

Module ASR4 ASR40

Réseaux informatiques

Chapitre 2

Réseaux Ethernet

Réseaux locaux Ethernet et IEEE 802.3

1. Principales normes Ethernet et IEEE 802.3
2. Niveau physique : câblage, signaux, topologie
3. Format des trames
4. Réseaux 10/100baseT sur commutateurs
5. Ethernet 1000BaseT Full-Duplex
6. Ethernet 10GBaseT
7. Extensions du service de transmission

1. Normes de la famille Ethernet

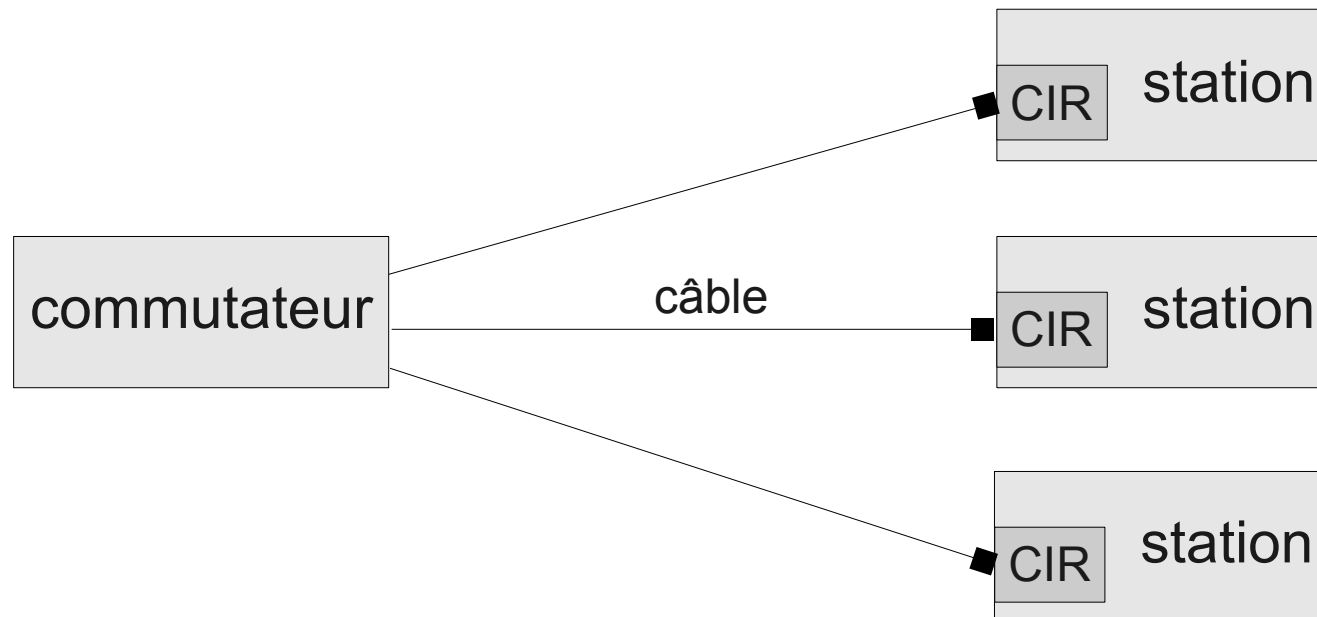
Nomenclature : 100BaseT, 1000BaseT, 1000BaseX, 10GBaseR

Décodage : **débit – type d'encodage – support** :

- débit : 10 Mb/s, 100 Mb/s ou 1 Gb/s
- type d'encodage : bande de **base** (numérique)
- support de transmission :
 - paires torsadées (**Twisted** pairs) sur topologie en arbre : 10BaseT, 100BaseT, etc.
 - fibres optiques : 100BaseFX, 10GBASE-R
- Interopérabilité entre les réseaux de cette famille grâce à un **format de trame commun**.
- Normalisation par l'IEEE : 802.3, 802.3a, ... + Ethernet Alliance

