

# Chapitre 2

## Chapitre 2-Réseau métropolitain

- Définition
- Ethernet
  - Ethernet
  - FastEthernet
  - Gigabit Ethernet
  - 10 Gigabit Ethernet
- Architecture Token-Ring (IEEE 802.5)
- Architecture FDDI (Fiber Distributed Data Interface, IEEE802.8)
- DQDB (Distributed Queue Dual Bus-IEEE 802.6)

## 1. Définition

Un **réseau métropolitain** (en anglais *Metropolitan Area Network*, **MAN**) désigne un réseau composé d'ordinateurs habituellement utilisé dans les campus ou dans les villes. Le réseau utilise généralement des fibres optiques.

Les **MAN** interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de kilomètres) à des débits importants. Ainsi, un **MAN** permet à deux nœuds distants de communiquer comme si ils faisaient partie d'un même réseau local.

## 2. Ethernet

### 2.1. Ethernet

#### 2.1.1. Introduction

Initialement mis au point au sein du *PARC*<sup>[3]</sup> par Bob Metcalf (1973) Ethernet n'a cessé depuis lors de se développer et c'est aujourd'hui la technologie de réseau local la plus déployée dans le monde. Trois facteurs fondamentaux permettent d'expliquer le succès de cette technologie :

1. la **capacité d'évolutivité** : Inventé chez Xerox, Ethernet devient une norme industrielle en 1980 (standard 10Mbps du consortium DIX<sup>[4]</sup>), puis un standard (*IEEE 802.3*) adopté comme tel par l'ISO.

Cette technologie basée d'abord sur un médium de type coaxial épais (*10Base5*) a su évoluer vers du coaxial fin (*10base2*) au milieu des années 80, pour ensuite adopter la paire torsadée (*10baseT*, au début des années 90), puis la fibre optique.

En 1995 apparaît la norme *Fast Ethernet* à 100Mbps sur support en paires torsadées (*100BaseTX*) ou fibre optique (*100BaseFX*) avec un protocole d'auto-négociation qui permet à des interfaces multi-vitesses de régler dynamiquement leur vitesse avec les concentrateurs et/ou commutateurs. Depuis 1998, la norme *Gigabit Ethernet* est apparue et aujourd'hui il est question d'un standard *10 Gigabit Ethernet*...

2. la **fiabilité** : c'est une technologie sûre et largement éprouvée, basée sur un mécanisme de transmission à la fois simple et robuste.
3. le **coût** : l'adoption très large des standards Ethernet a conduit à une diminution du coûts des équipements.

#### 2.1.2. Principes d'un Système Ethernet

Quatre éléments permettent de caractériser un réseau Ethernet :

- La **trame**, structure standardisée de bits échangées entre deux hôtes distants. Il existe deux formats : l'original de la norme DIX et celle, officielle, de l'IEEE (802.3), nous présentons la seconde et renvoyons aux éléments de la bibliographie pour la première.
- Le **protocole d'accès au médium** qui définit les règles utilisées par les interfaces Ethernet de chaque hôte.
- Les **éléments de signalisation** standardisés permettant l'émission et la réception de signaux sur un canal Ethernet.
- Le **médium physique** : câblages et matériels d'interconnexion.

