre inférieur d'utilisateurs/d'unités se partagent les 10 Mbits/s lorsqu'ils communiquent les uns avec les autres à l'intérieur d'un segment.
- Chaque segment constitue son propre domaine de collision.



■ Avantages

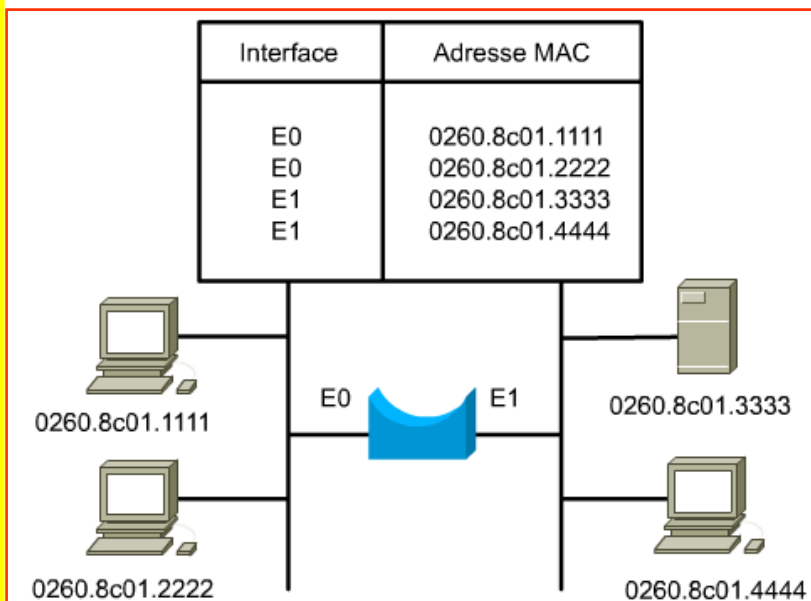
1. Augmentation de la bande passante disponible aux utilisateurs
 - possibilité de supporter en simultané plusieurs flux de données
2. Les stations extrémité peuvent travailler en full-duplex
3. Bonne compatibilité d'échelle pour des grandes réseaux

La segmentation LAN à l'aide de ponts

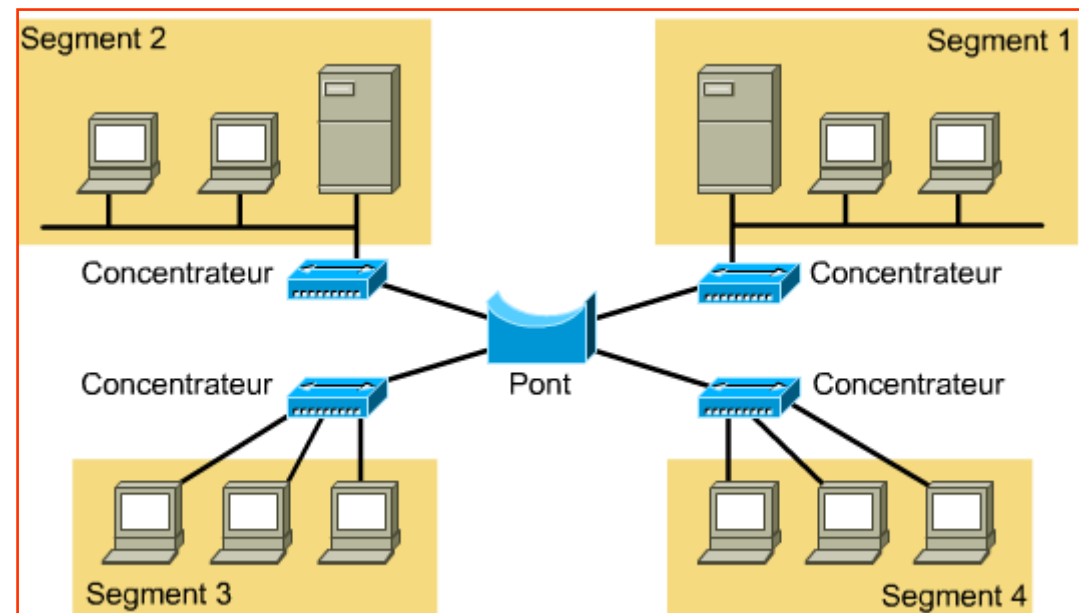
♦ Segmentation à l'aide de ponts :

- ➡ Augmentation de la bande passante fournie par utilisateur
- ➡ Ils augmentent le **temps de latence (attente)** d'un réseau de 10 à 30 %.
 - Lié au temps que doivent consacrer le ou les ponts à la *prise de décisions au moment de transmettre les données.*
 - Le pont utilise le "*Store and Forward*"
 - Le temps pris pour exécuter ces tâches peut ralentir les transmissions sur le réseau, entraînant par là même un temps de latence accru.

Table Ports / Stations



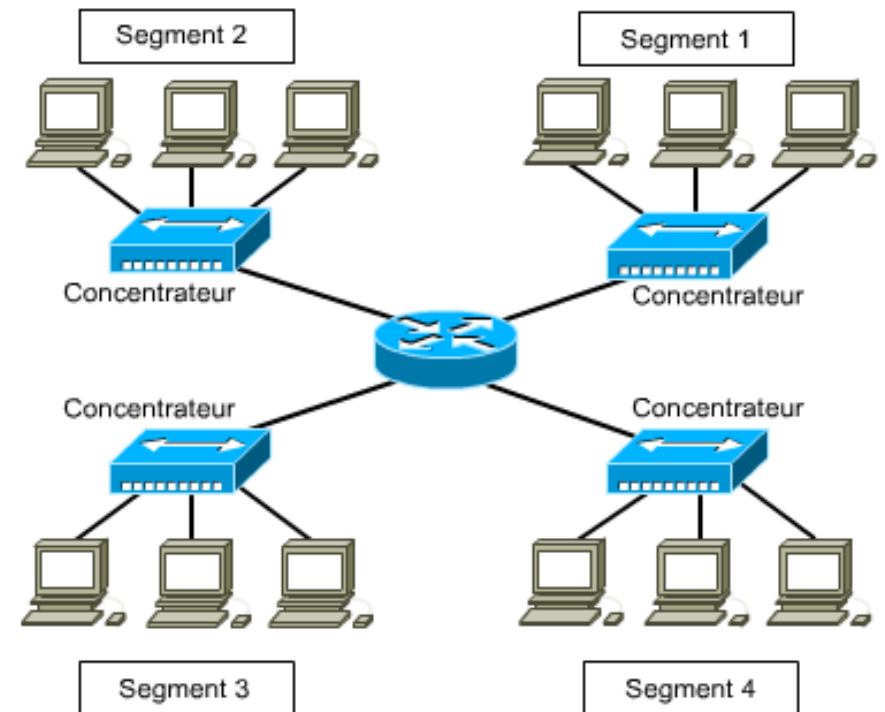
Segmentation à l'aide ponts



La segmentation LAN à l'aide de routeurs (1)

◆ Principe :

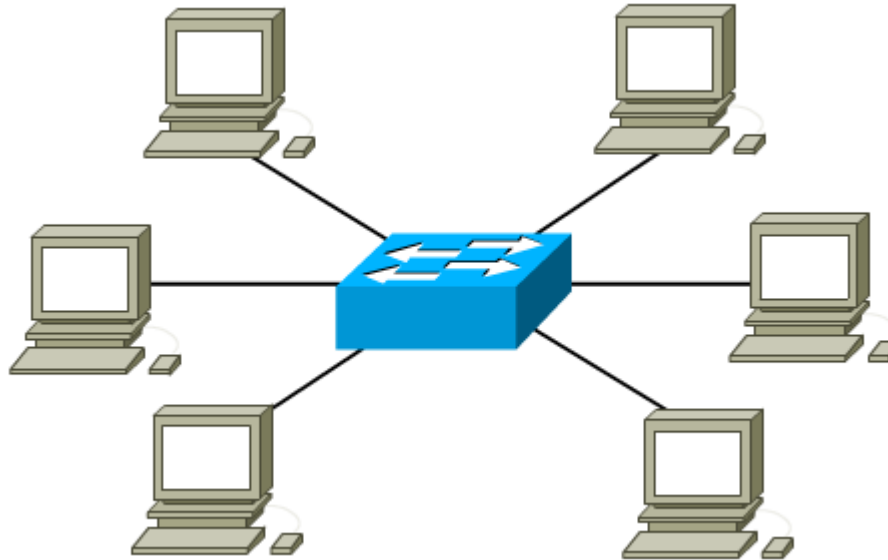
- ◆ Elle est plus facile à gérer.
- ◆ Elle se caractérise par une fonctionnalité accrue.
- ◆ Il existe de multiples chemins actifs
- ◆ Domaine de collision plus petits
- ◆ Fonctionne au niveau de la couche trois
- ◆ *Adaptés à de très grands réseaux*



♦ Les avantages et les inconvénients de la segmentation LAN à l'aide de routeurs

	Routeur	Pont
	Les routeurs sont plus complexes et évolués	Moins complexes
	Un routeur fonctionne au niveau de la couche réseau et fonde toutes ses décisions d'acheminement sur l'adresse de niveau protocole de la couche réseau.	Un pont fonctionne au niveau de la couche liaison de données.
	Un routeur prend des décisions relatives à l'acheminement en examinant <i>l'adresse de destination du paquet</i> de données et recherche les instructions d'acheminement dans sa table de routage.	Décision prise sur base des <i>adresses MAC</i> , donc plus rapide
	<u>Processus de décision prend du temps.</u> → Les protocoles qui exigent l'envoi d'un accusé de réception du destinataire à l'émetteur pour chaque paquet livré (protocoles orientés accusé de réception) affichent une perte de débit de 30 à 40 %. → Les protocoles qui nécessitent l'envoi minimal d'accusés de réception (protocoles à fenêtre glissante) affichent une perte de débit de l'ordre de 20 à 30 %. ☞ <i>moins de trafic de données entre l'émetteur et le destinataire (ce qui signifie moins d'accusés de réception).</i>	Ils augmentent le temps de latence (attente) d'un réseau de 10 à 30 % .

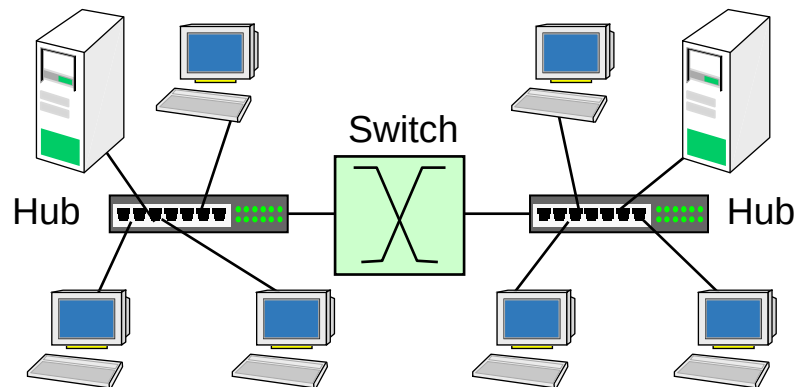
◆ Principe :



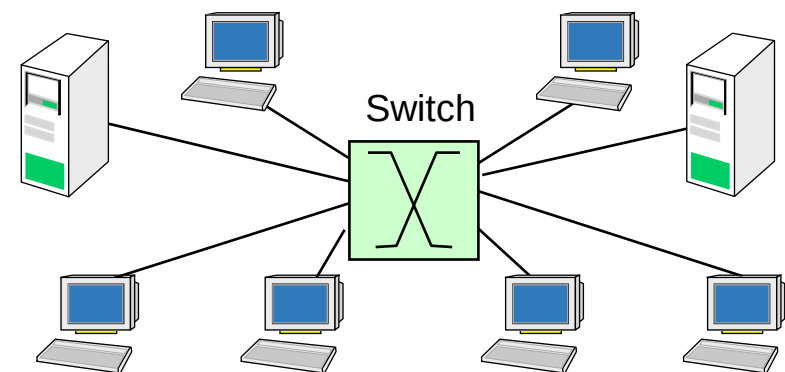
- ◆ Elimination de l'effet des collisions grâce à la micro segmentation
- ◆ Latence faible et hauts débits d'acheminement des trames au niveau de chaque port d'interface
- ◆ Compatible avec le câblage et les cartes réseau conformes à la norme 802.3 (CSMA/CD)

La segmentation LAN à l'aide de commutateurs (2)

- ♦ La commutation LAN allège les **contraintes de bande passante** et les goulots d'étranglement sur le réseau (*par rapport à ceux qui se produisent entre un groupe de PC et un serveur de fichiers distant*).
- ♦ Un commutateur peut segmenter un LAN en **microsegments**, qui sont des segments à hôte unique.
- ♦ Les hôtes connectés au commutateur se trouvent toujours dans le même **domaine de broadcast**.



Commutation par segment



Commutation par port

- ◆ Un réseau Ethernet commuté repose sur la **norme Ethernet**.
- ◆ Chaque nœud est directement connecté à l'un des ports du commutateur ou à un segment qui est connecté à l'un de ses ports.
 - Cela crée une connexion de bande passante de 10 Mbits/s entre chaque nœud et chaque segment du commutateur.
 - Un ordinateur connecté directement à un commutateur Ethernet *constitue son propre domaine de collision* et peut tirer parti de la totalité des 10 Mbits/s.
- ◆ Un LAN qui utilise une topologie Ethernet commutée fonctionne comme s'il n'avait que deux nœuds : *le nœud émetteur et le nœud récepteur*.
- ◆ Comme un LAN Ethernet commuté utilise très efficacement la bande passante, **il offre un débit plus élevé que les LAN Ethernet connectés par des ponts ou des concentrateurs**.
- ◆ Dans une implémentation Ethernet commutée, la bande passante disponible peut atteindre près de 100 %.

Commutateurs

Techniques de commutation

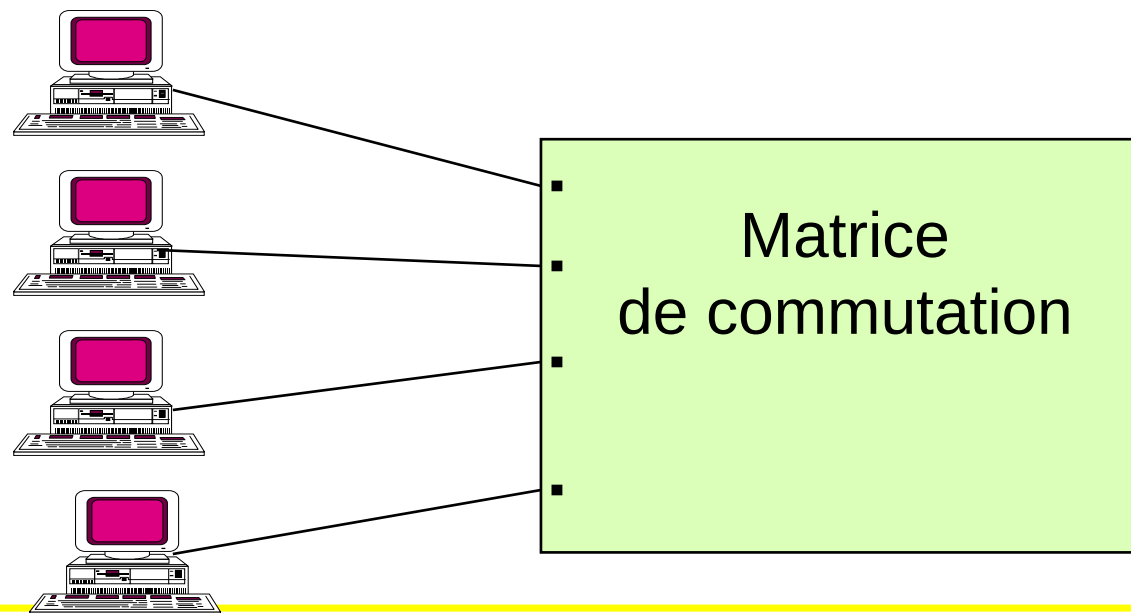
1. Port:

- Composé d'un récepteur et d'un émetteur
- Connecté à une matrice de commutation

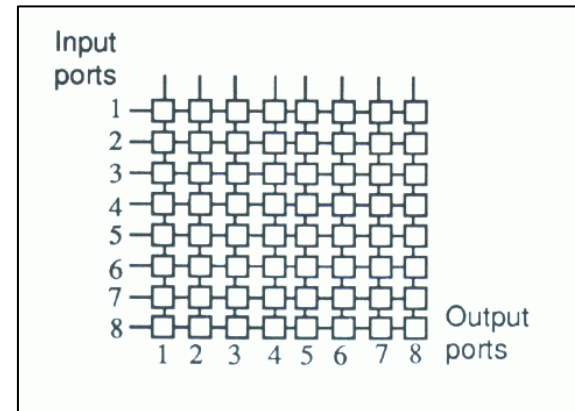
2. Les ports sont indépendants l'un de l'autre

- Plusieurs trames peuvent être commuté simultanément
- Pas de collisions entre les trames de différents ports

3. Chaque port représente un domaine de collision



- Matrice de commutation construit à base de nœud simple (cross) de commutation.
- Topologie efficace

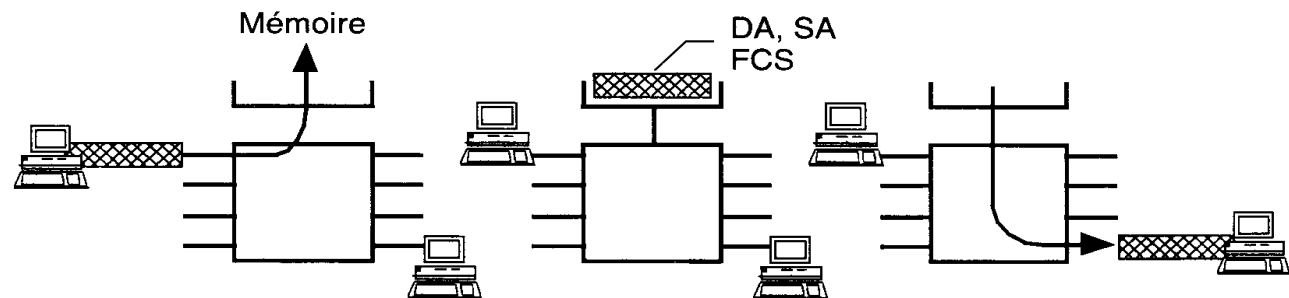


- Possibilité d'émettre et de recevoir simultanément des trames.
 - Dans une matrice $N \times N$, N trames peuvent être émises vers les ports de sortie dans des conditions optimales.
- Possibilité de blocage dû à la congestion de un ou de plusieurs port(s) de sortie
- Fonctionnement correct si il y a mémorisation des trames en entrée de chaque nœud

1. Mémorisation et relais (Store-and-forward) :

- Fonctions de type pont
 - ✓ Lecture complète de la trame et stockage en mémoire
 - ✓ Vérification du FCS (les trames erronées sont éliminées)
 - ✓ Trames correctes extraites de la mémoire et relayées vers le bon port
- Avantages : I
 - ✓ Les trames erronées sont éliminées et non relayées
 - ✓ Adapté aux configurations asymétriques (10/100 Mb/s)
- Inconvénients: latence plus forte et plus de mémoire nécessaire
 - Temps de latence = $f(\text{longueur de trame})$

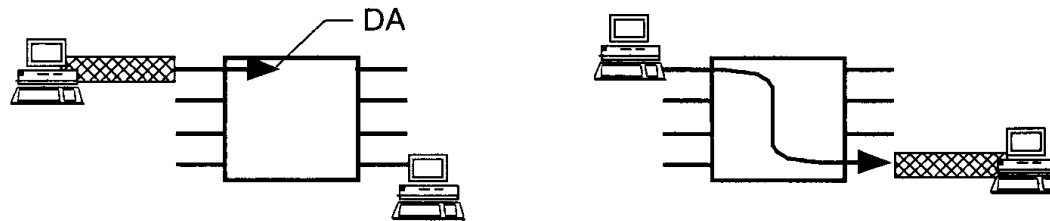
(Store-and-forward) :



2. Commutation directe ("On the fly" : *Cut through*)

- La trame est relayée vers son port de sortie dès que son **adresse destination** est lue
 - Sans effectuer de détection d'erreurs (FCS)
- **Avantages:**
 - ✓ peu de mémoire,
 - ✓ latence plus faible (Inférieur à 20µs, et indépendant de la longueur de la trame)
- **Inconvénients:**
 - ✓ les trames erronées (ainsi que les fragments de collision) sont relayées,
 - ✓ certaines trames peuvent également être éliminées si **la mémoire tampon de sortie est insuffisante**
 - ✓ **Inutilisable** avec commutateur de $\neq$ **protocoles** (ne permet pas la conversion de vitesse)
 - **Exemple** : Ethernet 10 avec ports haut débit (uplink) ATM ou FDDI ...