Composants d'un réseau Ethernet

- carte CIR : Carte Interface Réseau (interne ou externe),
- câble : paire torsadée de fil de cuivre
- commutateur (ou switch) : nœud d'interconnexion qui redirige les trames en fonction de l'adresse du destinataire



2. Caractéristiques physiques des normes 100BaseT et 1000BaseT

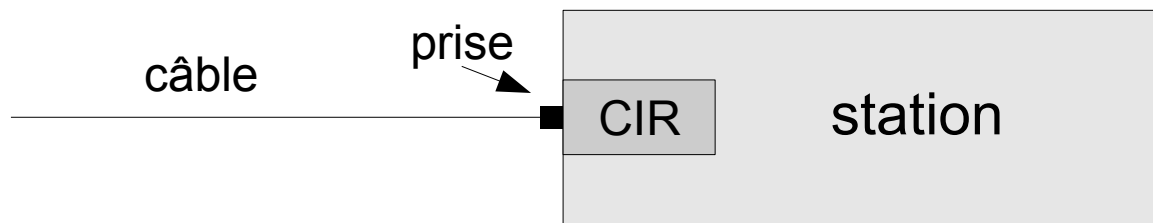
Caractéristiques	100BaseT	1000BaseT
Signaux de trame		
Débit d'émission	100Mb/s	1000Mb/s (1Gb/s)
Encodage	4B/5B NRZI	PAM5
Silence inter-frames min (96Tb)	0,96 μ s	0,096 μ s
Liens		
Support d'un lien	2 paires torsadées	4 paires torsadées
Longueur maximum	100 mètres	100 mètres
Type de câble recommandé	UTP cat. 5 et sup.	UTP cat. 5e et sup.
Bande passante	Bp = 100 Mhz par paire	Bp = 100 Mhz par paire
Vitesse de propagation	Vp \geq 180 000Km/s	Vp \geq 180 000Km/s
<p>Encodage : forme donnée au signal élémentaire émis pour chaque bit ou bloc de bits. Tb : Temps bit, c'est à dire durée d'émission d'un signal élémentaire correspondant à 1 bit. UTP : Unshielded Twisted Pair, paire torsadée non blindée. Bp : Bande passante de chaque paire, intervalle de fréquences transmissibles.</p>		

Contraintes physiques

- Le **silence inter-frames** est nécessaire pour garantir la dissipation du signal écho produit par tout signal de trame. Sans un silence minimum, cet écho agirait comme un bruit aléatoire sur le signal de la trame suivante.
- La **longueur maximum d'un lien** est la limite jusqu'à laquelle les fabricants de câble garantissent une atténuation du signal négligeable pour la bonne reconnaissance des trames par les récepteurs.
- La **catégorie 5e** est recommandée pour les liens 1Gb/S, car elle offre une meilleure résistance aux interférences entre les signaux transmis sur les paires torsadées cohabitant dans la même gaine.

Stations d'un réseau Ethernet

- Une station émet et reçoit des trames :
 - soit en mode **Unicast** : 1 émetteur vers 1 destinataire.
 - soit en mode **Broadcast** (diffusion) : 1 vers toutes les stations.
- Une station est un équipement relié au réseau par une (ou plusieurs) carte(s) CIR : **C**arte **I**nterface **R**éseau.
- Chaque carte est identifiée par une adresse Ethernet, appelée adresse MAC : **M**edium **A**ccess **C**ontrol.
- Chaque carte est reliée au câble par une **prise de type RJ-45**.