### 2.1.2.1. Trame Ethernet

Figure 2.1. Structure de la trame Ethernet IEEE 802.3

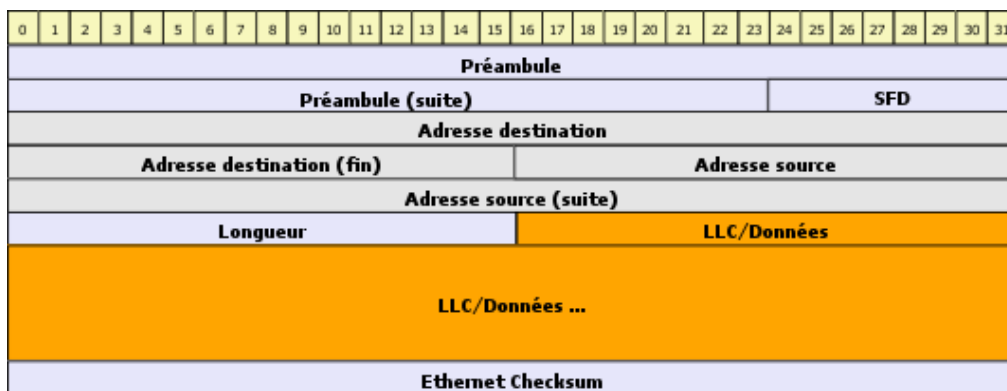


Tableau 2.1. Description de la trame Ethernet au format DIX/IEEE 802.3

Eléments	Longueur (octets)	Description
Préambule + SFD	8	C'est une suite de bits de valeurs 0 et 1 alternées qui permet à l'horloge du système Ethernet récepteur de se synchroniser avec celle de l'émetteur et donc de s'activer à la réception de données. La norme IEEE <sup>[a]</sup> 802.3 spécifie un préambule de 56 bits suivi d'un octet appelé <i>Start of Frame Delimitor</i> dont les derniers bits sont à 1 qui ne présente pas de différence avec le standard DIX qui spécifie un préambule de 64 bits et dont les deux derniers sont à 1.
@dest, @src	6 (chaque)	C'est l'IEEE qui utilise ces adresses. Les 3 premiers octets (24 bits) désigne le constructeur [ <i>Organization Unique</i>

		<i>Identifier</i> ], les 3 suivants sont attribués par le constructeur de l'interface. On parle d'adresse MAC [ <i>Medium Access Control</i> ] puisque la sous-couche MAC comprend les trames et les adresses.
Type	2	Permet à la trame DIX d'identifier le protocole de niveau 3. La normalisation IEEE 802.3 a redéfini ce champ pour qu'il contienne la longueur en octets du champ de données.
Données	46 à 1500	La longueur minimale de 46 bits permet à tous les hôtes du réseau local d'écouter la trame pendant le temps maximum de propagation aller/retour. Au cas où la longueur des données est inférieure à 46 bits, on recourt à des bits de bourrage [ <i>padding</i> ] pour parvenir à la longueur minimale.
FCS	4	Le <i>Frame Control Sequence</i> contient un CRC [ <i>Cyclic Redundancy Check</i> ], i.e. une somme de contrôle issue d'un polynôme générateur. Ce CRC appliqué à la trame permet de garantir son intégrité.

<sup>[a]</sup> *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

**Note**

*Les deux types de trames DIX et IEEE 802.3 peuvent coexister sur un même LAN.*

### 2.1.2.2. Le protocole d'accès au média ([CSMA/CD], ou half-duplex)

Ce protocole a été conçu pour permettre un accès équitable des stations au médium partagé. Le principe en est le suivant, avant d'émettre toute station doit détecter une période de silence sur le média (Détection de porteuse, [*Carrier Sense*]). Ce silence détecté, toutes les stations ont une chance égale d'émettre sur le canal de communication (ou médium, on parle d'accès multiple [*Multiple Access*]). Enfin, si deux stations commencent à émettre en même temps, ce qui est toujours possible compte tenu du délai d'acheminement d'une trame, elles doivent le détecter et interrompre leur transmission (c'est la détection de collision [*Collision Detection*]).

### 2.1.2.3. Les éléments de la signalisation

Ces éléments sont utilisés pour l'émission et la réception des signaux sur le médium physique.

Dans le cas d'un *Ethernet 10Base-T*, par exemple, ces éléments sont :

- l'Interface Ethernet avec *transceiver RJ-45 10Base-T* intégré (généralement la carte réseau Ethernet),
- Un répéteur ou un concentrateur [*hub*] ou un commutateur [*switch*] muni d'un *transceiver RJ-45* par port 10Base-T

### 2.1.2.4. Le médium ou support physique

Il est composé de câbles et autres composants nécessaires au transport des signaux Ethernet et diffère selon le débit et la technologie de câblage utilisée. Dans le cas de l'*Ethernet 10Base-T*, un segment à paires torsadées est typiquement composé de :

- câbles à paires torsadées lui-même,
- deux connecteurs (de terminaison) de type RJ-45 à huit broches.