Commutateurs à commutation directe



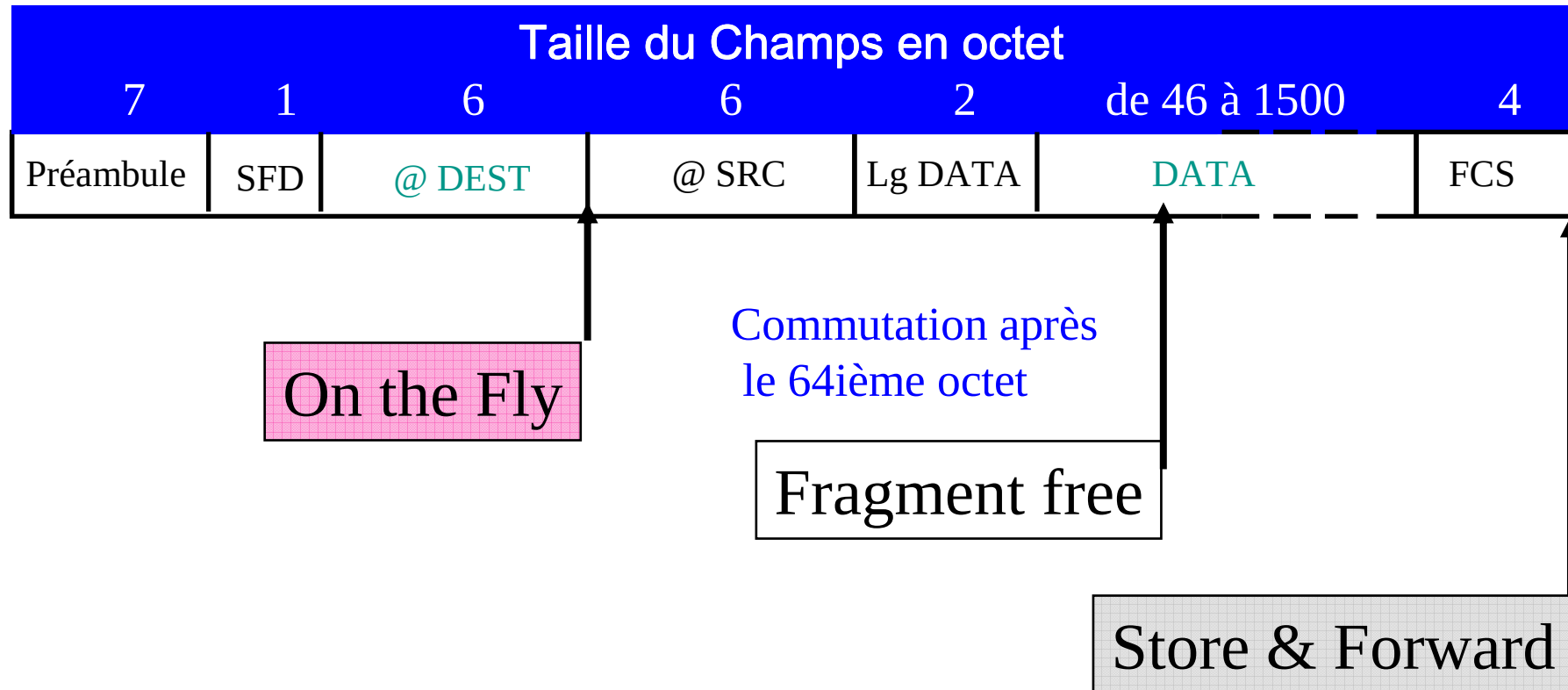
3. Méthode "adaptative"

- Coût par port le plus élevé :
 - Ils combinent les meilleures caractéristiques des deux types précédents de commutateurs
- Les ports des commutateurs sont positionnés par défaut en mode commutation directe (Cut Throught), mais
 - ✓ Le FCS est vérifié au passage de la trame
 - ✓ Les trames erronées sont comptabilisées (*mais non filtrées*)
 - ✓ Des statistiques d'erreur sont mises à jour en fonction du port d'entrée
- Si le compteur dépasse un certain seuil, le port d'entrée est alors basculé dans le mode "store-and-forward »
- La valeur de seuil d'erreurs est configurable

4. Méthode "fragment-free"

- "cut through", mais sans les "runts" (< 64 octets)

Techniques de commutation : Récapitulatif



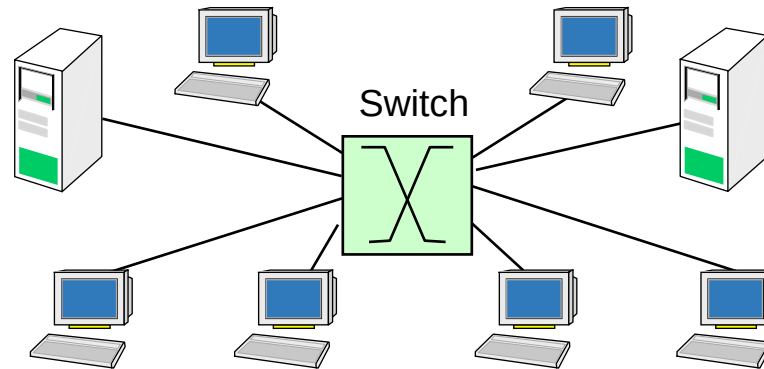
■ Performances :

- **Bande passante** : Fond de panier / $\sum$ vitesse des ports
- **Débit** : vitesse maximale à laquelle le commutateur peut transmettre des paquets sans perte
- **Taux de perte** : pourcentage de trames envoyées mais **non retransmises** par le commutateur dans une fenêtre de temps prédéterminée
- **Temps de latence** : selon stratégie Cut through et/ou Store & Forward
- **Coût par port**
- **Nombre d'adresses MAC gérées par port**
 - Usage en **commutateurs de segments** ou **de stations**
- **Mécanisme de contrôle de congestion**
- Présence de **ports haut débit** (uplink)
- Type d'administration par **SNMP**, telnet, spécifique ...

Rappel : Liaisons Full-duplex sur les commutateurs

- Avec des commutateurs, lorsqu'il n'y a qu'un seul MAC par liaison, on peut envisager d'utiliser des liaisons full-duplex
 - Les stations peuvent émettre et recevoir simultanément
 - CSMA n'est plus nécessaire
 - Attention: le commutateur, les NICs et le NOS doivent tous supporter le full- duplex
- Les portées des liaisons *full-duplex* sont limitées uniquement par les caractéristiques du câble
 - CD : n'est plus nécessaire
 - Liaisons maximales supportées typiquement par les constructeurs

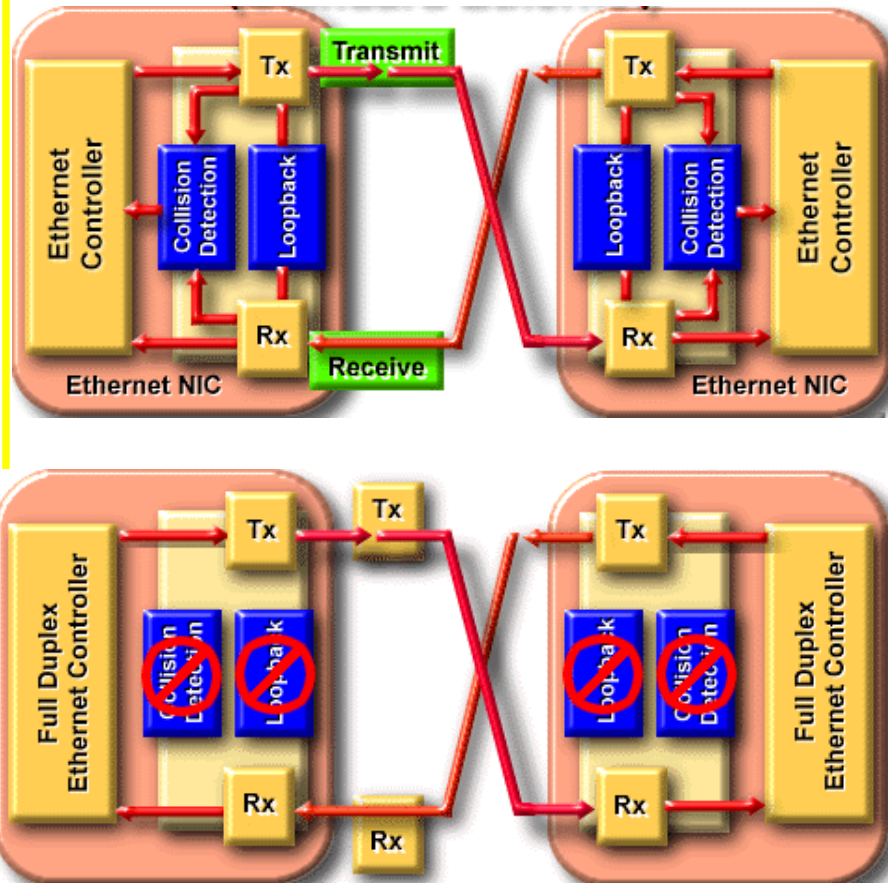
Type	Distance (m)	Limitée par
TX	100	Diaphonie
FX-MMF	2 000	Dispersion Chromatique
FX-SMF	10 000	Atténuation



- La fonction d'auto-négotiation (voir plus loin) est étendue pour sélectionner la meilleure performance pour chaque liaison
 - meilleur mode possible pour chaque liaison

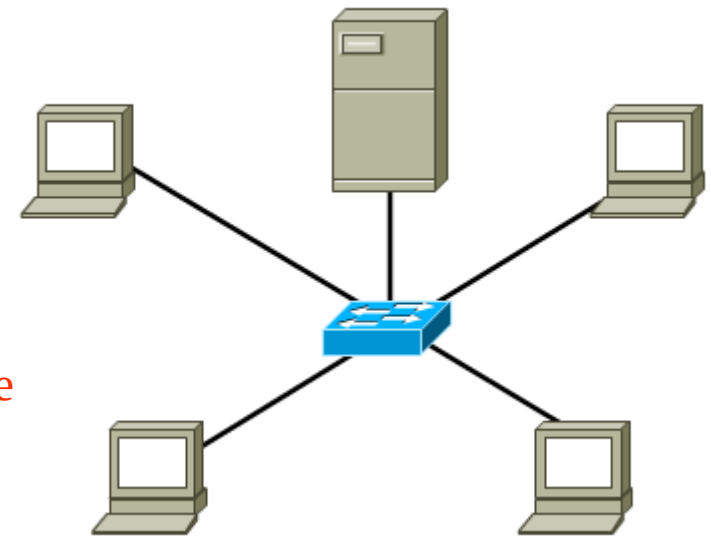
Débit (Mbit/s)	Duplex	CSMA/CD
100	Full	Désactivé
100	Half	Activé
10	Full	Désactivé
10	Haf	Activé

Rappels : Transmissions Half et Full Duplex



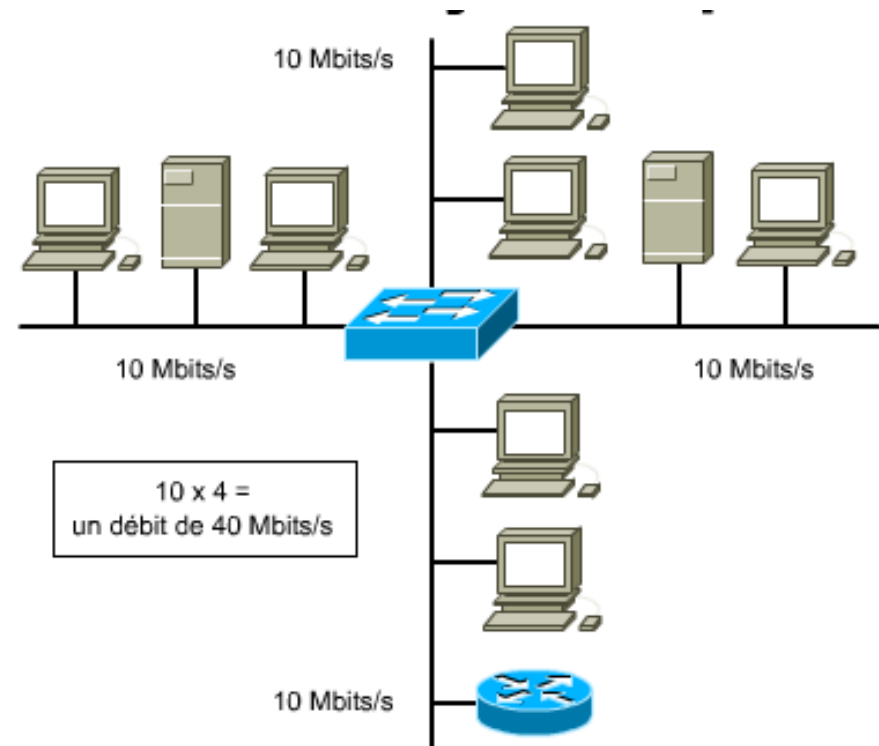
- La transmission 'half duplex' est le mode traditionnel du CSMA-CD et génère des collisions au niveau de l'interface réseau
- La transmission 'full duplex' : la microsegmentation (un seul PC par port de commutateur) élimine toute possibilité de collision et permet de transmettre et de recevoir en même temps (taux effectif de 20 Mbps sur 10base T)

- ◆ Les commutateurs présentent de nombreux avantages.
 - Un commutateur LAN permet à de nombreux **utilisateurs de communiquer en parallèle** dans un environnement exempt de toute collision.
 - Cela **optimise la bande passante disponible** sur le média partagé.
 - De plus, passer à un environnement LAN commuté **se révèle particulièrement économique**, dans la mesure où le matériel informatique et le câblage peuvent être réutilisés.
 - Enfin, la *puissance du commutateur alliée au logiciel pour configurer* des LAN offrent aux administrateurs réseau une **grande souplesse de gestion**.

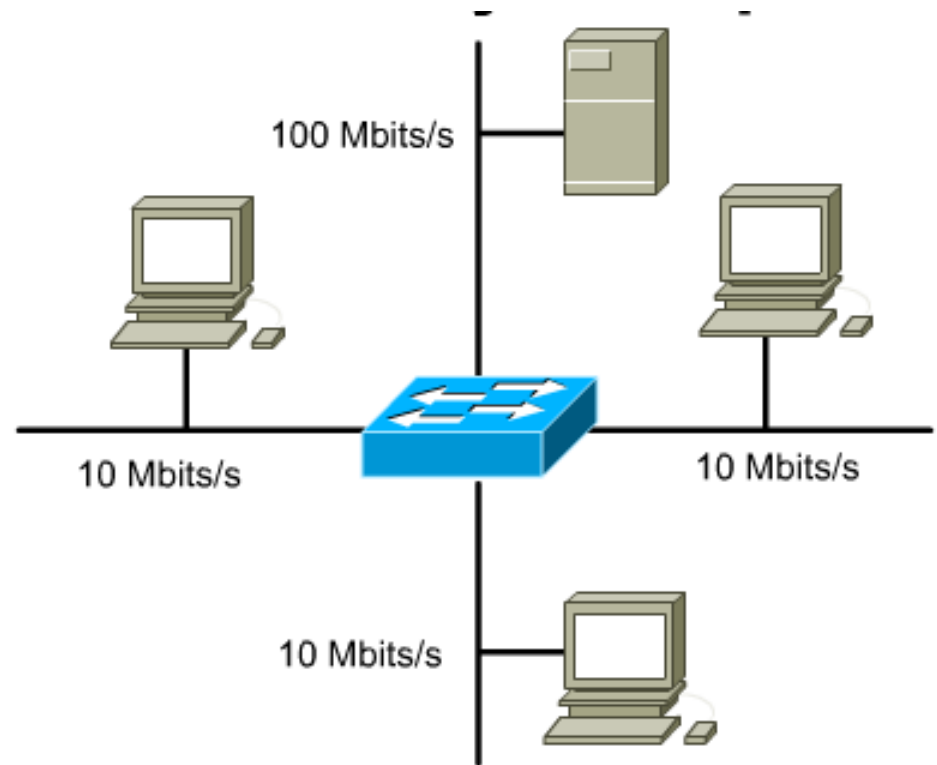


La commutation symétrique

- ♦ La commutation symétrique est une façon de caractériser un commutateur LAN en fonction de la bande passante attribuée à chaque port du réseau.
- ♦ Un commutateur symétrique fournit une connexion commutée entre les ports offrant la même bande passante, tels que tous les ports *10 Mbits/s* ou *100 Mbits/s*.

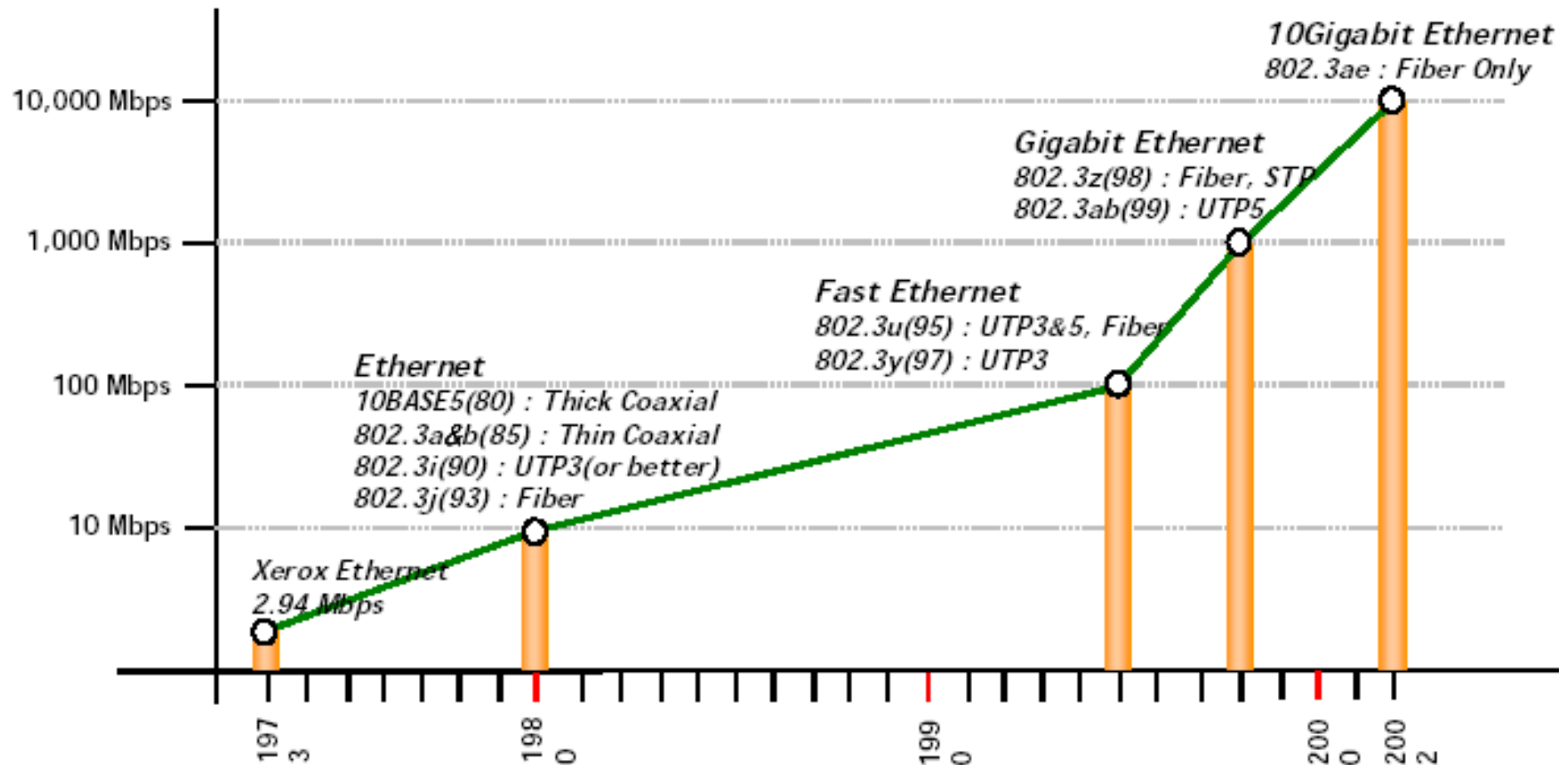


- ♦ La commutation asymétrique tire parti des flux de trafic réseau **client-serveur** :
 - de multiples clients communiquent *simultanément avec un serveur*, ce qui nécessite plus de bande passante réservée au port du commutateur auquel le serveur est connecté afin *d'éviter qu'un goulot d'étranglement ne se produise au niveau de ce port*.
- ♦ La mise en mémoire tampon est nécessaire dans le cas d'un commutateur asymétrique pour permettre d'acheminer le trafic du port à 100 Mbits/s vers un port à 10 Mbits/s sans causer trop de congestion au niveau du port à 10 Mbits/s.