Câbles UTP et STP

- Les câbles sont constitués de 4 paires torsadées.
- En 100BaseT, 2 paires sont utilisées pour connecter une station (1 paire par sens de transmission), donc 2 stations peuvent être raccordées avec un même câble.
- En 1000BaseT, les 4 paires sont nécessaires pour raccorder 1 station
- Types de câbles :
 - Les câbles UTP *Unshielded Twisted Pairs* sont non blindés :

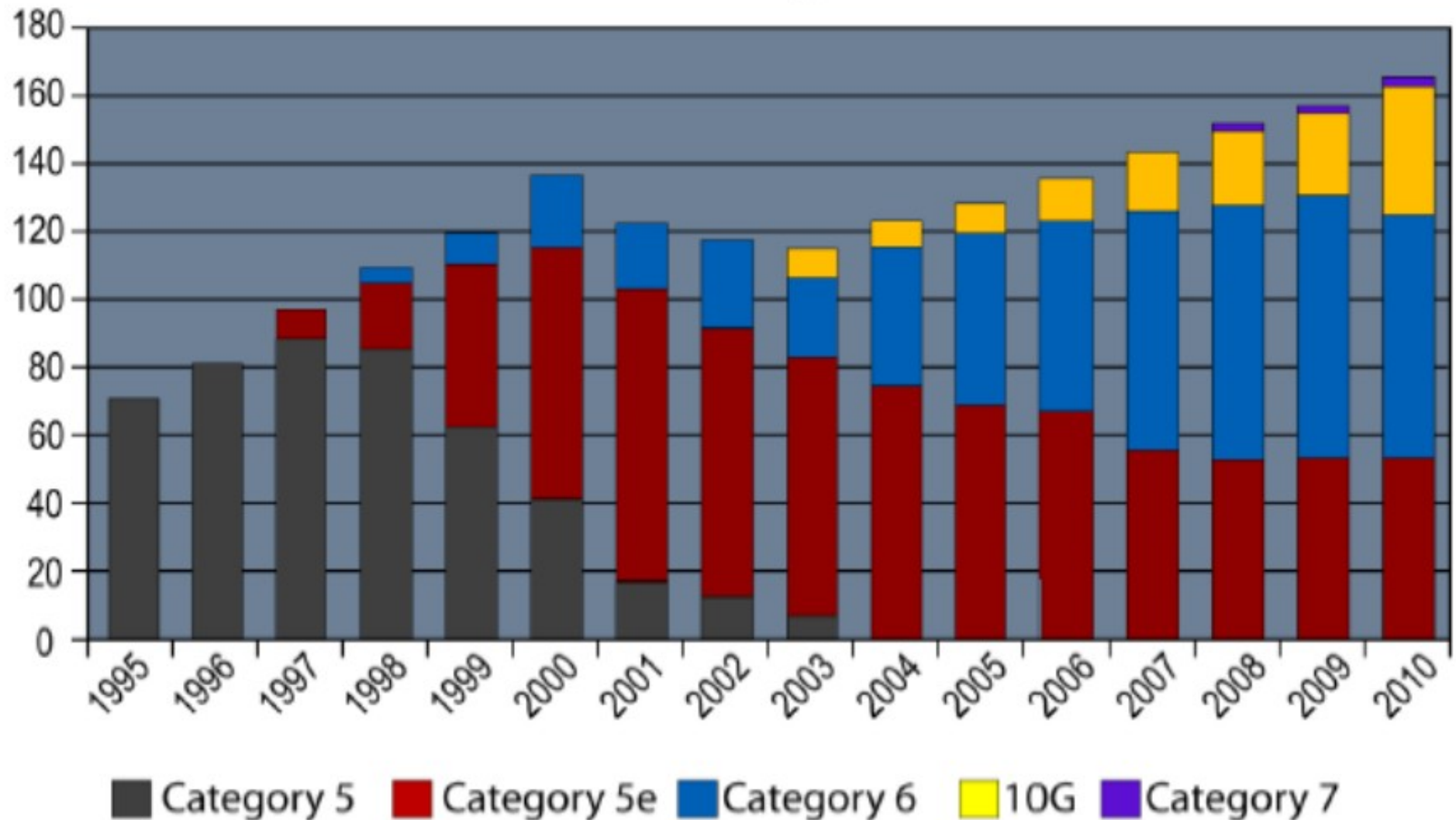


- les STP *Shielded Twisted Pairs* sont blindés :