### 2.1.3. Norme Ethernet

#### *Deux normes*

Il existe deux familles de normes Ethernet. La première, historiquement, est celle publiée en 1980 par le consortium DIX, sa dernière révision est connue sous le nom *Ethernet DIX v2.0*. La seconde est issue des travaux de l'IEEE, elle est connue sous la dénomination globale de *IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications* et publiée pour la première fois en 1985. Cette dernière est régulièrement remise à jour pour intégrer de nouvelles technologies comme *Fast-Ethernet* (1993, normalisation en 1995), *Gigabit Ethernet* (fin 1997).

#### *Ethernet à 10Mbps*

**Tableau 2.2. Ethernet standard**

<b>IEEE 802.3 10Base-5, Ethernet jaune ou <i>thick Ethernet</i></b>	
Support physique	câble coaxial 50 Ohms avec connectique N-BNC
Longueur max.	500 m par segment
Distance inter-connexions	au moins 2,50m

<b>IEEE 802.3 10Base-5, Ethernet jaune ou <i>thick Ethernet</i></b>	
Nombre max. de connexions	100 par segment

Tableau 2.3. Ethernet fin

<b>IEEE 802.3a 10Base-2, Ethernet fin ou <i>thin Ethernet</i></b>	
Support physique	câble coaxial 50 Ohms (RG58) avec connectique BNC
Longueur max.	185 m par segment
Distance inter-connexions	au moins 0,50m
Nombre max. de connexions	30 par segment

#### 2.4. Ethernet sur paires torsadées

<b>IEEE 802.3i 10Base-T</b>	
Support physique	câble de paires torsadées non blindées (UTP [ <i>Unshielded Twisted Pair</i> ]) avec connectique de type RJ-45
Longueur max.	100 m par segment
Topologie physique	Etoile

Tableau 2.5. Ethernet sur fibres optiques

<b>IEEE 802.3j 10Base-F</b>	
Support physique	câble de fibre optique multi-modes (62,5/125 $\mu\text{m}$ ) avec connectique de type ST ou SC
Longueur max.	2 km
Topologie physique	Etoile

### 2.1.4. Paramètres d'un Ethernet

**Le slot-time.** Il vaut 512 bit-times et correspond à la longueur minimale d'une trame (512 bits = 64 octets) sur un segment entre deux stations les plus éloignées pour qu'elles détectent éventuellement une collision, soit 51,2  $\mu$ s (5,12  $\mu$ s sur *FastEthernet*). Valeur étendue à 4096 bit-times sur un *Gigabit Ethernet*.

**L'Inter Frame Gap.** Ce délai normalisé est fixé à 96 bits (soit 9,6  $\mu$ s sur un Ethernet 10Mbps), il détermine le temps pendant lequel une station doit attendre entre l'émission de deux trames successives.

**Algorithme de repli.** Après détection d'une collision, chaque station impliquée dans cet événement va déterminer au hasard un entier pour déterminer le moment où elle va reprendre sa tentative de retransmission. Le choix de l'entier (notons le  $m$ ) se fait avec l'algorithme de repli, la formule utilisée est  $0 \leq m < 2^k$ , où  $k = \min(n, 10)$ ,  $n$  désignant le nombre de tentatives. Au bout de 16 tentatives, l'interface prévient les niveaux supérieurs de l'échec et abandonne la transmission.

**Domaine de collision.** C'est formellement un réseau *CSMA/CD* dans lequel il se produit une collision dès que deux stations du réseau émettent en même temps.

**Règle des « 5-4-3 ».** Il s'agit d'une version très simplifiée du modèle 1 présenté par l'IEEE (pour un Ethernet 10 Mbps). Elle signifie qu'il peut y avoir jusqu'à 5 segments connectés, 4 répéteurs et 3 segments connectés à des PCs. Il existe cependant un modèle plus complexe (modèle 2) avec toute la métrologie qui permet de savoir si son réseau est valide relativement à deux paramètres : le temps aller/retour sur le chemin le plus long (dit pire chemin) et le rétrécissement de l'espace inter-trames.