Evolution des Réseaux locaux Internet vers les Hauts Débits

Historique d'Ethernet

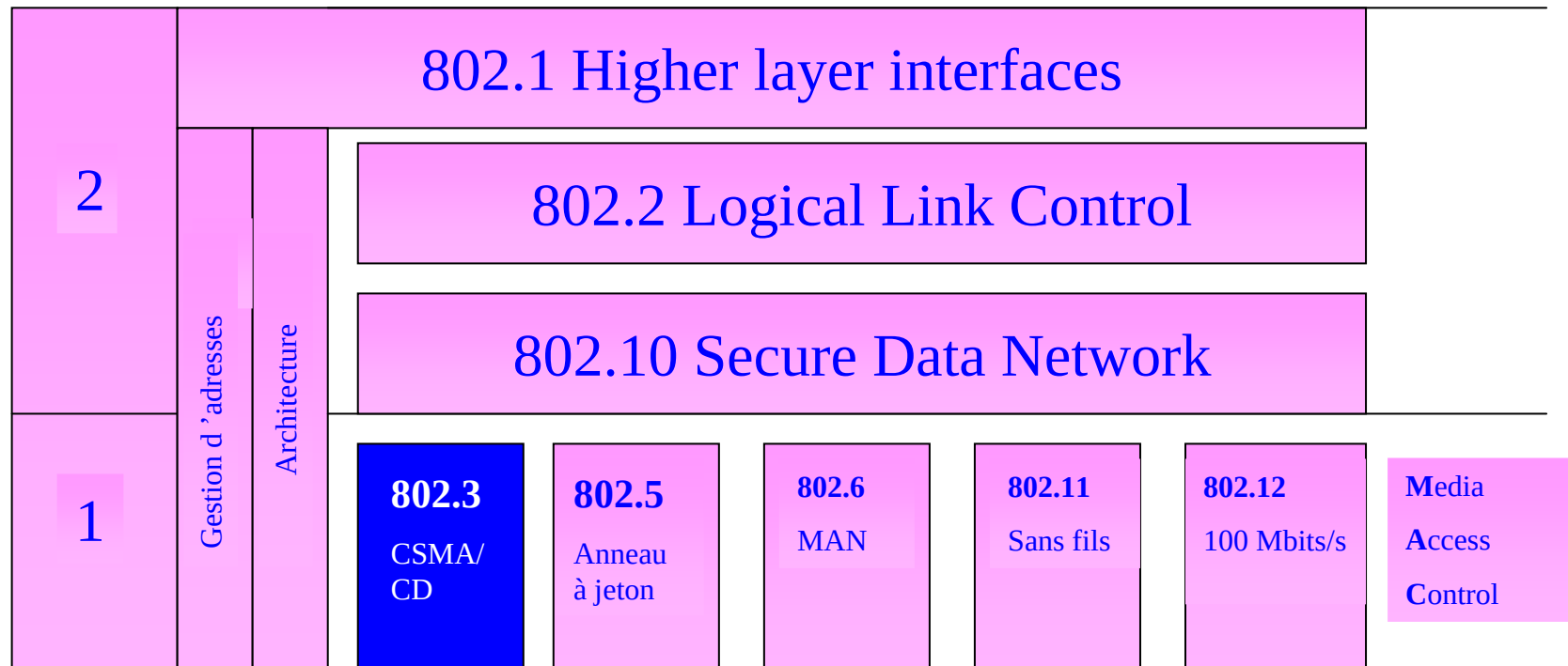


Objectifs poursuivis

1. Avoir des vitesses de 100 Mbps $\Rightarrow$ 1 Gbps $\Rightarrow$ 10 Gbps
2. Utiliser le format de trame d'Ethernet 802.3
3. Vérifier les exigences fonctionnelles du standard 802
4. Préserver la taille minimum et maximum des trames du standard 802.3
5. Permettre des opérations en half duplex et full duplex
6. Avoir une topologie physique en étoile
7. Utiliser la méthode d'accès CSMA/CD supportant au moins un répéteur par domaine de collision
8. Avoir un domaine de collision dont le diamètre est égal à 200 mètres
9. Utiliser la technologie Fibre Channel pour la couche physique

Normes de câblage « Evolutions »

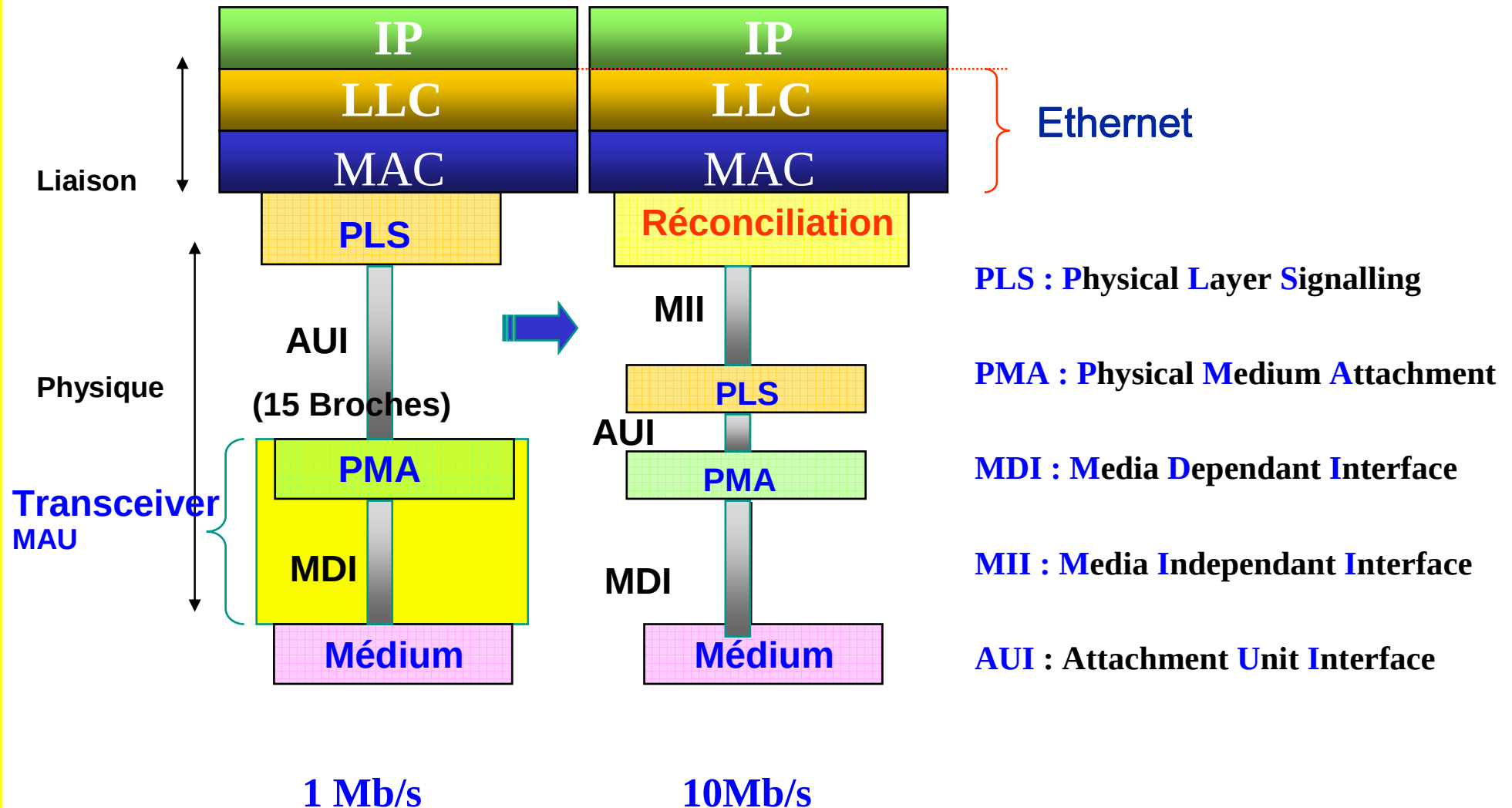
Les Standards IEEE 802



- 802.1 : *Architecture générale , format des adresses techniques d 'interconnexion*
- 802.2 : *Sous-couche LLC (logical Link Control) pour gérer le transfert des données*
- 802.3 : *Accès au support CSMA/CD*
- 802.11 : *Ethernet Sans Fil*

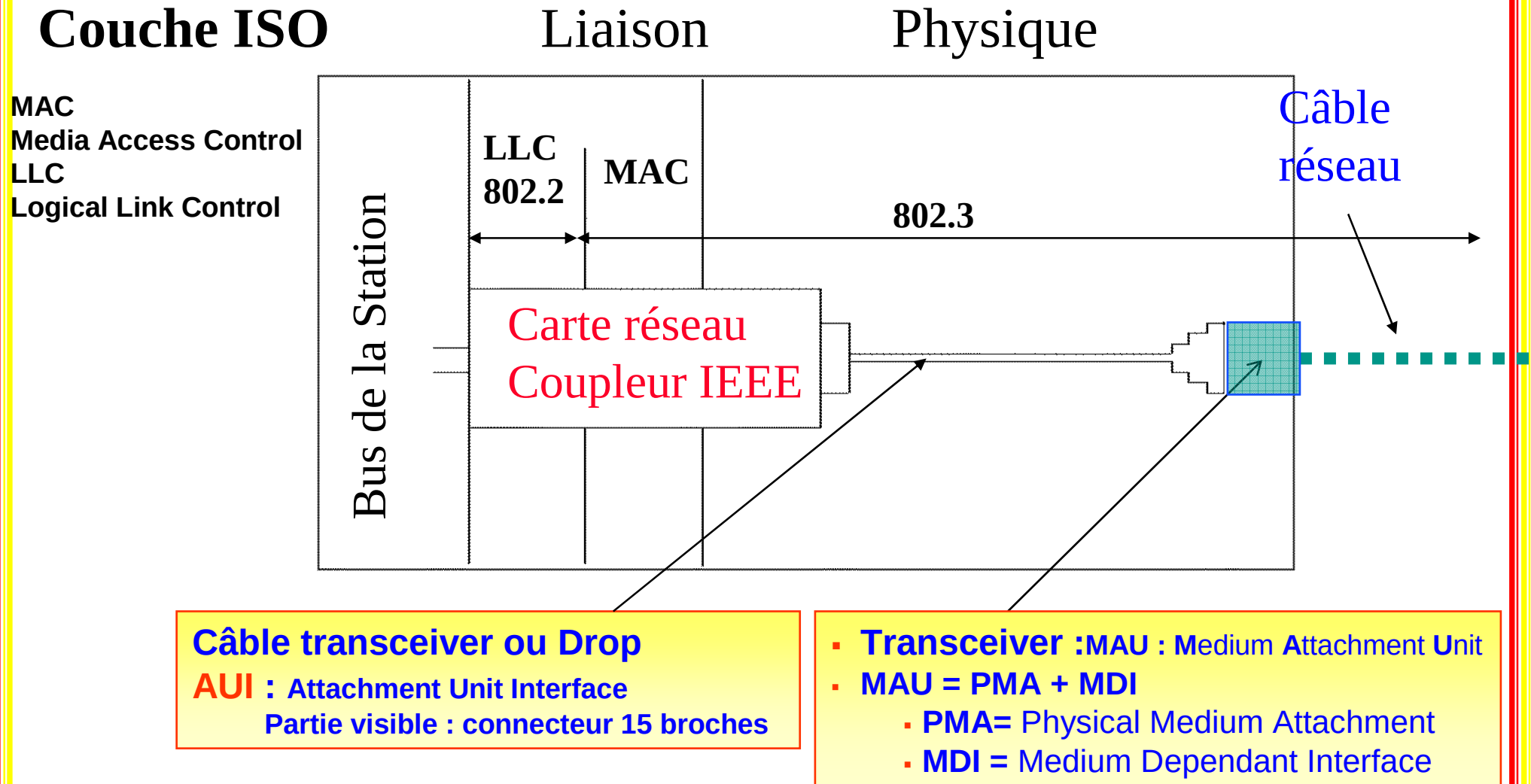
Rappels : Modèle OSI et IEEE 802

Interfaces dans la pile protocolaire 802.3



■ **AUI : Attachment Unit Interface :**

- Partie visible : connecteur 15 broches « on le retrouve encore sur certaines cartes réseaux »
- Rend la couche physique **indépendant du medium utilisé** (câble coaxial, paire téléphonique, fibre optique, ...etc.)
- **PLS : Physical Layer Signalling**
 - Définit le schéma de signalisation entre la couche MAC et la couche physique. Elle implémente des fonctions comme le codage / décodage Manchester et NRZ
- **Transceiver : MAU : Medium Attachment Unit : MAU = PMA + MDI**
 - **PMA = Physical Medium Attachment**
 - Réalise, comme son nom l'indique, la connexion sur le câble. Il s'agit de la génération et de la réception des signaux, des notions d'horloge et de synchronisation...
 - Effectue la **conversion des signaux** pour les **adapter au support physique**
 - **Contrôle la durée de l'émission de la station** auquel, il est raccordé (mécanisme de Jabber qui autorise des émissions comprises entre 20 et 150 ms)
 - Evite que la station émet en permanence suite à des erreurs (⇔ évite le blocage des autres stations)
 - **MDI : Medium Dependant Interface :**
 - *Nom générique des prises qui permettent de connecter le transceiver au support de transmission (BNC, ou RJ45, ...etc.)*



Fast Ethernet « Ethernet 100 Mb/s »

Voir aussi :

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ethernet.htm

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/c2900xl/29_35sa6/ig_2900/maoverv.htm#xto_cid165791

- ◆ Caractéristiques communes avec Ethernet :
 - Reprise du protocole CSMA/CD donc **compatibilité totale**.
 - Maintient de la **taille des trames** (de 64 à 1518 octets).
 - Même topologie en étoile que **le 10Base-T**.
 - La topologie Bus associée à l'utilisation du coaxial *est abandonnée*.

◆ Principales différences/évolutions :

- **Fenêtre de collision** ou TC (tranche canal) diminuée proportionnellement au débit : On passe de 51,2 μ s à 5,12 μ s.

⇔ Implicitement, le diamètre maximum du réseau est fortement diminué (distance maximale entre les stations les plus éloignées) et passe de **2500m** à environ à **200m**.

- Remarque : Cette solution a été préférée à l'augmentation de taille minimum de la trame. La logique aurait voulu que l'on évolue de 64 octets à 640 octets mais dans ce cas précis, une partie de la bande passante aurait été perdue

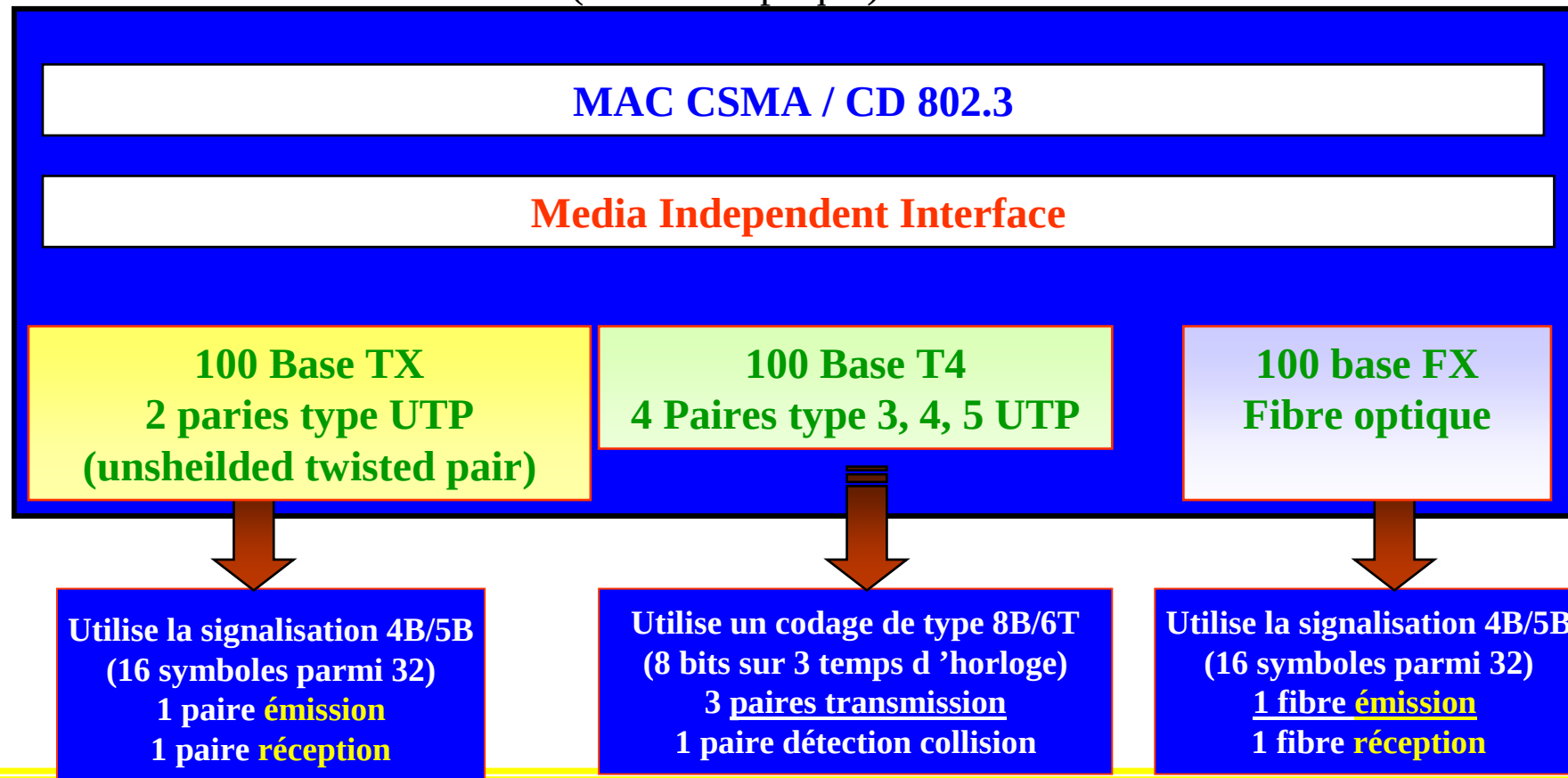
- Le silence inter-frames (IFG : InterFrame Gap) diminue également proportionnellement et passe à **0,96ns**.

◆ Principales différences/évolutions –suite :

- De **nouvelles fonctions de management** font leur apparition au niveau de la couche physique.
- Enfin, même si techniquement il était possible d'implémenter Fast Ethernet sur du coaxial, cette solution n'a pas été retenue et la seule et unique topologie retenue est la topologie en étoile avec un **câblage paires torsadées** ou **Fibre optique**.