Déploiement des catégories de câbles

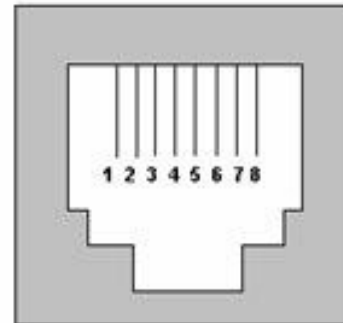
Structured Cabling Market Trend



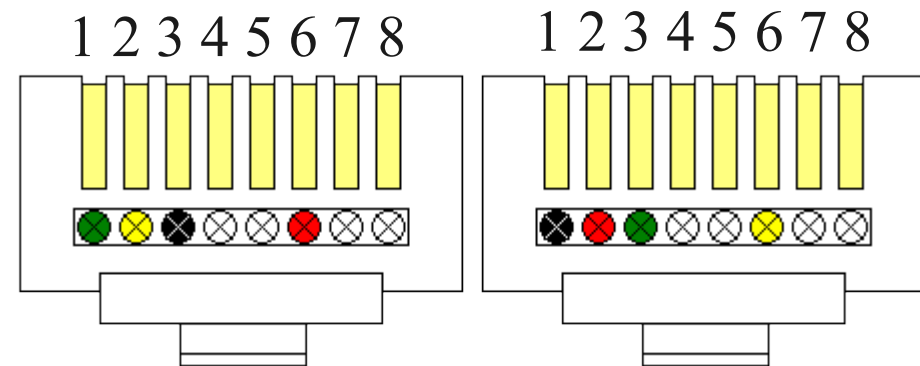
Source: BSRIA 2006

Connecteurs et prises RJ-45

- Connecteurs et prises type RJ-45 (*Registered Jack*) :



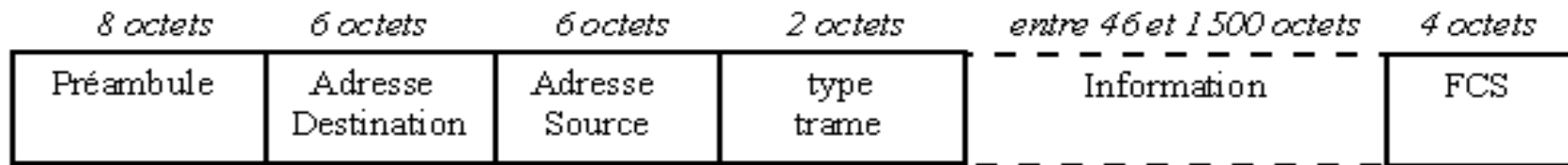
- Seules les broches 1-2 et 3-6 sont utilisées pour transmettre les informations (2 par sens de transmission).
- Utilisation :
 - câble **croisé**
(entre 2 stations)
 - câble **droit**
(entre une station et un commutateur).



Rôle des broches RJ-45

Numéro	Utilisation	Couleur des fils du câble
-----	-----	-----
1	Sortie des Données (+)	blanc/orange
2	Sortie des Données (-)	orange
3	Entrée des Données (+)	blanc/vert
4	Réservé pour le téléphone	bleu
5	Réservé pour le téléphone	blanc/bleu
6	Entrée des Données (-)	vert
7	Réservé pour le téléphone	blanc/marron
8	Réservé pour le téléphone	marron

3. Format des trames Ethernet



- **préambule** : $(AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AB)_{16}$ pour permettre au récepteur de se synchroniser.
Rappel : $A_{16} = 1010_2$, $B_{16} = 1011_2$
- **taille minimale de trame** : 72 octets = 64 octets + préambule.
Des octets de **bourrage** sont ajoutés si nécessaire.
- **taille maximale** : 1526 octets = 1500 (info) + 18 + préambule
- **champ type trame** (dépend de la nature du protocole utilisé) :
 - Ethernet II : **type trame** = identifiant du protocole du niveau hiérarchique supérieur (IP=0800, ARP=0806, ...)
 - IEEE 802.3 : **type trame** = longueur utile du champ information.