### 2.1.5. Trames erronées

**Runt.** Ce terme désigne une trame trop courte (< à 64 octets) et résulte souvent d'une collision.

**Jabber.** Ce terme désigne une trame trop longue (à < 1518 octets) et résulte de deux événements :

- la superposition de trames, sans détection de collision, ce qui dénote un dysfonctionnement des couches 1 et 2.
- l'absence de structure de la trame, émise par une interface qui reste trop longtemps en émission.

**Trame désalignée [*Misaligned frame*].** Trame dont le nombre de bits n'est pas divisible par 8, ce qui conduit à un CRC erroné qui va permettre de rejeter la trame.

**Bad FCS.** Une trame complète dont au moins un bit n'a pas été reçu tel qu'il a été émis, ou bien tronquée suite à une collision.

**Collision tardive.** Lié au non respect de la norme : câble trop long ou nombre de répéteurs trop élevé.

---

<sup>[3]</sup> *Palo Alto Research Center*, centre de recherche « mythique » de la société Xerox qui dans les années 70 à 80 a mis au point l'interface graphique utilisateur avec écran bitmap haute résolution, la souris, la technologie laser et Ethernet.

<sup>[4]</sup> initiales des 3 constructeurs : *DEC* (Digital Equipment Corporation), Intel et Xerox.

## **2.2. FastEthernet**

---

C'est la dénomination de l'extension à 100Mbps du réseau ethernet à 10Mbps. La technique d'accès au médium est la même (CSMA/CD half-duplex), les trames sont identiques mais la vitesse est multipliée par 10, ce qui impose de nouvelles contraintes quant au câblage.

Avec le succès et la baisse de coût de *fast-Ethernet*, on a commencé à voir des infrastructures mixtes. Il est donc devenu nécessaires pour les équipements de reconnaître la bande passante disponible pour adopter un fonctionnement optimal. Deux éléments font l'objet de « négociation » entre équipements :

- Le débit 10Mbps, 100Mbps (et 1Gbps aujourd'hui), additif 802.3u du standard.
- Le mode half-duplex ou full-duplex, additif 802.3x.

### **Auto-négociation**

---

Ce protocole est optionnel et fonctionne sur les médias à base de paires torsadées (sauf 100Base-T2) et de fibres optiques. Il permet à des unités multi-vitesses de sélectionner la meilleure vitesse (la plus adaptée) sur un lien. Ce protocole permet aussi à des éléments répéteurs (tels que les commutateurs) d'annoncer leur capacité à supporter le mode *full-duplex* sur tout ou partie de ses ports.

### **Mode Full-duplex (IEEE802.3x)**

---

Le mode « naturel » de fonctionnement d'un ethernet (CSMA/CD) est un mode half-duplex, dans lequel le média est partagé entre plusieurs stations (> 2). A tout moment les informations peuvent transiter dans un sens ou l'autre (mais jamais simultanément).

Le mode full-duplex est un mode optionnel qui autorise les communications simultanées dans les deux sens sur un lien en point-à-point (seules deux stations partagent le média), constitué de paires torsadées distinctes. Ainsi, un segment 100Base-TX peut fournir une bande passante

de 200 Mbps. Ce mode nécessite des mécanismes particuliers de contrôle de flux appelés *MAC Control* et *PAUSE*.

### Ethernet à 100Mbps

**Tableau 2.6. Ethernet sur paires torsadées**

IEEE 802.3u 100Base-T	
Support physique (100Base-T4)	câble de paires torsadées non blindées (UTP [ <i>Unshielded Twisted Pair</i> ]) de catégories 3, 4 ou 5 avec connectique de type RJ-45. Utilise 4 paires (1 pour l'émission, 1 pour la réception et 2 bi-directionnelles).
Support physique (100Base-TX)	câble de paires torsadées non blindées (UTP [ <i>Unshielded Twisted Pair</i> ]) catégorie 5 ou blindé (STP [ <i>Shielded Twisted Pair</i> ]) de catégorie 1. Connectique de type RJ-45. Utilise 2 paires (émission, réception). Supporte le mode <i>full-duplex</i> à 200 Mbps avec les équipements le permettant.
Longueur max.	100 m par segment
Topologie physique	Etoile