♦ La norme 100Base-T se décline en 2 *sous-ensembles* :

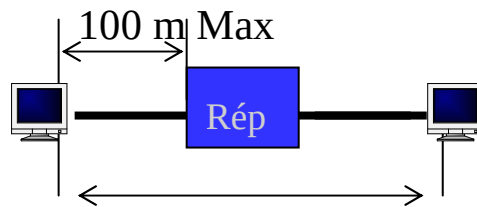
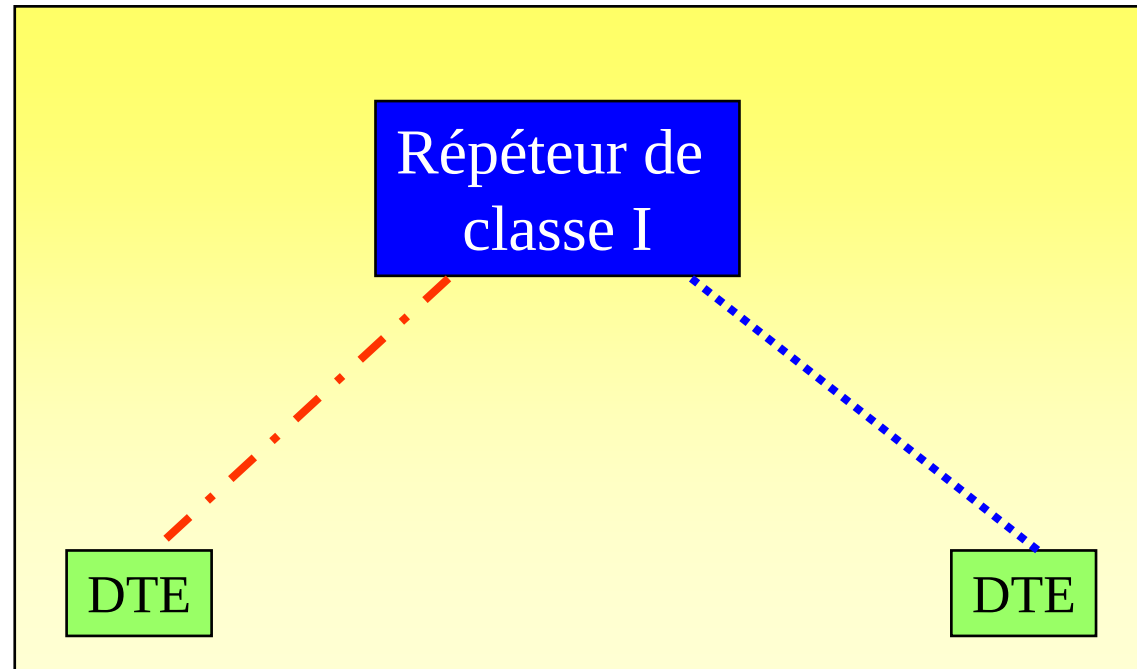
1. Le 100Base-T4 basé sur l'utilisation de **4 paires torsadées**
2. Le 100Base-TX qui se décline à nouveau en 2 sous-ensembles,
 - Le 100Base-TX (2 paires torsadées)
 - Le 100Base-FX (sur fibre optique).



- ◆ La plupart *des hubs* sont équipés d'un protocole d'**auto-négociation** du débit.
- ◆ Grâce à des signaux de type **Fast Link Pulse** le hub négocie avec chaque station le mode de communication le plus intéressant :
 - 100Base-TX **full duplex**,
 - 100Base-T4,
 - 100Base-TX,
 - 10Base-TX, etc...

- ◆ **Classe I** (un seul répéteur par domaine de coll.)
 - Relier des *types de supports différents* (supporte un **seul répéteur** entre deux équipements terminaux (stations))
 - *Décodage* du signal sur port entrant, puis *codage* pour envoi sur port sortant
 - *Temps de propagation* assez important (répète les signaux entre segments de type différent)
 - Exemple :
 - 100BaseTX – 100BaseT4
 - 100BaseFX – 100BaseT4
 - Distance entre la station et le hub est limitée à **100 m**
 - RTD (Round Trip Delay) : 140 temps-bit (long car ≠ support)
 - **N B** : N'accroît pas la distance physique mais **accroît le nombre de stations**

■ Câbles de nature différentes



Couverture 200 m MAX

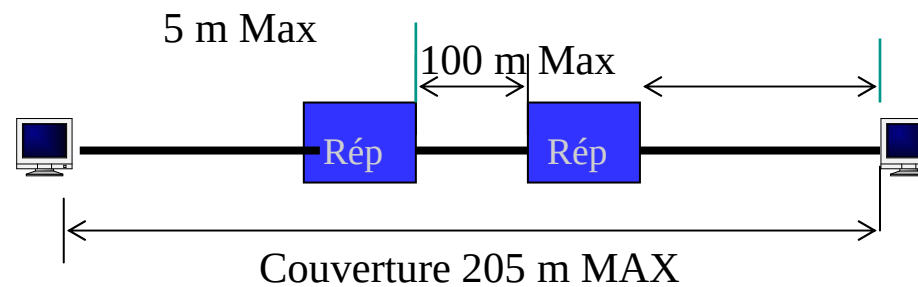
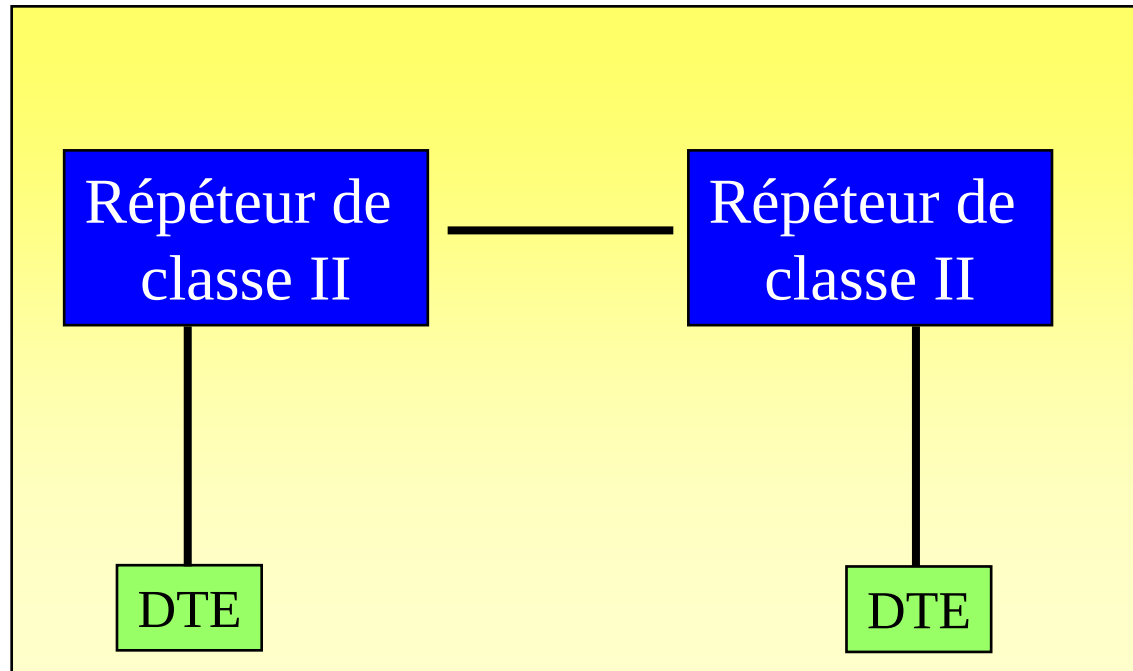
→ 100Mbits/s

→ 100 m Max entre 2 équipements

→ Câble catégorie 5 UTP (Unshielded Twisted Pair)

- ♦ **Classe II** (accepte deux hubs au max par domaine de coll.)
 - Relier des segments de même type uniquement ($\Leftrightarrow$ utilisant le même type du signal)
 - Distance entre deux stations d'extrémité (incluant câble entre les deux hubs) est limité à **205 m**
 - Pas de décodage / codage du signal
 - $\Rightarrow$ Temps de propagation plus court
 - **N.B :** n'accroît pas la distance physique, mais le **nombre de stations**
 - Répètent les signaux entre segments de même type, comme par exemple :
 - Exemple :
 - 100baseT4 – 100baseT4
 - 100baseTX – 100base FX
 - 2 répéteurs au maximum dans un même domaine de collisions
 - **RTD** : 92 temps-bit maximum (140 en Classe I)

- Câbles de même nature

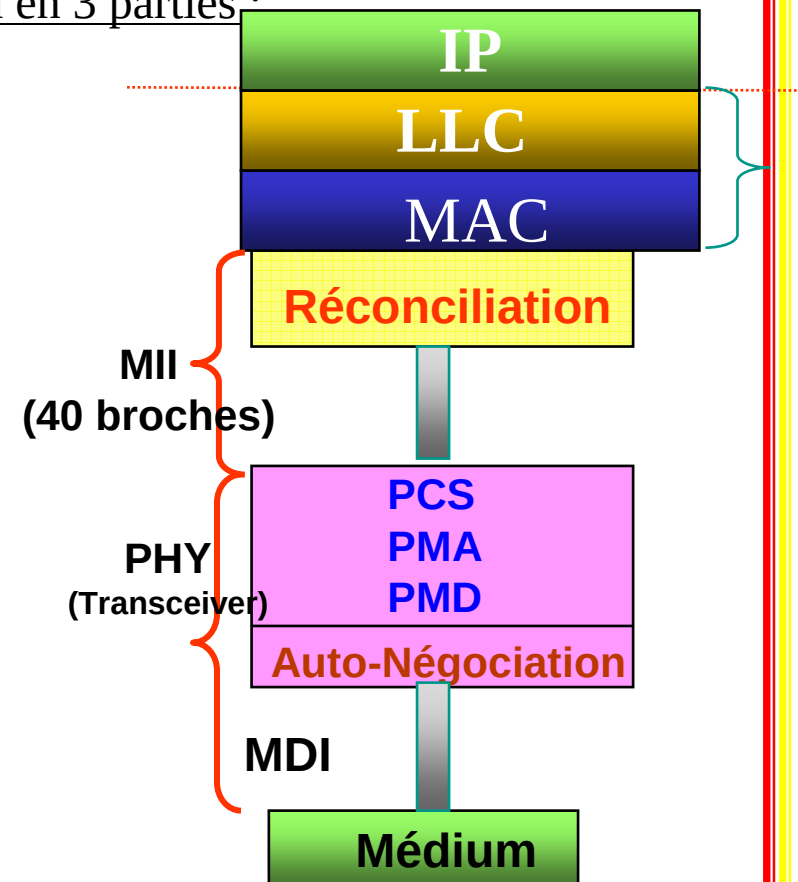


Modèle de référence

♦ La couche physique se subdivise en deux parties :

1. La couche **MII** (*Media Independent Interface* *quelque soit le codage*) : une nouvelle interface qui permet d'assurer *l'indépendance de la couche MAC* par rapport à la couche physique.
2. La couche **MDI** (*Media Dependent Interface*) : Comme son nom l'indique, est spécifique au type de medium utilisé. Elle se subdivise à nouveau en 3 parties :

- A. **PCS** (*Physical Coding Sublayer*) est chargée du codage physique des signaux sur le câble. C'est à ce niveau que pour le **100Base-T4** se produit « le miracle » qui consiste à pouvoir travailler à **100 Mb/s** sur **4 paires torsadées de piètre qualité**
- B. **PMA** (*Physical Medium Attachment*) réalise la connexion sur le câble. Il s'agit de la génération et de la réception des signaux, des signaux d'horloge et de synchronisation.
- C. **la PMD** (*Physical Medium Dependant*) qui définit la connectique et l'interface physique de connexion sur le câble.



♦ La norme 100Base-T supporte 3 type de supports physiques :

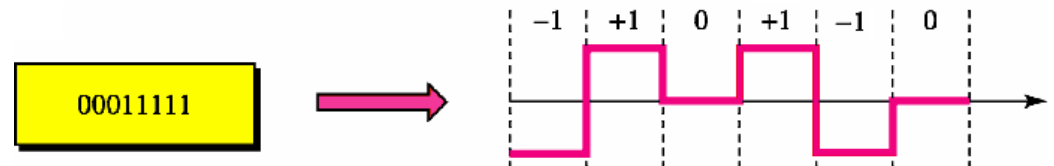
1. **Appellation 100Base-T4**
2. **Appellation 100Base-TX**
3. **Appellation 100Base-FX**

Les supports physiques : 100 Base T4

- Câble : 4 paires torsadées UTP (non blindées), catégorie 3 ou 4
- Distance maximum : 100 mètres
- La sous-couche PMA gère émission/réception sur 3 paires (transmission de données)
 1. Paire (1.2) (Hub vers station) : réservée à l'émission
 2. Paire (3.6) (Station vers Hub) : réservée à la réception
 3. Paires (4.5) (7.8) : bidirectionnelles (allouées dynamiquement selon le sens de transmission)

*Du fait de cette particularité on dit que le **100Base-T4** est « **duplex asymétrique** ». Il utilise **3 paires** dans le sens montant (Hub vers station).*

- Codage 8B/6T (8 Bits / 6 Transitions)
 - Transition = codage d'un symbole
 - Codage 8B/6T + NRZ ($\Leftrightarrow$ 8 bits transformés en 6 symboles de trois niveaux (+1, 0, -1). Permet d'atteindre un débit de 100 Mbits/s.
 - Synchronisation assuré par nombre suffisant de transition et possibilité de contrôle d'erreur
- Duplex asymétrique , Full Duplex : KO

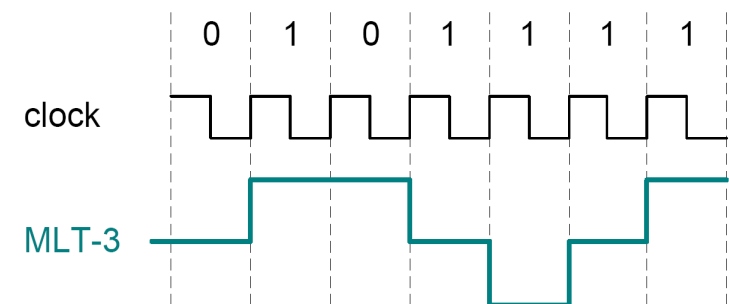


Les supports physiques : 100 Base TX

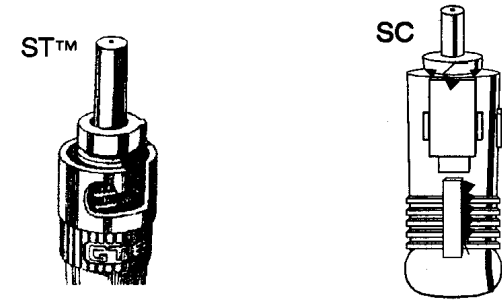
- Câble : Deux paires , UTP catégorie 5 ou STP
- Distance maximum : 100 mètres
- Codage 4B/5B + MLT-3
 - 4B/5B → 4 bits transformés en 5 bits
 - 2 transitions par symbole
 - 32 combinaisons possibles
 - Fréquence horloge : 125 MHz (transition) (débit effectif sur la ligne : 125 Mbits/s)
- Une paire en émission, une paire en réception
 - 125Mbaud x 4B/5B = 100Mb/s
- duplex symétrique, Full Duplex : OK
- (Une paire dans le sens Hub vers station et une autre dans l'autre sens))
- Câblage RJ45 (comme 10 base T)

Remarque :

MLT-3 → Multi-Level Transition 3
→ 3 niveaux (+v, 0, -v)
→ 1 = changement de niveau
→ 0 = pas de changement



- Utilise deux fibres optiques multi-mode (émission, réception)
- Codage 4B/5B + NRZI
- Multimode 62.5/125
 - ❖ Fenêtre spectrale : 1350 nm
 - Connecteurs SC,ST,
 - Longueur maximale : 400 m (Half Duplex)(DTE - DTE)
 - Longueur maximale : 2000 m (Full Duplex)
- Monomode : 9/125
 - Distance maximale : 20 Kms (FD)
- Duplex symétrique, Full Duplex : OK



SC : Subscriber Connector
ST : Straight Tip

De même que 100Base-TX, une paire est affectée à chaque sens de communication. La sous-couche PCS joue le même rôle et transmet les informations sur une fréquence de 125MHz (codage 4B/5B).

Ethernet vers les hauts débits « résumé »

	paires torsadées Cat. 5		paires torsadées Cat. 3		
	10 base TX	100 base TX	100 base T4	100 base T2	1000 base T
Tranche de canal	51,2µs	5,12µs	5,12µs	5,12µs	
Délai inter-trame	9,6µs	0,96µs	0,96µs	0,96µs	
Trames	64 - 1518	64 - 1518	64 - 1518	64 - 1518	
Câblage	2 paires	2 paires	4 paires	2 paires	
Catégorie	Cat 3	Cat 5	Cat 3	Cat 3	
Transmission	25 Mbaud	125 Mbaud	25 Mbaud	25 Mbaud	
Codage	Manchester	4B/5B	8B/6T	PAM5/5	

100 base TX :
 Une paire en émission, une paire en réception
 $125\text{Mbaud} \times 4\text{b}/5\text{b} = 100\text{Mb/s}$

Seulement 100Base-TX et 100Base-FX sont utilisées

PAM : Pulse Amplitude Modulation

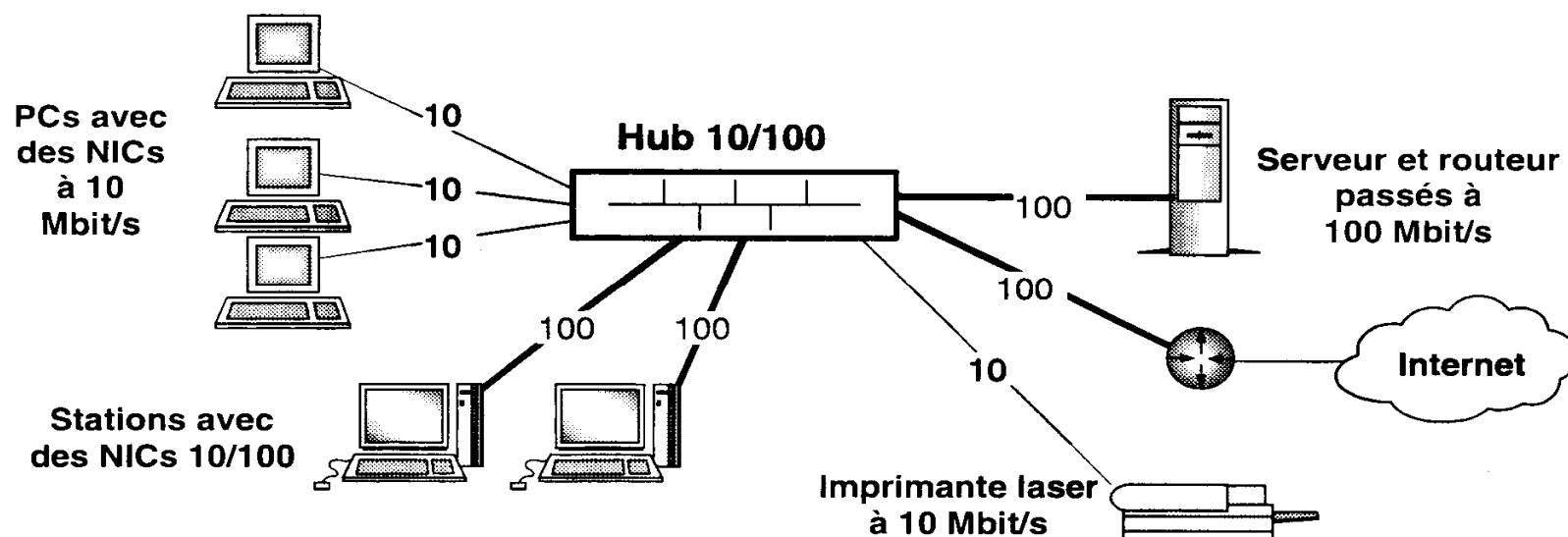
- ♦ La négociation entre équipements porte sur deux fonctionnalités :
 1. Le débit 10, 100 et 1000Mbps,
 2. Le mode *half-duplex* ou *full-duplex* (IEEE 802.3x).
- ♦ La fonction d'auto-négociation est optionnelle. Elle est apparue avec l'extension Fast Ethernet et ne concerne que les *câbles en paires torsadées* et les *fibres optiques*.