Adressage Ethernet

- Chaque carte CIR est identifiée par une **adresse MAC unique** (mondialement!) :
 - allouée par le fabricant de la carte CIR,
 - ... cette adresse est (éventuellement) modifiable.
 - Rq: une station a autant d'adresses Ethernet que de cartes CIR.
- **Adressage MAC** « Medium Access Control » :
 - longueur : 6 octets
 - les 3 premiers octets identifient le **fabricant**
 - notation par groupes de 2 chiffres hexa séparés par « : »
 - exemple : **00:0B:DB:DF:6F:35**
 - adresse de diffusion : FF:FF:FF:FF:FF:FF

Exemple de trame de type Ethernet II

0: **0800 2087 b044 0800 1108 c063 0800** 4500
 16: 0048 49ba 0000 1e06 698d c137 33f6 c137
 32: 3304 1770 96d4 397f 84c2 bf3a 21fd 5018
 48: 111c 99bc 0000 0e00 313f 02c0 0011 0000
 64: 3ec1 0000 0011 0000 0002 2828 a7b0 8029
 80: eafc 8158 9070 +**FCS**

rq : pas de préambule ni FCS affichés,

type=\$**0800** : la trame contient un paquet IP

4. Ethernet sur commutateur (switch)

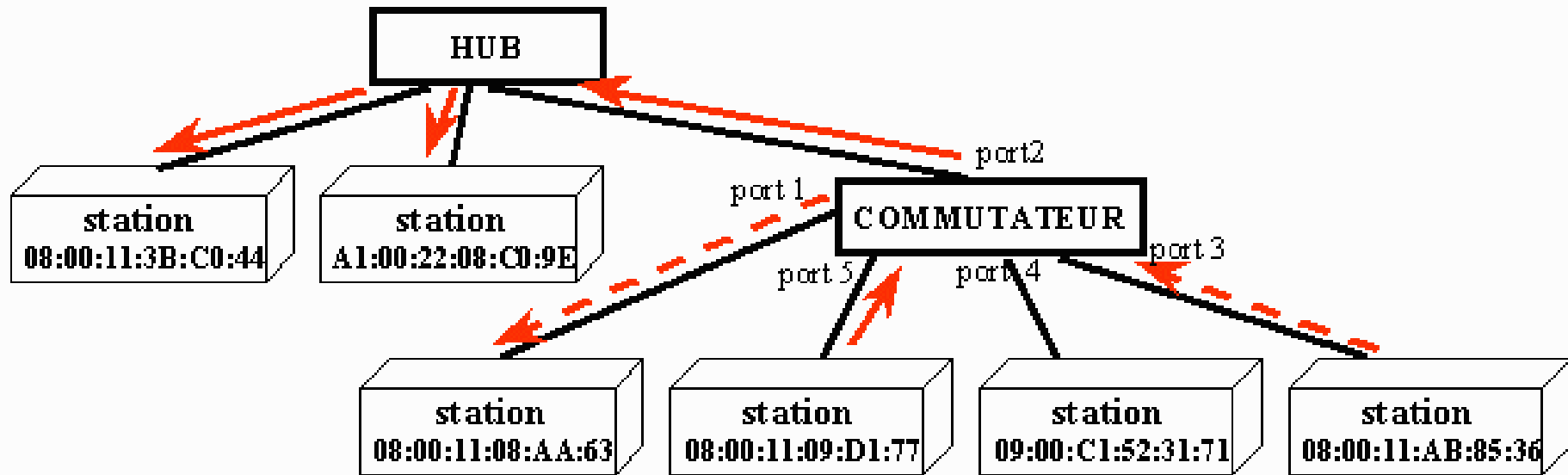
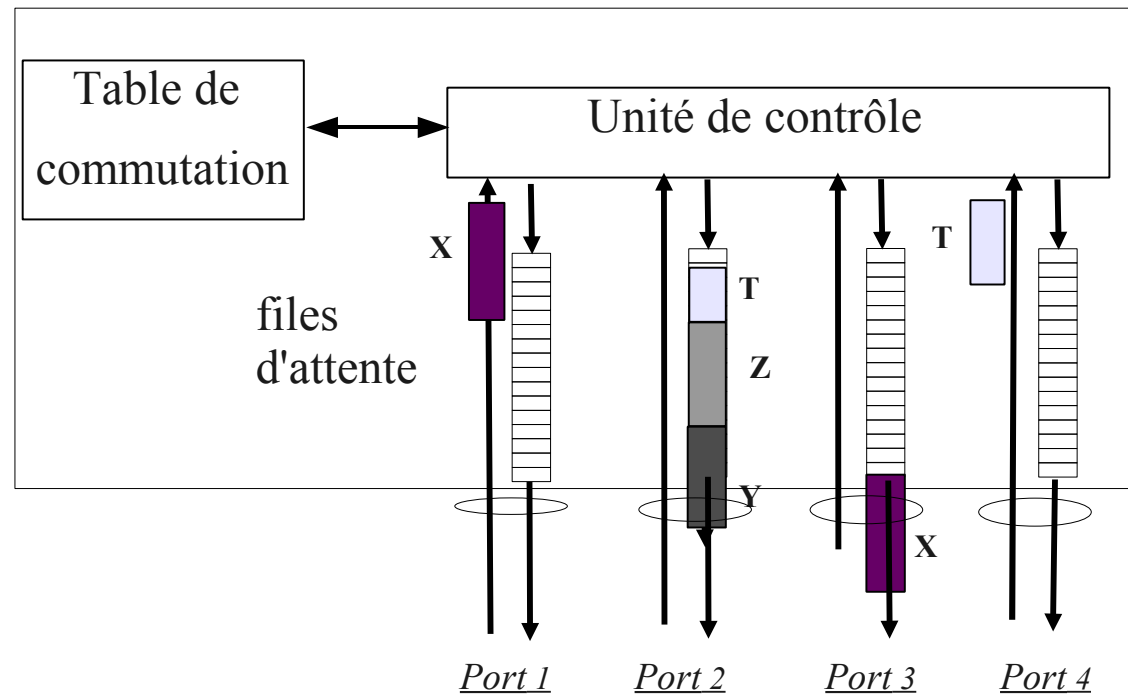