**Tableau 2.7. Ethernet sur fibres optiques**

IEEE 802.3u 100Base-FX	
Support physique	câble de fibre optique multi-modes (62,5/125 $\mu\text{m}$ ) avec connectique de type ST ou SC
Longueur max.	400 m
Topologie physique	Etoile

### 2.3. Gigabit Ethernet

Les câbles en paires torsadées de catégorie 5 sont en général certifiés pour des fréquences maximales allant jusqu'à 100 MHz et le passage au *Gigabit Ethernet* pose de nouvelles difficultés, ce qui a conduit à une version de la couche physique qui est une fusion de deux technologies : IEEE 802.3 et *Fiber Channel ANSI X3/T11* (FDDI). Cette fusion reprend la

trame IEEE802.3 et la méthode d'accès *CSMA/CD (half-duplex)* ce qui permet d'assurer la compatibilité avec les couches supérieures.

### Ethernet à 1 Gbps

Il existe deux grandes familles de média : 1000BaseX à base de fibres optiques (IEEE 802.3z) et 1000BaseT (IEEE 802.3ab).

**Tableau 2.8. Ethernet sur paires torsadées**

IEEE 802.3ab 1000Base-T	
Support physique	câble de paires torsadées non blindées (FTP [ <i>Foilded Twisted Pair</i> ]) catégorie 5 ou catégorie 6 (200Mhz) ou 7 (600Mhz). Connectique de type RJ-45. Supporte le mode <i>full-duplex</i> à 2 Gbps avec les équipements le permettant.
Longueur max.	100 m par segment
Topologie physique	Etoile

**Tableau 2.9. Ethernet sur fibres optiques**

IEEE 802.3z 1000Base-X	
Support physique (1000Base-LX)	fibre multi-modes ou mono-mode. Utilisation d'un laser grandes ondes. Destiné aux backbones de campus.
Longueur max. (1000Base-LX)	3000 m
Support physique (1000Base-SX)	câble de fibre optique multi-modes. Utilisation d'un laser ondes courtes.
Longueur max. (1000Base-SX)	500 m

## 10 GIGABIT ETHERNET (IEEE 802.3ae)

Qu'est-ce que l'Ethernet et sa déclinaison en 10 Gbit/s ?

L'Ethernet est une technologie de réseau local chargée d'établir la liaison entre toutes les machines connectées à un réseau informatique. Elle utilise pour cela des adresses de réseau unique (MAC) auxquelles elle adresse son message. La gestion des envois de messages est régie par l'algorithme CSMA/CD, qui écoute le réseau, détecte les collisions et renvoie le message en cas de problème. L'Ethernet utilise la plupart du temps des paires de fils de cuivre torsadés de manière à relier les ordinateurs entre eux en raison du rapport qualité / prix de ces fils. L'IEEE, organisme de standardisation des réseaux, désigne l'Ethernet sous la codification 802.3. Le 10 Gbit/s, déclinaison du principe des réseaux Ethernet, cherche à normaliser le principe de fonctionnement d'un réseau local fonctionnant à ce type de débit. Jusqu'à la fin des années 1990, l'Ethernet se limitait à un débit maximum de 1 Gbit/s pour le transfert de données. Depuis 2003, le 10 Gbit/s se trouve au catalogue de la majorité des constructeurs de matériel réseau. Il est entièrement compatible avec les réseaux 10/100/1 000 Mbit/s Ethernet.

### **A quels usages est-il destiné ?**

A des systèmes de stockage en réseau ou à des systèmes transactionnels à gros volume nécessitant un temps d'accès et de mise à jour proche de l'immédiateté, ce qui inclut les progiciels de gestion intégré (ERP) ou les bases de données relationnelles par exemple. Mais même pour ces usages, quelques liens 1Gbit/s redondés peuvent suffire pour nombre d'entreprises. Aussi, le 10 Gbits/s se limite encore aujourd'hui au cœur de réseau, davantage sollicité du fait de la montée en puissance des applications en mode ASP, du développement de la mobilité en entreprise, de la voix sur IP et des intranets. Aussi, pour fournir à l'utilisateur final un débit moyen de 100 Mbit/s, il faudra mettre en place des commutateurs 1 Gbit/s Ethernet sur les points d'entrée du réseau d'entreprise et des commutateurs 10 Gbit/s Ethernet pour relier ces relais. Outre cet usage, le 10 Gbit/s Ethernet s'adresse à des clients comme la recherche scientifique, les universités et les opérateurs de télécommunication qui restent très consommateurs de bande passante.