- Permet l'adaptation du débit 10 ou 100 Mb/s : Elle utilise des signaux appelés **FLP** (*Fast Link Pulse*) qui sont une modification de **NLP** (*Normal Link Pulse*) d'Ethernet
 - Générés automatiquement à la mise sous tension de l'équipement
 - Permettent la sélection du mode le plus intéressant entre le hub et la station
 - Émission de FLP
 - Lors de la mise sous tension, de « reset » ou requête explicite de renégociation
 - Détection NLP/FLP
 - Si NLP reçu: l'autre est 10Mbit/s seulement
 - Si FLP reçu: le **LCW** (*Link Code Word*) contient les informations pour configuration optimale

Rappels : auto-négociation

1. Mécanisme optionnel de détection des modes de fonctionnement du partenaire connecté, origine NSC (National Semi-Conductor).
 - 10 Mbps ou 100 Mbps : adaptation automatique sur le port
 - ne reconnaît pas le type de câble
 - informer le partenaire de ses propres mécanismes.
2. Permet de détecter par ordre de priorité ($\Leftrightarrow$ ordre de négociation) :
 - 1 : 100 Base TX Full Duplex,
 - 2 : 100 Base T4,
 - 3 : 100 Base TX, Sinon pas de connexion
 - 4 : 10 Base T Full Duplex,
 - 5 : 10 Base T
3. Plusieurs cas
 - auto-négociation aux deux extrémités : Commutateur $\Leftrightarrow$ station
 - auto-négociation à une extrémité : hub $\Leftrightarrow$ station

- Le schéma suivant montre un *hub 10/100* négociant avec des systèmes extrémité
 - Débits positionnés de manière indépendante sur chaque liaison

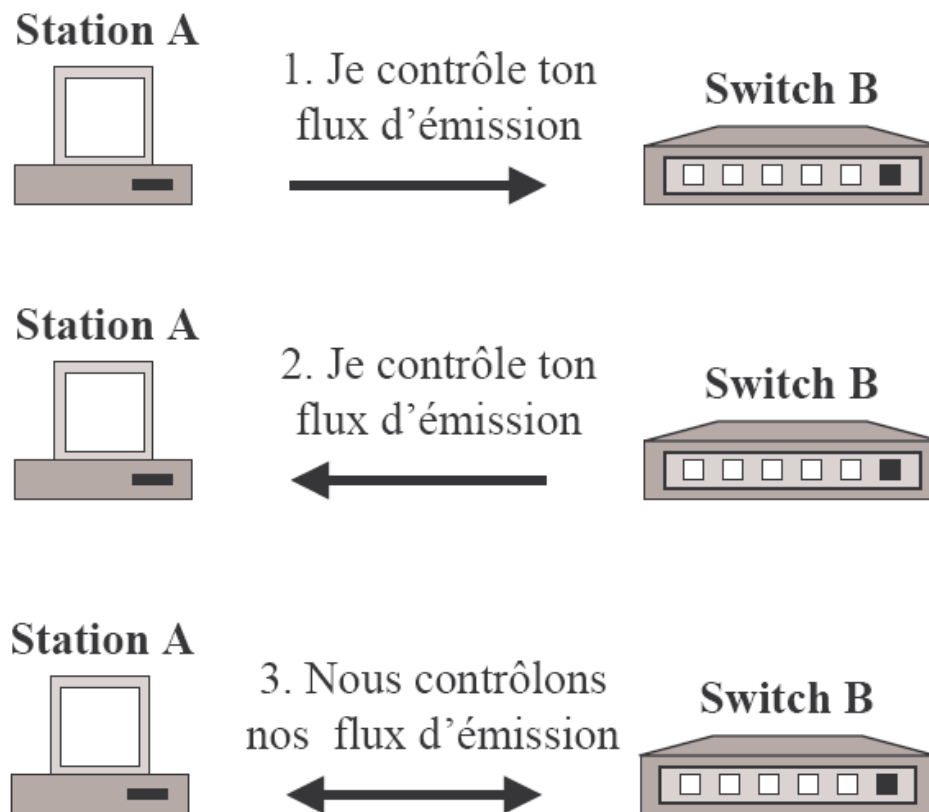


- ◆ Le mode de fonctionnement de base d'Ethernet est dit **Half-Duplex** : *bidirectionnel à l'alternat.*
 - ✓ Il suppose que le média est partagé entre plusieurs stations et que les informations transitent dans les 2 sens.
 - ✓ C'est sur ce mode de base que la méthode d'accès CSMA/CD est bâtie.
- ◆ Le mode Full-Duplex correspond à une communication point-à-point entre deux équipements.
 - ✓ Dans ce contexte, le média est partagé entre deux stations au max
 - ✓ et les informations transitent toujours dans les deux sens mais sur des canaux (*paires torsadées ou fibres*) distincts.
- Contrôle de flux sur liens full duplex:
 - Utilisation de Trame **PAUSE**

Full duplex et contrôle de flot (IEEE 802.3x)-2-

♦ Solution proposée au contrôle de congestion

- Trois modes de contrôle sont possibles sur un lien « full-duplex »
 - Mode choisi au moment de la phase d'auto-négociation



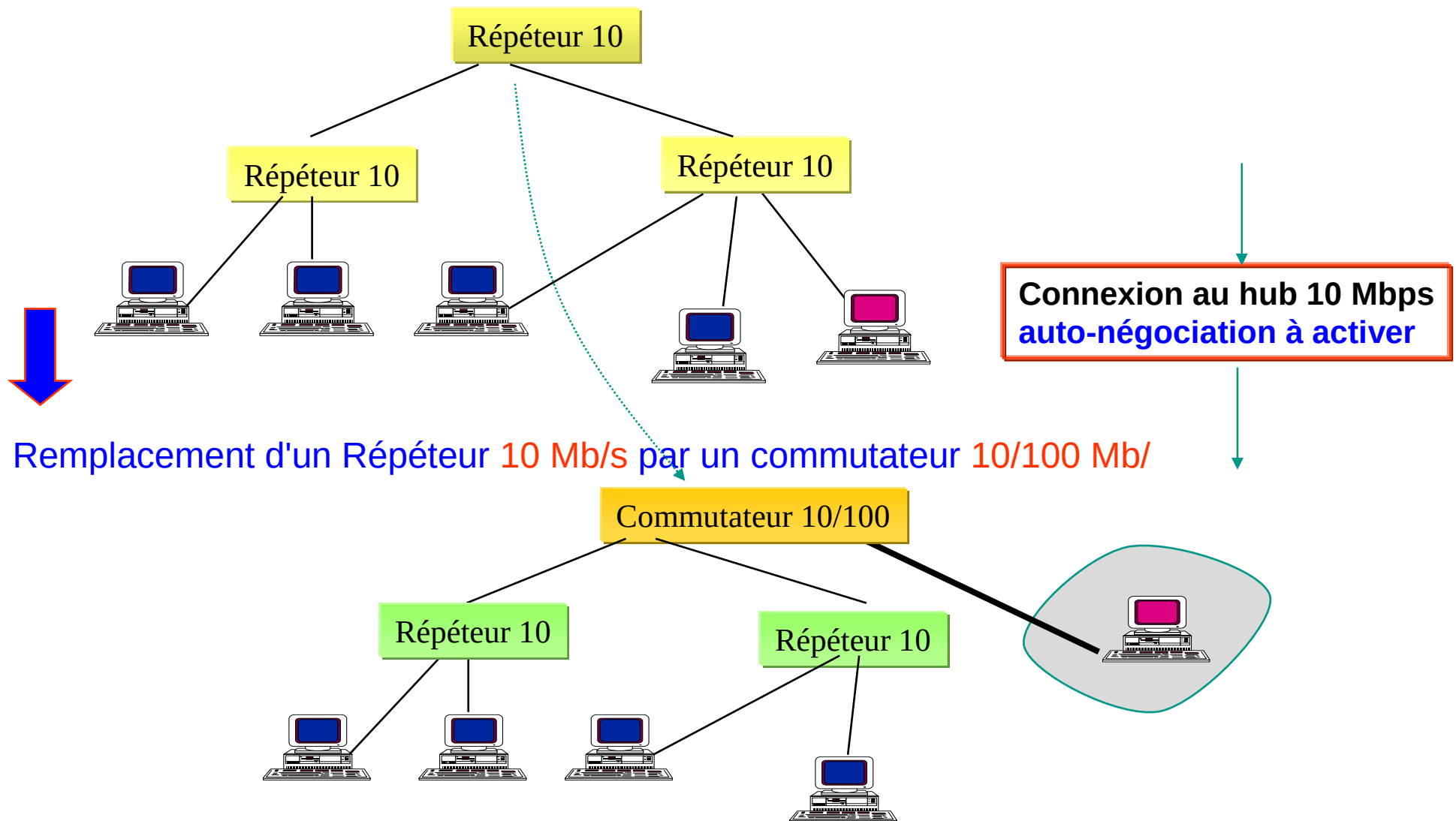
- La trame PAUSE : Spécifique (et optionnel) pour full duplex (⇔ remplace la régulation CSM/CD)
 - Permet de suspendre ponctuellement l'émission.
 - Les données qui accompagnent la trame pause représentent une valeur « PAUSE timer » (16 bits).
 - Si PAUSE Timer non nul, l'émission est « inhibée »
 - L'émetteur (MAC) décrémente le PAUSE timer tous les 512 temps bits. à zéro, il recommence à émettre.
 - Émission de trames PAUSE pas inhibée.
 - Réception d'une nouvelle trame PAUSE possible.

Migration Vers Fast Ethernet

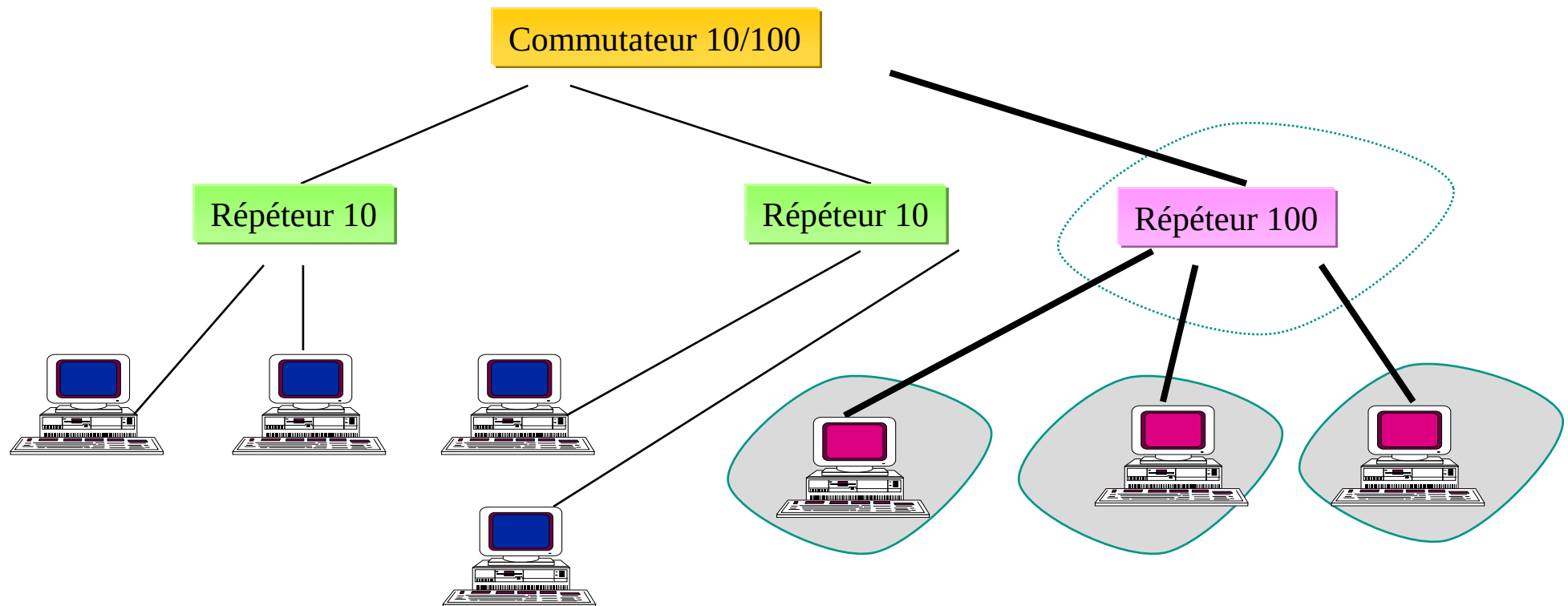
Exemples de migrations

Fast Ethernet : Migration-1-

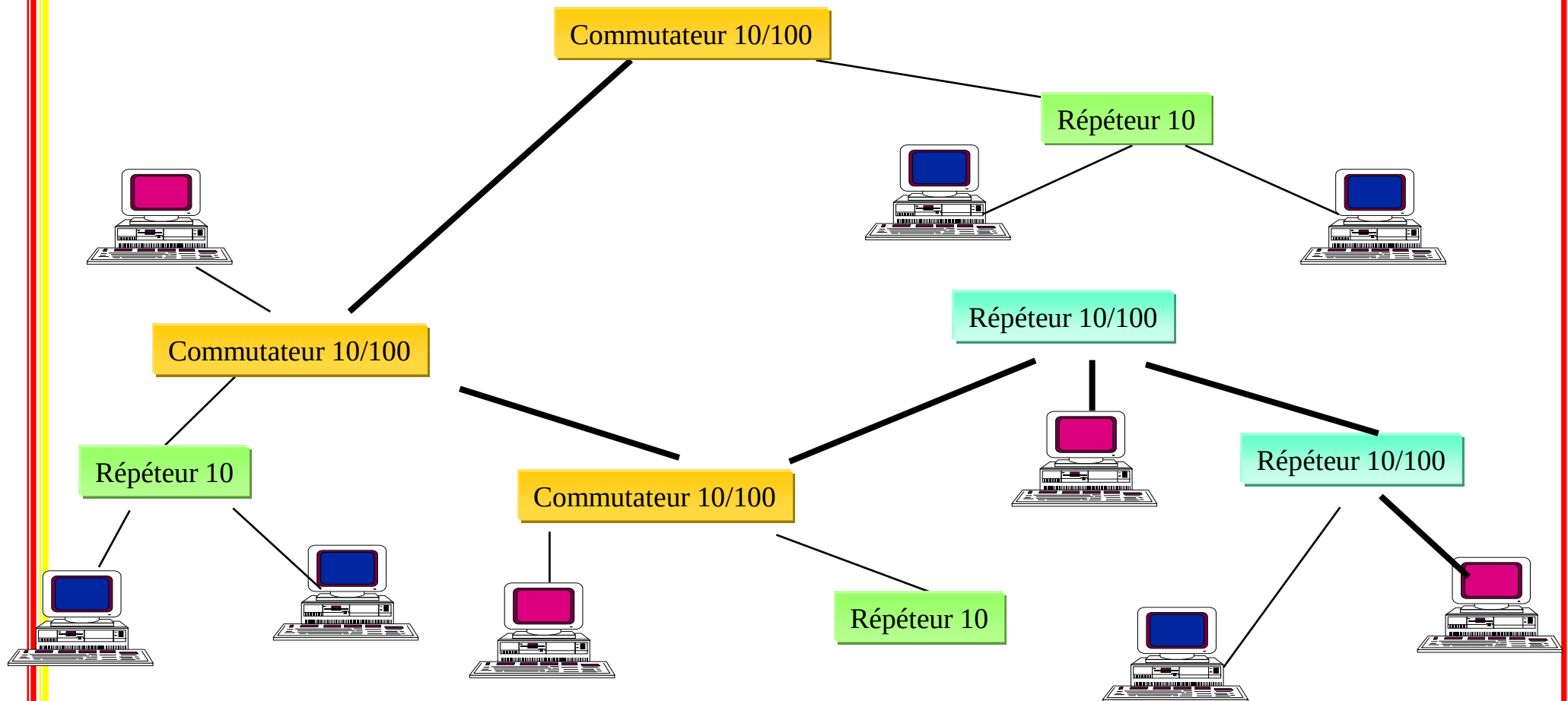
- ❑ Installation 10 Mb/s classique : arrivée d'une station 10/100 Mb/s (attention câblage)



Ajout d'un répéteur 100 Mb/s sur le commutateur 10/100 Mb/s



Backbone 100 Mbps



Migration vers Gigabit Ethernet

<http://www.gigabit-ethernet.org/>

- ◆ Initialement soutenu par **Intel**, le Gigabit Ethernet est une technologie de réseau local qui est apparue dans le courant de *l'année 1998* (3 ans après la normalisation du Fast Ethernet).
- ◆ Cette norme porte l'appellation **802.3z** et est prévue dans un premier temps pour de la **fibres optiques** ainsi que du **coaxial**.
 - ◆ Curieusement, le support coaxial refait son apparition après avoir disparu dans la norme précédente **100Base-T**... Mais uniquement pour relier *des appareils sur de très courtes distances de l'ordre de 25 m.*
- ◆ Un an plus tard (en juin 1999), la norme **IEEE 802.3ab** permettant d'implémenter le **1000Base-T** sur un *support cuivre* fait son apparition.
- ◆ **Utilisation envisagée** : Le réseau Gigabit Ethernet est utilisé aujourd'hui pour l'implémentation de **backbone Ethernet** ou « **dorsale de site** ».
 - Les gros consommateurs de bande passante sont essentiellement *des serveurs à hautes performances*.

- ⇒ Méthode d'accès CSMA/CD **préservée** (half-duplex) mais avec un seul et unique hub répéteur autorisé.
- ⇒ Mode « full-duplex » préservé (nouveau apparu avec le 100Base-T).
- ⇒ Même format de trame que le protocole Ethernet, la compatibilité est donc assurée.

♦ Méthode d'accès au support :

- Comme Ethernet : CSMA/ CD

- Problème :

- ♦ débit ↗ ⇒ diamètre du domaine de collision ↘

- 10Mbps ⇒ 2500m

- 100Mbps ⇒ 250m

- 1000Mbps ⇒ 25m : *aucun intérêt*

- ♦ IEEE 802.3 fixe à **200m** ce diamètre

- ↘ augmentation de la taille minimum de trame pour arriver à **512** octets

- Solutions :

1. Carrier Extension

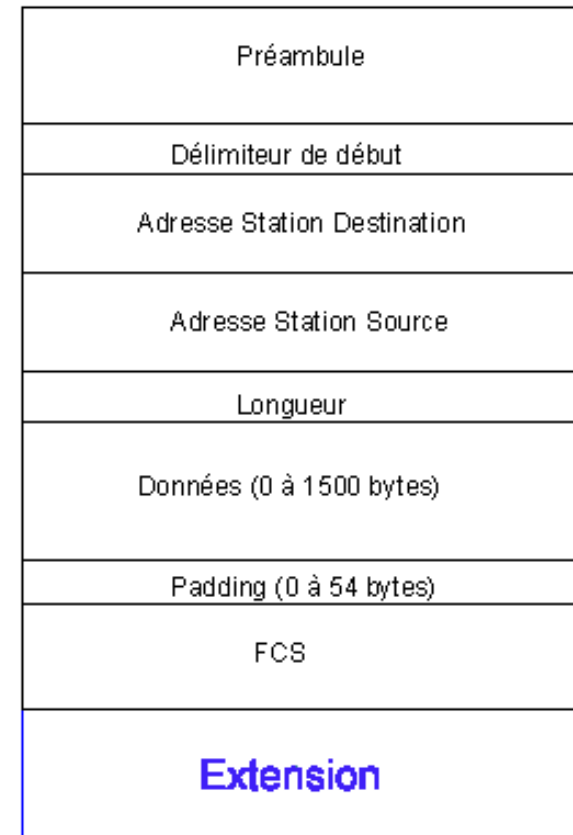
2. Packet Packing

3. Frame Bursting

- ♦ Carrier Extension : Cette technique conserve la taille minimum de la trame (i.e. 512 bits comme pour Ethernet 10 Mbps ou 100 Mbps)
- ♦ Principe : Lorsque l'émission se fait sur le Gigabit Ethernet, une extension est ajoutée après chaque trame, afin d'atteindre si nécessaire 512 octets. (slot time le nombre d'octets émis pendant un slot time (soit 512 octets)).
- ♦ Le principe de la technique " Carrier Extension " est le suivant :
 1. L'émetteur envoie une trame.
 2. S'il ne détecte pas de collision, il regarde la **longueur de la trame** qu'il vient d'envoyer.
 - Si la longueur est **d'au moins un slot time**, il a terminé la transmission de sa trame.
 - Par contre, **si la longueur est plus petite qu'un slot time**, l'émetteur transmet juste après la trame des symboles spéciaux (appelés **carrier extension**) jusqu'à la fin du slot time.
 - A ce moment, il aura fini la transmission de sa trame .
 3. Si l'émetteur **détecte une collision** lors de l'émission de la trame éventuellement complétée par un carrier extension, il arrête immédiatement celle-ci et envoie un signal pour prévenir toutes les autres stations qu'une collision s'est produite.