Table de commutation :

indique,
pour chaque **adresse** Ethernet,
le numéro de **port** associé.

Adresse destination	Port
08:00:11:08:AA:63	1
08:00:11:AB:85:36	3
08:00:11:3B:C0:44	2
09:00:C1:52:31:71	4
A1:00:22:08:C0:9E	2
08:00:11:09:D1:77	5

Structure d'un commutateur

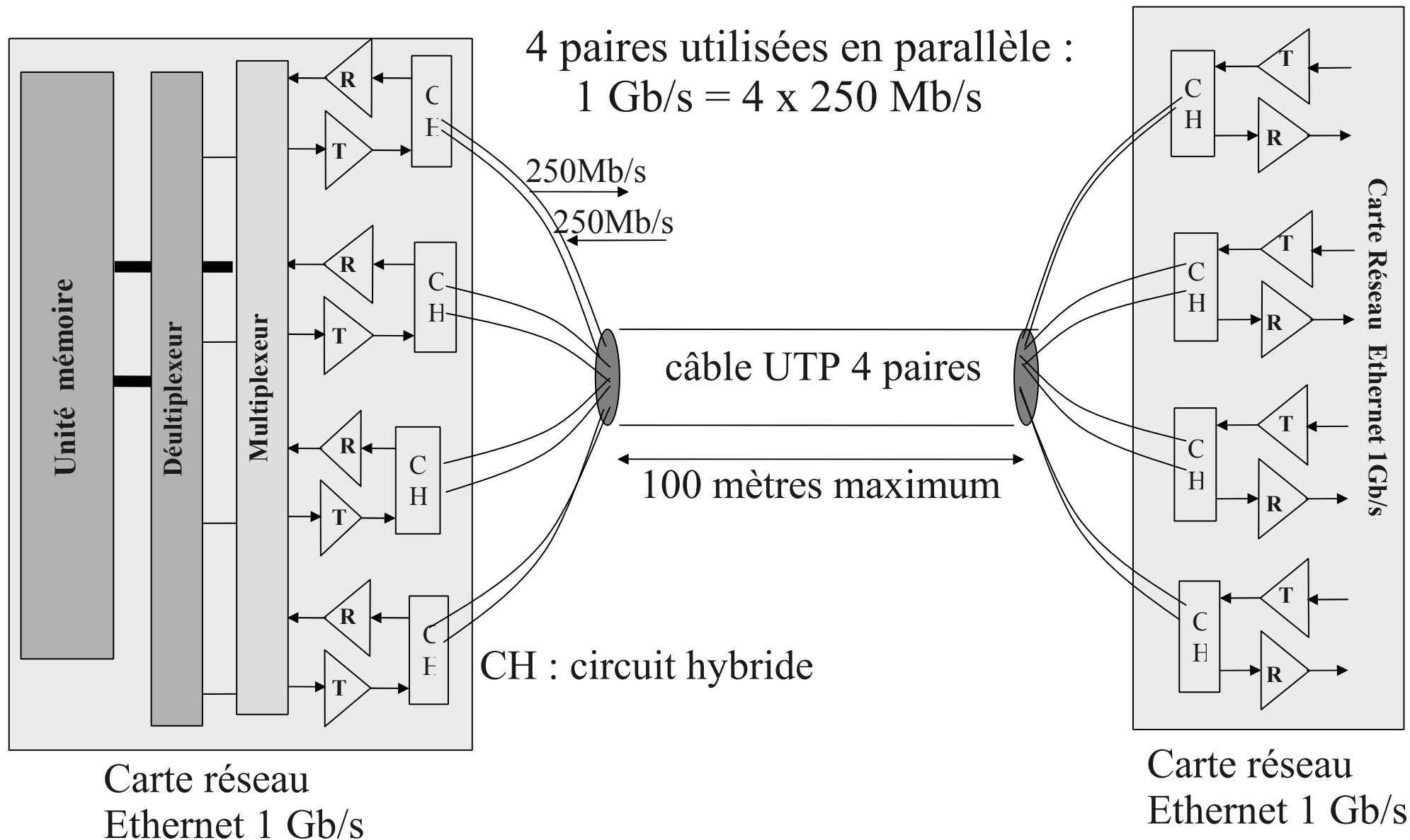


- **files d'attente** en entrée et en sortie des ports.
- **unité de contrôle** : algorithme de commutation, mise à jour de la table de commutation.
- **temps de latence** : intervalle de temps qui sépare l'arrivée d'une trame sur un port d'entrée de son émission sur un port de sortie.
- risque de **congestion** : contrôlé par le commutateur qui envoie une trame **pause** (type= \$0808)

Modes de commutation

- **cut and through** : retransmission à la volée ... mais seulement après le décodage de l'adresse destination!
=> temps de latence minimal.
- **store and forward** : retransmission après décodage de toute la trame :
=> permet de détecter les éventuelles erreurs de transmission.
- *fragment free* : retransmission après décodage des 72 octets :
=> permet de détecter les éventuelles collisions (mode de moins en moins utilisé car les installations actuelles n'ont quasiment plus de hubs).
- Exemple : pour HP ProCurve Switch 2650, le temps de latence minimal annoncé par le constructeur est **13,3 μ s**.

5. Ethernet 1000BaseT



Caractéristiques de Ethernet 100BaseT

- Topologie **bipoint** utilisant un câblage de 4 paires de fils.
- Câbles de catégorie 5e : **bande passante** supérieure à 100 Mhz.
- Transmission de chaque octet en 4x2 bits en **parallèle** synchronisé, 2 bits émis sur chaque paire de fils.
 - **Débit** sur chaque paire : 250 Mb/s
- **Encodage numérique** PAM5 (Pulse Amplitude Modulation, 5 niveaux) :
 - 4 niveaux pour chaque valeur de dibits (00, 01, 10, 11)
 - et 1 niveau pour la redondance (traitement d'erreurs).
- Collisions supprimées par l'utilisation de la technique **d'annulation d'écho** (avec les circuits hybrides).