- ◆ Une fois envoyée, la trame est traitée par l'hôte :
 - ✓ Celui-ci détecte les bits du préambule et le délimiteur de début de trame.
 - ✓ Ensuite, il met les bits qui suivent le délimiteur dans un buffer jusqu'à la fin de la trame.
 - Si le total des bits reçus < slot time, le receveur élimine la trame car il y a eu forcément une collision.
 - Sinon la trame est transmise à la couche MAC.
- ◆ Inconvénient de cette technique : elle gaspille énormément de bits pour la transmission de petits paquets, ce qui entraîne une diminution de l'efficacité du réseau.

- ◆ le carrier extension est mis juste après le champ FCS.
 - Car, il ne fait pas vraiment partie de la trame. Il s'agit d'un ajout artificiel pour permettre la détection de collision.
 - Il n'y a donc aucune modification du format de la trame.
 - Le carrier extension est une opération locale qui est répétée à chaque domaine de collision.
- ◆ Remarque : Parfois, il se peut qu'une trame correcte soit **rejetée**. En effet, cela peut se produire si la **collision** a lieu lorsque *l'émetteur envoie le carrier extension*.
 - Donc, le récepteur va écarter une trame valide où il ne manque que le carrier extension qui n'a aucune signification.
 - Ce choix draconien évite tout risque de duplication de données.



- ◆ Packet packing : Principe :

1. Consiste à envoyer des blocs constitués de plusieurs trames.
2. A ces blocs est appliquée la technique " Carrier Extension ", si leur longueur est inférieure à 512 octets.

- ◆ L'inconvénient est d'entraîner beaucoup de complications:

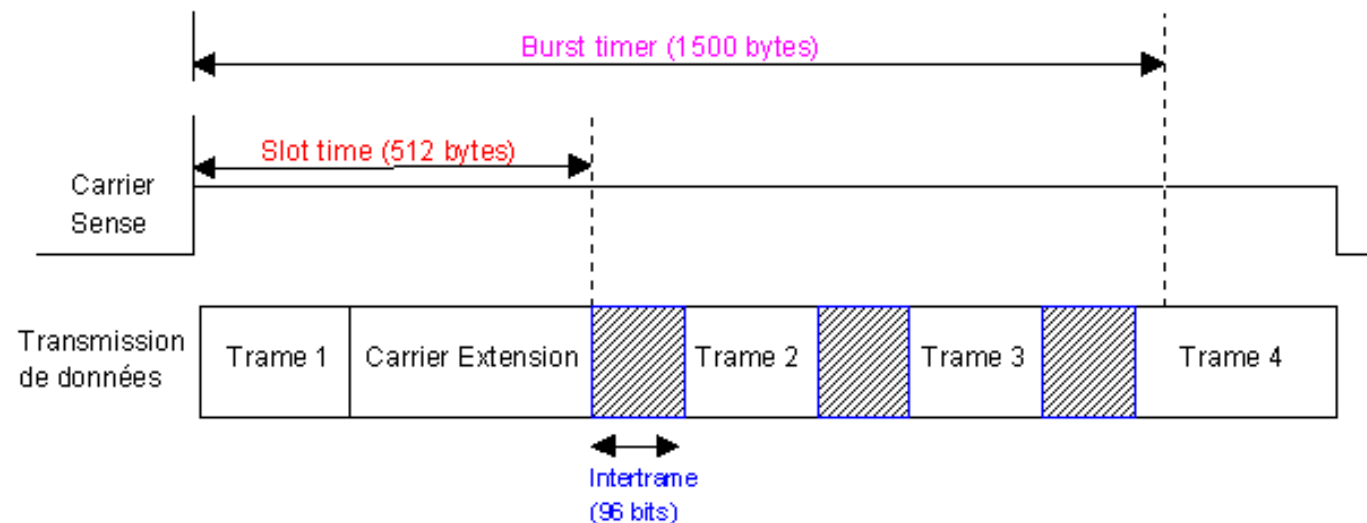
- L'unité de transmission est un bloc et plus une trame.
- En cas de collision, l'émetteur doit transmettre à nouveau tout le bloc

- L'implémentation du " Packet Packing " est très complexe

Frame Bursting

Principe :

- Le Frame Bursting consiste à ne plus transmettre un bloc mais une **suite de trames appelée burst**.
- Ce burst a une longueur comprise entre **512 octets** et **3000 octets**.
- Cette technique utilise un **timer** appelé **burst timer** qui permet de connaître le nombre de bits émis.
 - Si sa valeur est égale au temps pour émettre **1500 octets**, aucune nouvelle émission de trame ne peut commencer.



il est important de constater que:

- Même s'il y a un carrier extension à la fin de la première trame, l'émetteur place un espace intertrame
- L'envoi de la dernière trame doit commencer avant la fin du burst timer, mais sa transmission peut se prolonger au delà de la limite du burst.
- Le burst a donc une longueur d'un peu moins de 3000 octets
- Pour pouvoir envoyer la trame suivante, celle-ci doit être disponible avant la fin de **l'intertrame de 96 bits**

Couche Physique

Schéma de convergence vers Gigabit Ethernet

(Ethernet + FibreChannel = Gigabit Ethernet)

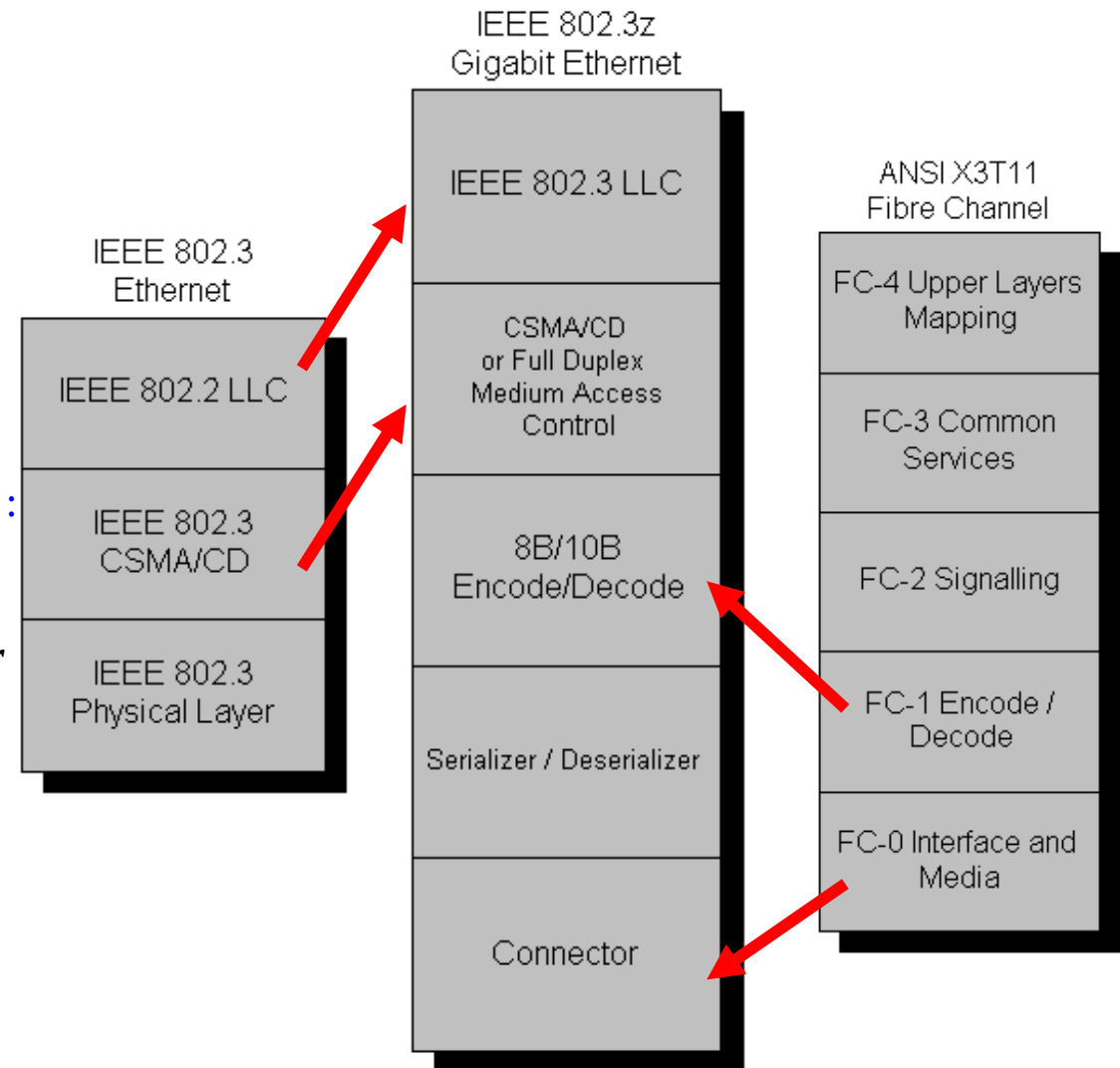
Ce schéma nous montre comment les composantes clés de chaque technologie ont été combiné pour former Gigabit Ethernet

→ Une des règles déterminé par **IEEE 802.3z** était de

- ☞ **Conserver Ethernet pour les couches supérieures à la couche liaison (couche liaison comprise)**
- ☞ **Et d'utiliser FibreChannel pour la couche physique**

→ **FibreChannel (architecture, pas protocole) :** techno de transmission de données entre les périphériques d'un ordinateur à une fréquence de 1 Gbps. *Essentiellement pour relier serveur et périphériques de sauvegarde, clusters.*

→ Cette combinaison permet de réduire considérablement la complexité de la nouvelle technologie ; celle-ci est **stable et peut être rapidement développée.**



Modèle architectural (1)

♦ On y retrouve beaucoup de similitudes avec le modèle Fast Ethernet :

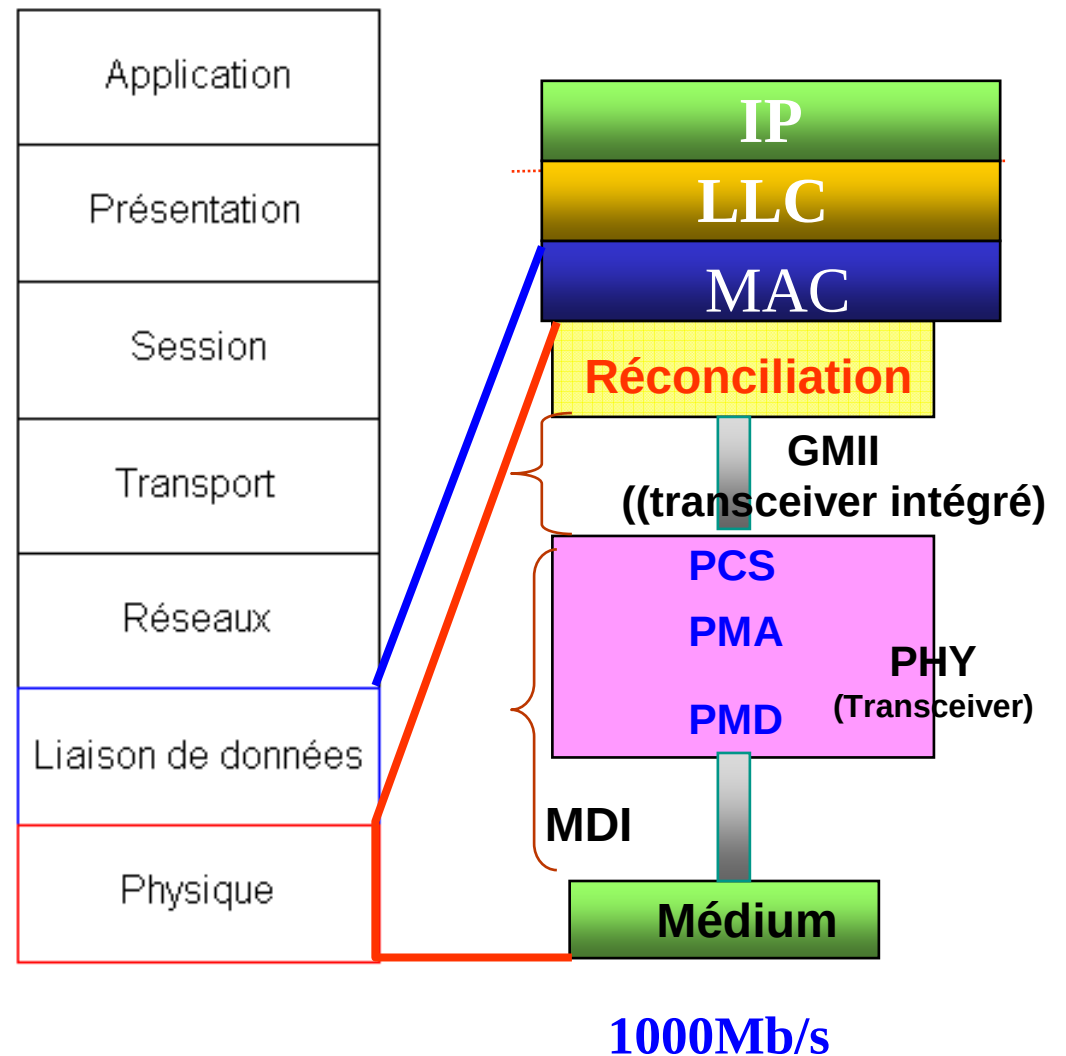
♦ Une couche intermédiaire **GMII (Gigabit Media Independent Interface)**.

♦ Un ensemble de 3 couches dépendantes du support physique :

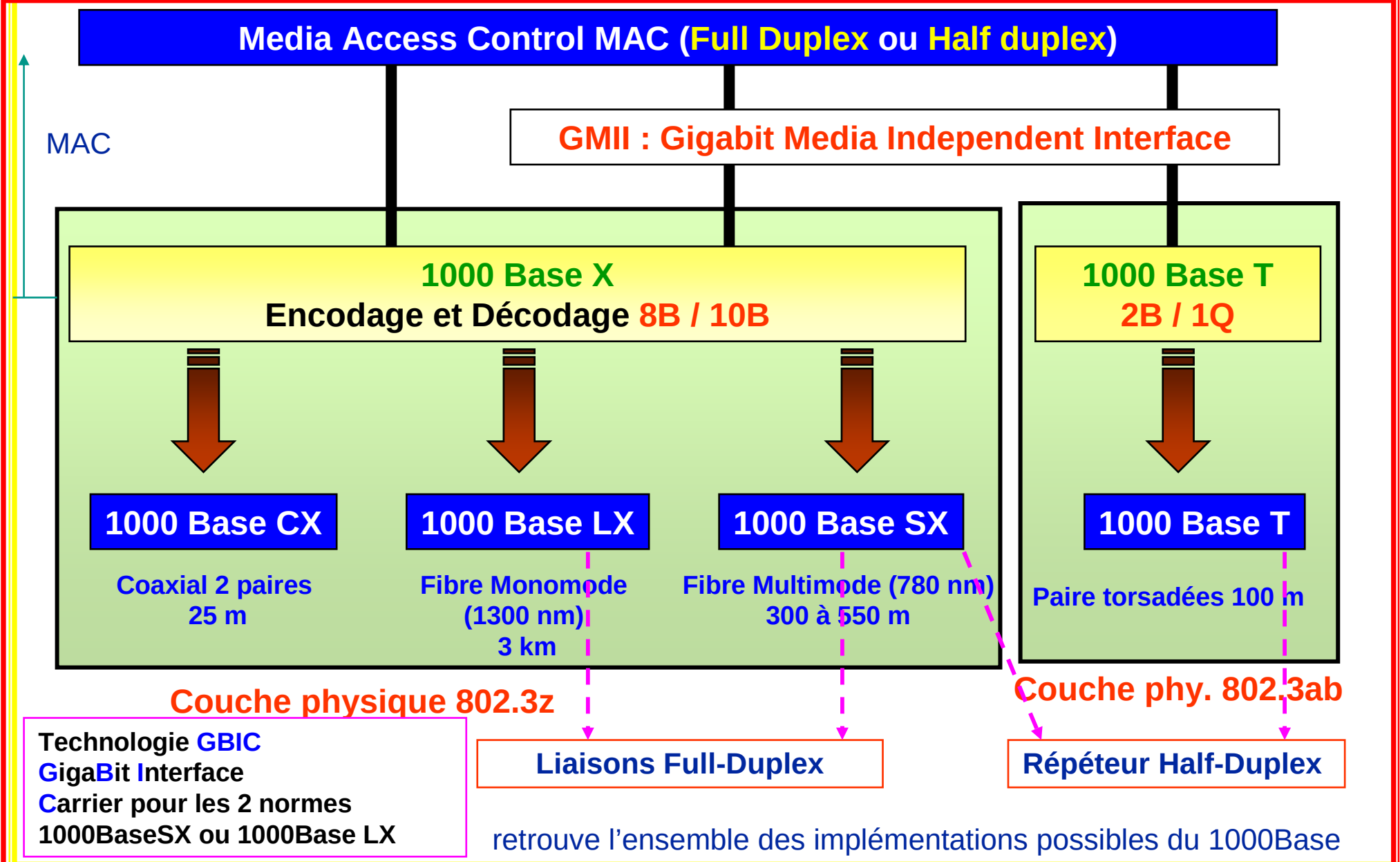
1. **Couche PCS** (Physical Coding Sublayer) : codage et encodage **8B/10B**

2. **Couche PMA** (Physical Medium Attachment) sérialisation / désérialisation des bits, notions d'horloge, synchronisation, etc...

3. **Couche PMD** (Physical Medium Dependent) : transmet les bits sur la fibre (conversion électrique / optique)



Modèle architectural (2) – implantations possibles



Supports physiques et encodage (1).

♦ Les premiers supports physiques prévus par les normes ont été regroupés sous l'appellation « XSeries » ou 1000Base-X. Ils sont au nombre de 3 :

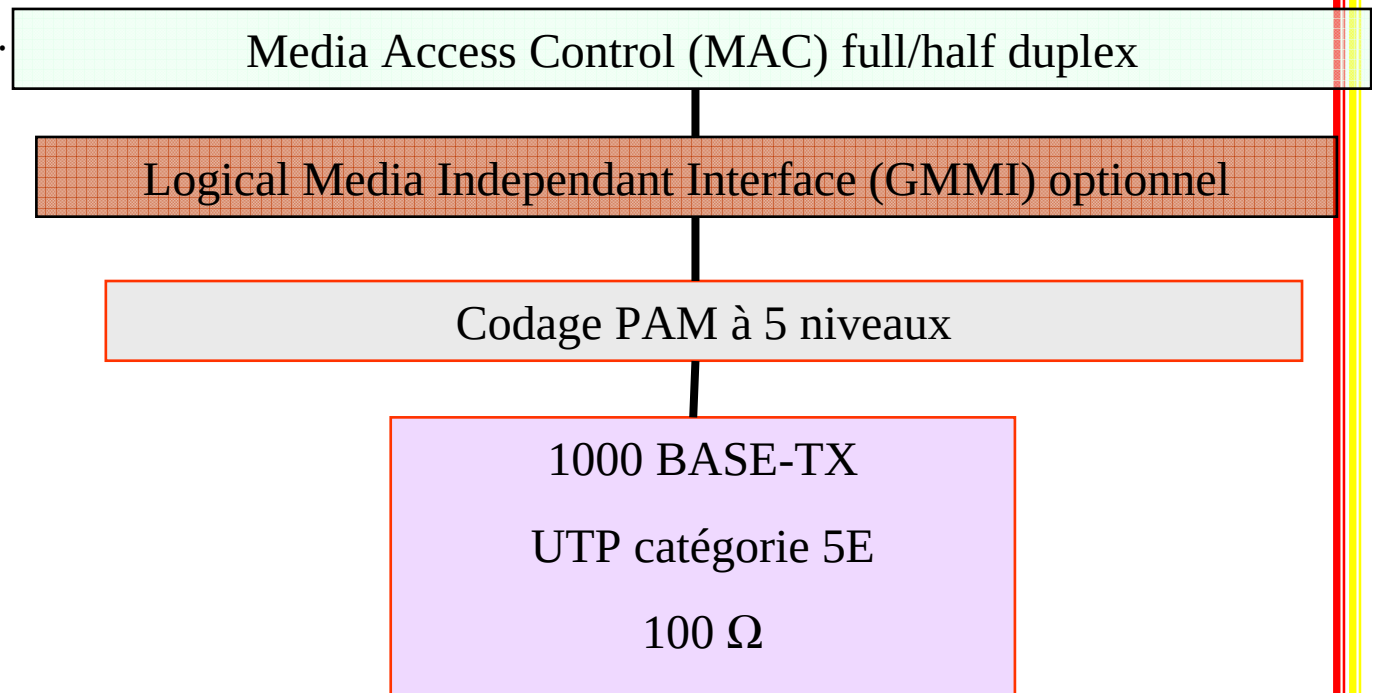
1. **1000 Base LX** : Nécessite 2 brins de fibre optique **monomode** d'un diamètre de 62,5 µm ou 50 µm (SMF = Single Mode Fiber). La longueur d'onde est de 1300 nm et la transmission en **Full-Duplex**. L'utilisation d'une FO monomode permet d'allonger les distances maxi **jusqu'à 5 km** et ainsi d'implémenter idéalement un campus universitaire.
2. **1000 Base SX** : 2 brins de fibre optique **multimode** d'un diamètre identique à celui précédemment cité. La longueur d'onde est de 850 nm et la transmission en **full-duplex** permet d'obtenir des distances allant de **220m à 550m**.
3. **1000 Base CX** : Assez curieusement, le câble coaxial refait son apparition mais sert uniquement à relier des éléments **actifs très consommateurs de BP** dans une armoire par exemple. **La distance maxi est de 25m**.

Supports physiques et encodage (2).

- ◆ Pour ces 3 supports le type de codage est un codage par bloc **8B/10B** (8 bits codés sur 10 bits) suivi d'une transformation **NRZ**. Par ailleurs

Supports physiques et encodage (3).

- ◆ Le dernier support physique normalisé en 1999 est le **support cuivre**.
 - ☞ **Utilisation de paires torsadées de catégorie 5 UTP uniquement.**
- ◆ Pour atteindre un débit de **1Gbit/s** sur de simples fils de cuivre, les 4 paires sont utilisées (un peu comme avec le **100Base-T4**) mais avec un codage un peu sophistiqué à 5 niveaux de modulation d'amplitude (**4D-PAM5**).
 - **Le débit par paire atteint les 250Mbits/s avec une fréquence d'horloge raisonnable soit 1Gbit/s pour l'ensemble.**



Résumé

	10 base TX	100 base TX	100 base T4	100 base T2	1000 base T
Tranche de canal	51,2μs	5,12μs	5,12μs	5,12μs	5,12μs
Délai inter-trame	9,6μs	0,96μs	0,96μs	0,96μs	0,096μs
Trames	64 - 1518	64 - 1518	64 - 1518	64 - 1518	512-1518
Câblage	2 paires	2 paires	4 paires	2 paires	4 paires
Catégorie	Cat 3	Cat 5	Cat 3	Cat 3	Cat 5
Transmission	25 Mbaut	125 Mbaud	25 Mbaut	25 Mbaut	125 Mbaud
Codage	Manchester	4B/5B	8B/6T	PAM5/5	PAM5/5

1000 base T

utilise 4 paires en émission et réception simultanément
 $4 \text{ (paires)} \times 125 \text{ Mbaud} \times 2 \text{ bits/ baud} = 1 \text{ Gb/s}$

- *Éléments constitutifs du réseau* : Plusieurs équipements peuvent être utilisés sur un réseau Gigabit Ethernet :
 - Les commutateurs (*Switch*) Gigabit Ethernet.
 - Les concentrateurs (*Hub*) Gigabit Ethernet.
 - Les cartes d'accès Gigabit Ethernet (ou NIC pour *Network Interface Card*)
 - Les interfaces adaptées à des routeurs Gigabit Ethernet.
 - Les liens point-à-point à 1 Gbit/s.

- Deux types de concentrateurs Gigabit Ethernet

1. les concentrateurs unidirectionnels (ou *half-duplex*)

- Reposent sur une transmission **half-duplex** entre tout équipement et le port sur lequel il est raccordé.
- Ce type de concentrateur peut être assimilé à un **répéteur Ethernet** « classique » possédant plus de deux ports.
- *L'envoi d'une trame par une station terminale en direction du concentrateur se fait par le biais du protocole d'accès normalisé IEEE 802.3 (CSMA/CD),
⇔ les segments Gigabit Ethernet reliés au moyen d'un concentrateur unidirectionnel constituent un unique domaine de collision.*

2. les concentrateurs bidirectionnels (ou *ful-duplex*).

- Un concentrateur **Gigabit Ethernet bidirectionnel** repose sur un nouveau type d'équipement: *le diffuseur à mémoire répartie ou buffered distributor*.
- Un diffuseur à mémoire répartie **isole les segments** qui lui sont rattachés
 - une mémoire tampon susceptible de **contenir une ou plusieurs trames** est disposée à l'extrémité de chaque port au niveau du concentrateur.
 - A la différence d'un concentrateur Gigabit Ethernet unidirectionnel pour lequel les trames reçues sur un port sont retransmises de façon transparente vers tous les autres ports
- La transmission entre un équipement et le concentrateur se fait **en full-duplex**, donc sans risque de collision.
- Avantages : apporter une extension de la portée géographique du réseau vis-à-vis des concentrateurs

- **Gigabit fonctionne :**
 - en full-duplex dans le mode **switch-to-switch** (de commutateur à commutateur)
 - en half-duplex dans le mode **switch-to-end-station** (de commutateur à station).
 - Full-duplex : **liaison point à point**
 - Half-duplex : **liaison partagée**

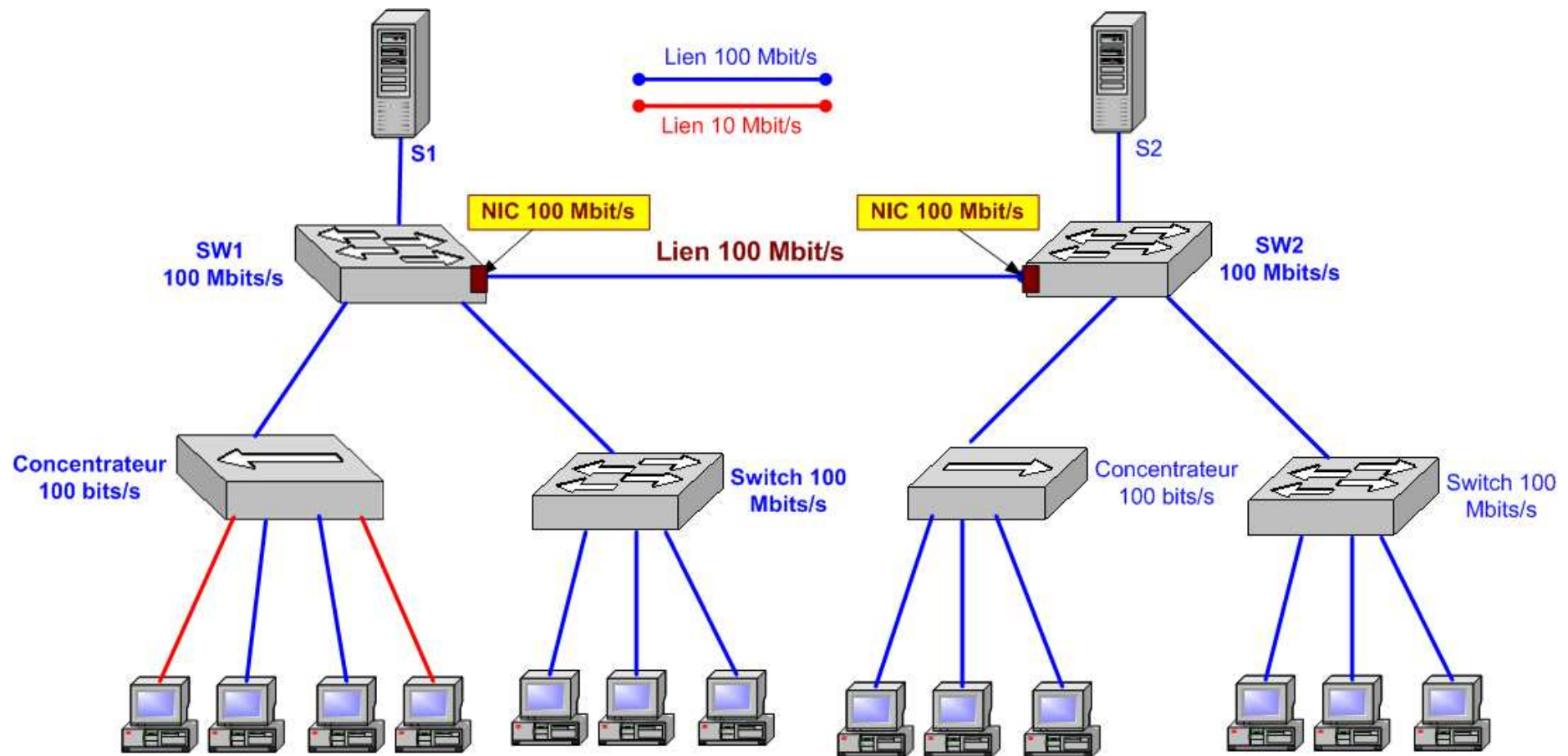
Exemples de configurations types

Exemples de configurations types

- La technologie Gigabit Ethernet est essentiellement considérée comme une solution économique au désengorgement de réseaux Ethernet 100 Mbit/s.
- Quelques exemples types d'utilisation

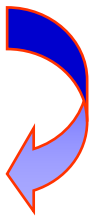
Exemple 1 : Lien entre commutateurs 100 Mbit/s

La figure illustre le cas d'un réseau sur lequel deux commutateurs Ethernet 100 Mbit/s **SW1** et **SW2** sont reliés entre eux par un lien à 100 Mbit/s.

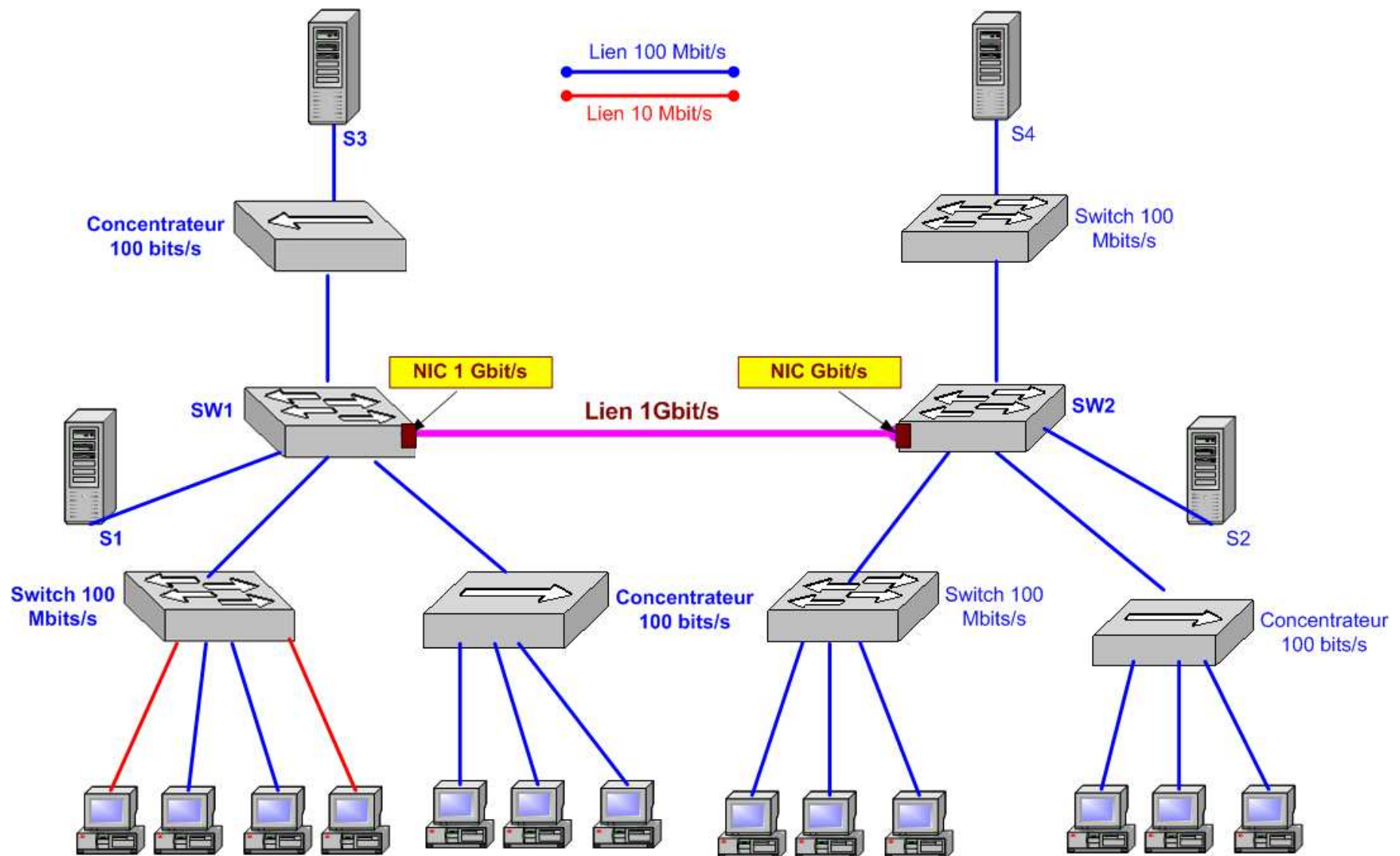


Exemple 1 : Lien entre commutateurs 100 Mbit/s

- Afin d'alléger les **traitements à réaliser** dans les commutateurs SW1 et SW2, on remplace le lien à 100 Mbit/s qui les relie par un **lien à 1 Gbit/s**.
 - ✓ On installe pour cela une carte NIC Ethernet 1 Gbit/s dans chacun des commutateurs SW1 et SW2.
 - ✓ La capacité de traitement ainsi libérée dans SW1 et SW2 autorise le raccordement d'un plus grand nombre de **serveurs** et **de commutateurs/concentrateurs** à 100 Mbit/s sur leurs ports d'entrée

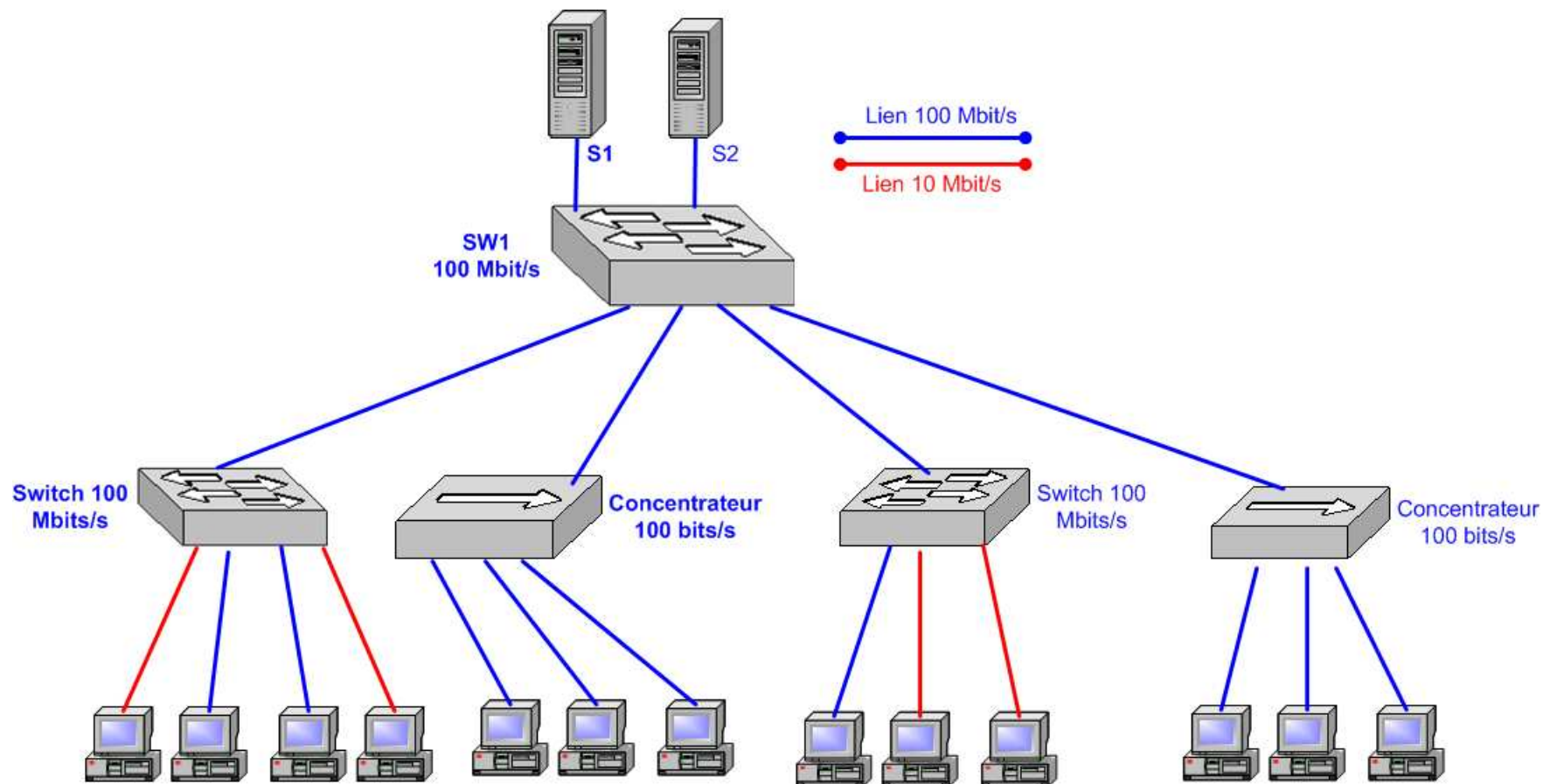


Exemple 1 : Lien entre commutateurs 100 Mbit/s



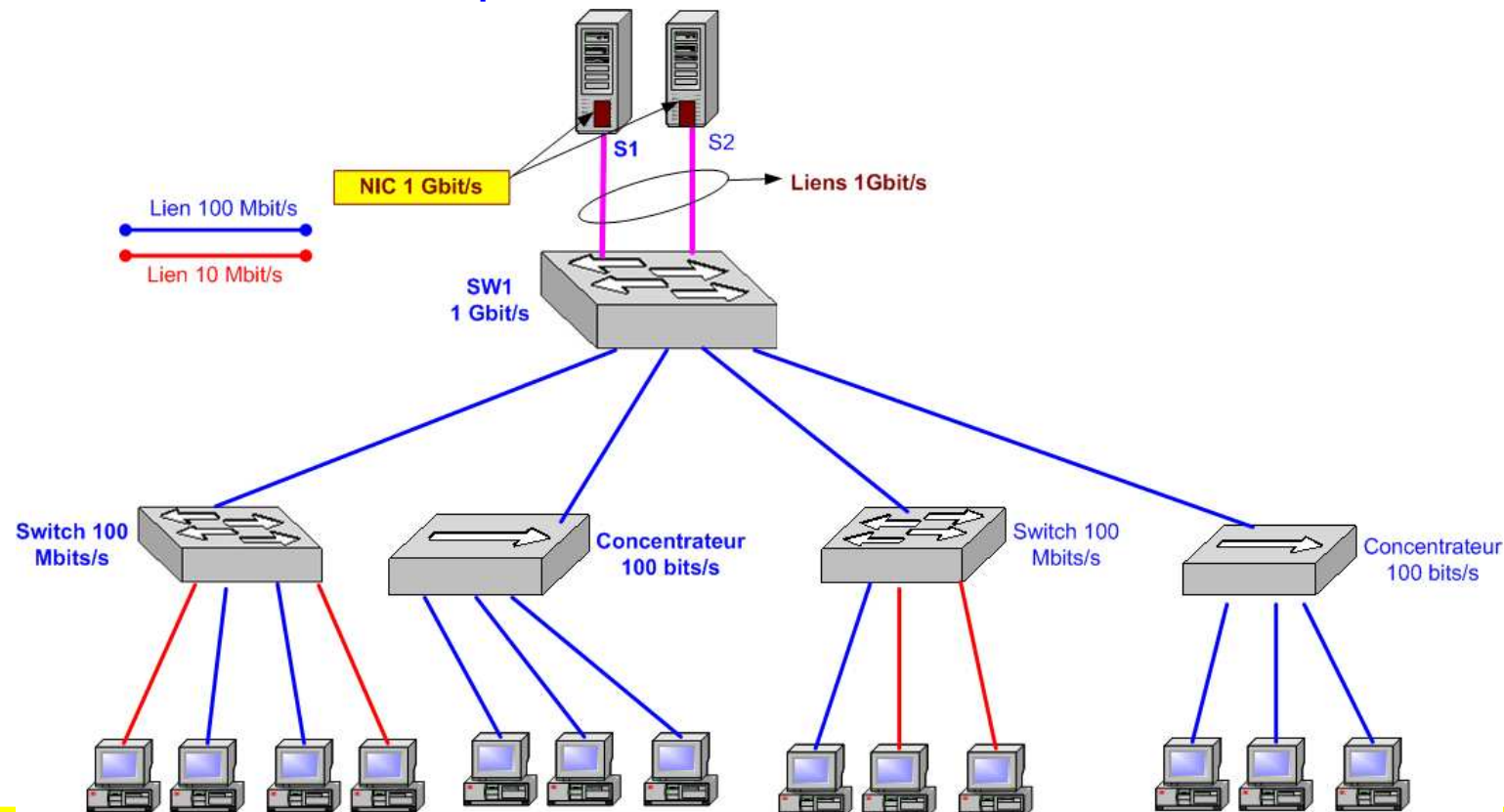
Exemple 2 : Accès à des serveurs

- L'exemple suivante illustre le cas d'un commutateur Ethernet 100 Mbit/s SW1 sur lequel sont raccordés deux serveurs S1 et S2.