6. Ethernet 10 Gigabits/s

- Première norme en 2002, déploiement relativement lent car pb de coût et de performance utilisateur
 - 1 million de ports déployés en 2008
- Technologies en fibre optique : 802.3ae-2002, Optical 10 Gigabit,
- Technologies sur câble en double-axe : 10GBASE-CX4-2004 (InfiniBand)
- Utilisation :
 - Pour les liaisons entre switches
 - Pour les serveurs et « Data Centers »

Technologie 10GBASE-T :

802.3an-2006 Standard

- Câblage
 - Cat. 6, 6a, bande passante > 500 MHz
 - Distance max : 55 m (cat 6) ou 100 m (cat 6a)
- Meilleure utilisation de la bande passante du support par de nouveaux types de codage des signaux
 - Augmentation de la vitesse de modulation : de 125 à 800 bauds
 - Augmentation du nombre de niveaux de signaux : encodage PAM à 16 niveaux
 - Meilleure performance du code correcteur d'erreur et amélioration du système d'annulation d'écho et de diaphonie
- Latence ~ 2.5 microsecondes (+ que autres techno Ethernet) car séquence de start-up nécessaire

Évolution d'Ethernet : vers les débits 40/100 Gigabits/s

- Carrier Ethernet / Metro Ethernet (sur fibre optique) :
 - Du réseau local au réseau métropolitain : la plupart des réseaux MAN sont déjà en Ethernet 10 Gbit/s
 - Du réseau privé au réseau de transport, d'opérateur
- Répondre aux besoins des Data Centers, aux applications multimédias
- Quelques challenges technologiques :
 - Contraintes de distance
 - Consommation d'énergie
 - QoS, déterminisme dans les transmissions
 - Fiabilité, robustesse

7. Protocoles d'extension

- Utilisation d'un format de trame spécifique appelé **Tagged frame** « trame Ethernet marquée » :
 - champ « type trame 1 » = \$0801,
 - champ « type trame 2 » = contient le champ « type » de la trame Ethernet standard (ex. \$0800 pour un contenu IP).

<i>8 octets</i>	<i>6 octets</i>	<i>6 octets</i>	<i>2 octets</i>	<i>2 octets</i>	<i>2 octets</i>	<i>entre 46 et 1500 octets</i>	<i>4 octets</i>
Préambule	Adresse Destination	Adresse Source	type trame 1	Priorité & ID VLAN	type trame 2	Information	FCS

- Protocole 802.1q** : réseaux locaux virtuels (VLANs) définis dynamiquement (utilise le champ « ID VLAN »).
- Protocole 802.1p** : priorité des flux (utilise le champ « priorité »).
- Protocole 802.1d** (STP : Spanning Tree Protocol) : permet de réaliser un arbre « logique » sur une topologie physique maillée.

VLAN : Virtual Local Area Network

- 1 commutateur/routeur permet de répartir les stations en plusieurs réseaux **virtuellement** indépendants :
 - La **commutation** et la diffusion des trames ne se font qu'entre stations d'un même VLAN.
 - Pour les autres échanges, il faut utiliser les services de **routage IP** du commutateur/routeur.
- Intérêt : administration **centralisée** des réseaux, plus facile à configurer et à faire évoluer.
- Technique étudiée dans le dernier chapitre.

Glossaire

- 100BaseT
- 1000BaseT
- 4B/5B NRZI
- Broadcast
- Catégories 5e, 6
- CIR
- Ethernet II
- full-duplex
- FCS
- hub
- IEEE
- IEEE 802.3
- PAM5
- RJ-45
- STP, FTP
- Unicast
- UTP
- VLAN