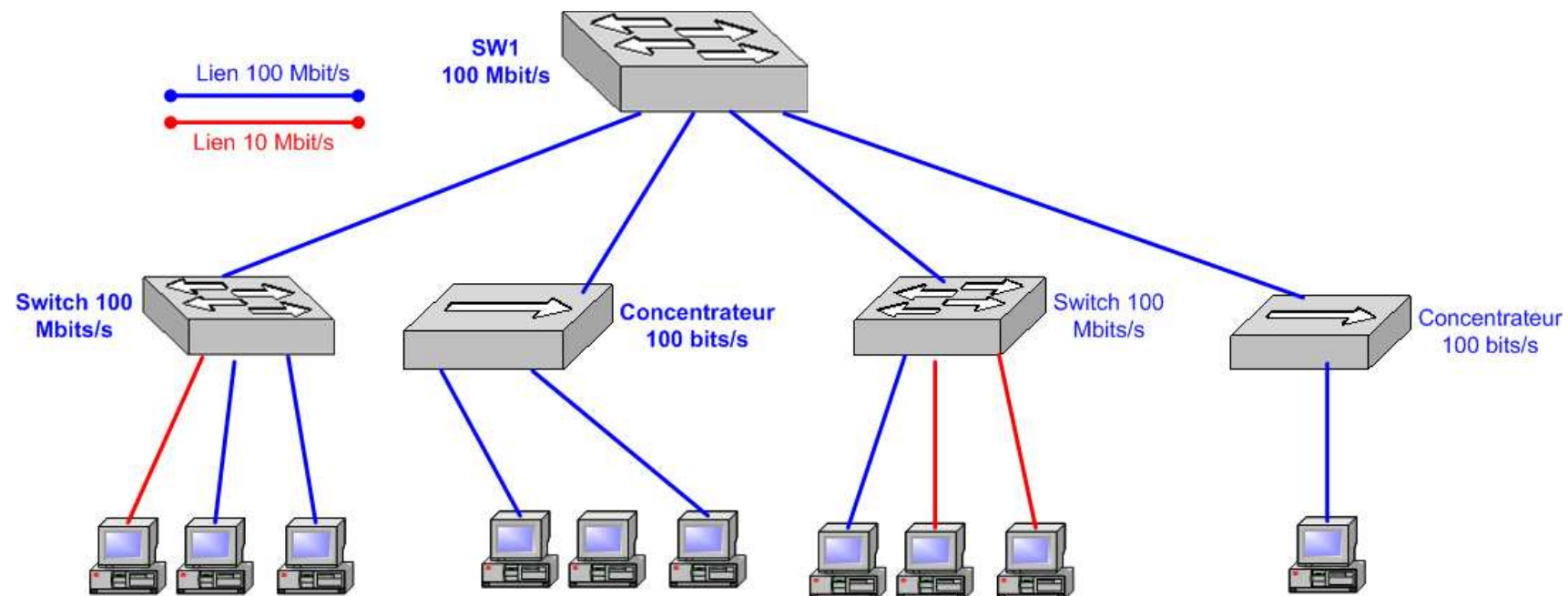
Exemple 2 : Accès à des serveurs

- Afin de **décongestionner** l'accès à ces serveurs, il est possible de remplacer les liens à 100 Mbit/s qui les relient au commutateur SW1 par un lien à **1 Gbit/s**.
- Pour cela ,
 - le **commutateur SW1** est lui, même remplacé par un commutateur Ethernet 1 Gbit/s (voire un concentrateur 1 Gbit/s),
 - une carte NIC 1 Gbit/s étant implémentée dans chacun des serveurs



Exemple 3 : Réseau Fédérateur 100 Mbit/s

- Un Commutateur **Ethernet 100 Mbit/s** est souvent utilisé comme réseau fédérateur de brins Ethernet 100 Mbit/s ou 10 Mbit/s
- Sur cet exemple, des commutateurs et des concentrateurs Ethernet 100 Mbit/s sont fédérés en étoile au moyen d'un commutateur 100 Mbit/s (**SW1**).

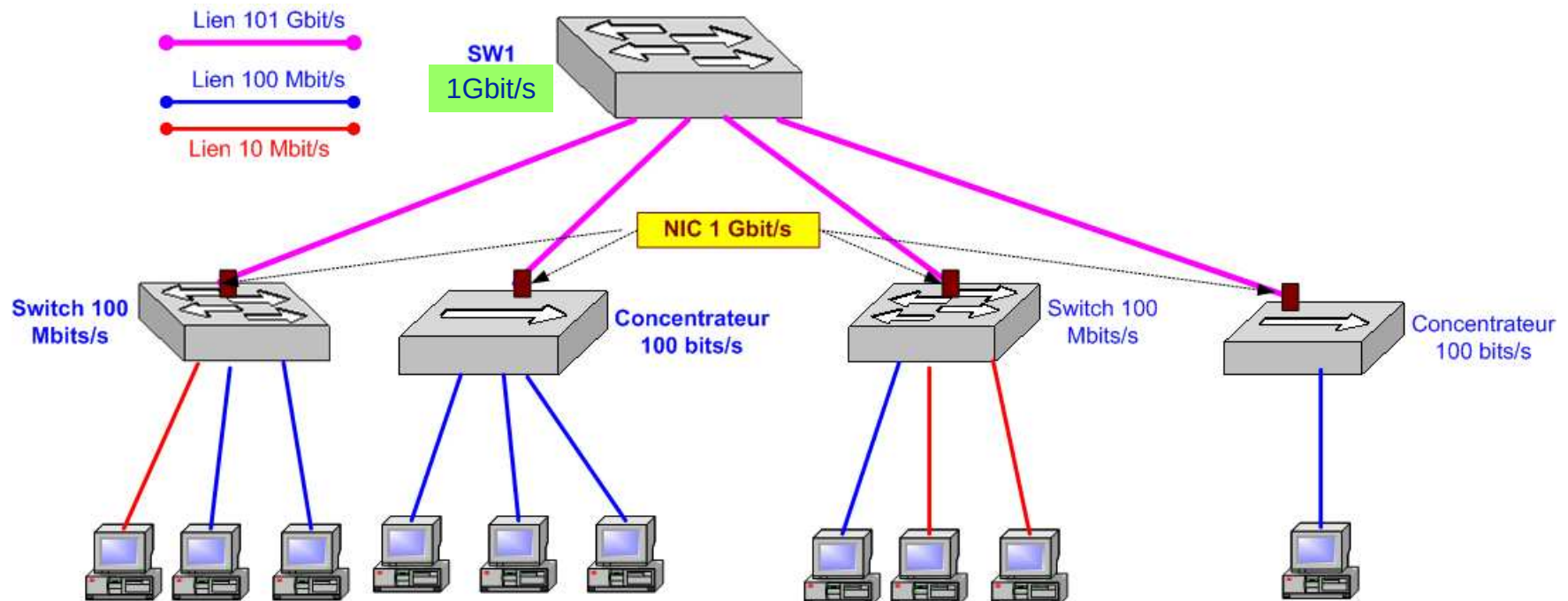


Réseau Fédérateur Ethernet 100 Mbit/s

Gigabit Ethernet à bande passante partagée

Solution :

- Remplacer le commutateur Ethernet 100 Mbit/s situé au centre de l'étoile par un **commutateur 1 Gbit/s**
- Les liens à 100 Mbit/s desservant à partir du centre de l'étoile les commutateurs et les concentrateurs Ethernet 100 Mbit/s (second niveau) par des liens à **1 Gbit/s**, il est possible de réduire la charge de ces derniers.



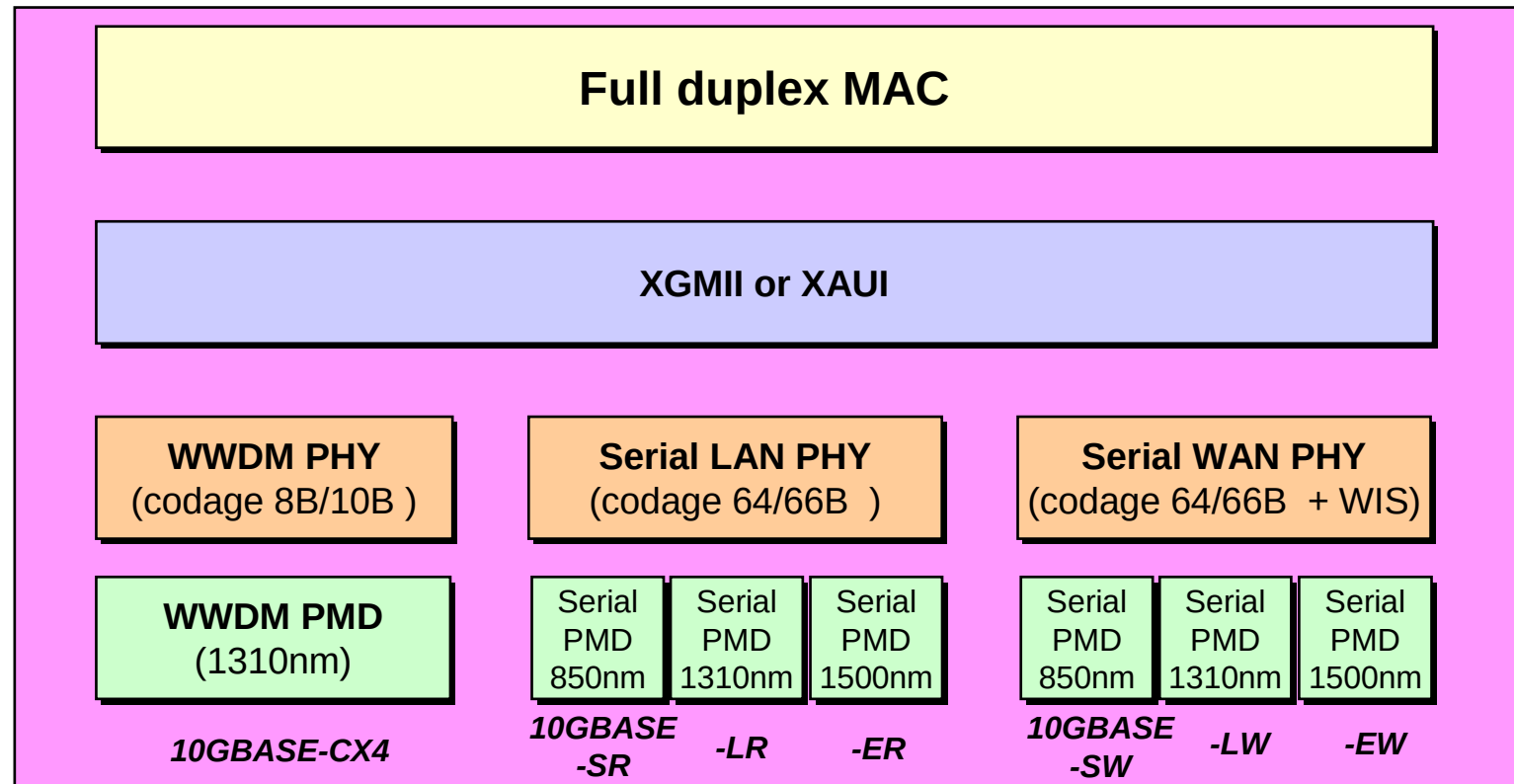
Cet allègement permet de raccorder un plus grand nombre de brins sur les équipements du second niveau de la hiérarchie en étoile tel que le montre

10 Gigabit Ethernet (10GbE)

2002 : Standardisation **IEEE 802.3ae**

- ✓ 10 000 Mbit/s = 10 Gbit/s: Ethernet 10 Gigabit
- ✓ Mode de fonctionnement **Full Duplex commuté uniquement** (CSMA/CD non supporté)
(non conçu pour des réseaux LAN)
- ✓ Objectifs :
 - Fournir 10 Gigabit/s à l'interface **XGMII** (10 Gigabit Medium Independent Interface)
 - Supporter des implantations de couche physiques à 10Gb/s
 - ✚ Fibre optique ISO/IEC 11801 (1995)
 - ✚ WAN (genre **SONET / SDH**)
- ✓ Être capable d'atteindre des taille de réseaux jusqu'à **40 km**

Architecture 10GbE



WIS = WAN interface sub-layer
WWDM = wideband wave division multiplexing

XAUI = 10Gbps attachment user interface
XGMII = 10Gbps medium independent interface

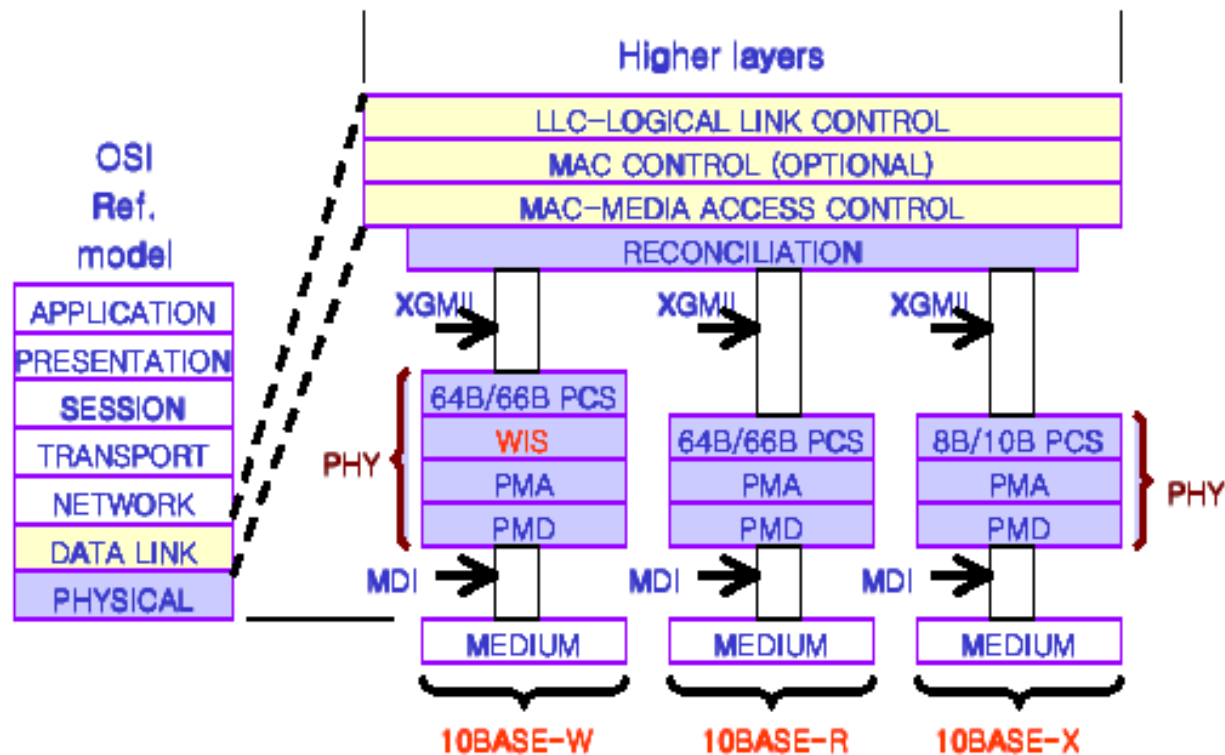
❑ Média 10 Gb/s

- ✓ XGMII (10 Gigabit Medium Independent Interface)
 - Chip-to-Chip (comme pour Gigabit)
 - 32-bit wide (4 octets)
- ✓ Supports (pour fibres, S: 850 nm, L: 1310nm, E: 1550nm)
 - a. 10 GBASE-X: basés sur codage 8B/10B
 - 10 GBASE-LX4, et récemment 10 GBASE-CX4 (802.3ak, 2004)
 - b. 10 GBASE-R: basés sur codage 64B/66B (LAN)
 - 10 GBASE-SR, 10 GBASE-LR, 10 GBASE-ER
 - c. 10 GBASE-W: basés sur codage 64B/66B encapsulé (WAN) pour technologies SONET/SDH (SONET STS-192c / SDH VC-4-64c)
 - 10 GBASE-SW, 10 GBASE-LW, 10 GBASE-EW

10GBase-LX4 :

Standard de câblage de la norme 10 Gigabit Ethernet sur fibre optique multimode (d'une longueur d'onde de 1310 nm) permettant un débit de l'ordre du **10 Gbps** sur des réseaux d'une longueur maximale de 10 Km.

10Gig Ethernet Model



- **10GBASE-X**
 - 10GBASE-LX4
- **10GBASE-R**
 - 10GBASE-SR
 - 10GBASE-LR
 - 10GbASE-ER
- **10GBASE-W**
 - 10GBASE-SW
 - 10GBASE-LW
 - 10GBASE-EW

MDI = Medium Dependent Interface
 PCS = Physical Coding Sub-layer
 PHY = Physical Layer Device
 PMA = Physical Medium Attachment

PMD = Physical Medium Dependent
 WIS = WAN Interface Sub-layer
 XGMII = 10 Gigabit Media Independent Interface

Distances 10GbE

1. Spécifications 10GbE pour quatre types de fibres optiques

- Deux types fibre MMF (multi-modes)
- Deux types fibre SMF (mono-mode)

2. Trois longueurs d'ondes : : 850, 1310, et 1550 nm

3. Conduit à des distances d'utilisation variées :

- Table ci-dessous (les distances sont en mètre)
 - Distance la plus courte est obtenue avec un câble : 62.5/125- μ
 - La plus longue est avec un câble : 50/125- μ

Longuer d'onde → Type de fibre ↓	850 nm	1310 nm	1550 nm
10GBASE-S	26–300	—	—
10GBASE-L	—	10,000	—
10GBASE-E	—	—	30.000–40.000
10GBASE-LX4	300	300	10.000

FIN