### **Quelles sont les limites à son déploiement ?**

Tout d'abord son prix, qui le destine dans un premier temps aux grands comptes. Ainsi un commutateur 8 ports 10 Gbit/s Ethernet se trouve sur le marché à plus de 10 000 euros en prix public, contre 300 euros pour un commutateur 24 ports 1 Gbit/s. La deuxième limite de cette technologie se situe actuellement dans la densité de ses commutateurs, c'est-à-dire le nombre

de liens que supporte l'appareil. Aujourd'hui de 1 à 8 ports, les prochains commutateurs devront rejoindre les 16 à 24 ports de la technologie 1 Gbit/s Ethernet. Dernier inconvénient, le câblage du 10 Gbit/s Ethernet impose l'utilisation de la fibre optique sur des réseaux longue distance (supérieur au kilomètre) ou à l'utilisation de câbles coaxiaux en cuivre d'une longueur de 15 mètres maximum. Cela impose donc souvent aux entreprises de changer leur câblage pour bénéficier du 10 Gbit/s Ethernet. Une norme en cours de validation doit permettre d'exploiter des câbles de cuivre en paire torsadée de catégorie 6a ou 7 sur une distance de 100 mètres.

### **A quoi correspondent les différents médias du 10 Gbit/s Ethernet ?**

Ils servent à définir des infrastructures normalisées pour les réseaux 10 Gbit/s Ethernet sur courte et moyenne distance. Le média 10GBASE-SR dispose d'une portée de 82 mètres maximum sur fibre optique multimode. A l'inverse, le 10GBASE-LX4 utilise le multiplexage pour étendre la distance à 300 mètres et jusqu'à 10 kilomètres sur une fibre optique monomode. Enfin, les 10GBASE-LR et ER portent de 10 à 40 kilomètres le flux de données sur un réseau fibre optique monomode.

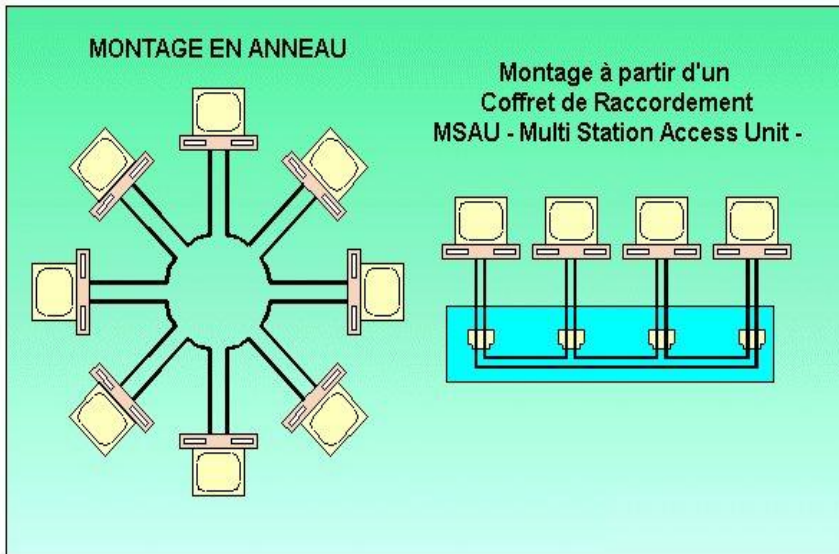
### **Quelles perspectives après le 10 Gbit/s Ethernet ?**

La limite physique d'une liaison Ethernet se situe à 40 Gbit/s par longueur d'onde mais n'offre pas à ce débit un niveau de qualité optimal. Toujours en utilisant la fibre optique mais en remplaçant le signal binaire (0 ou 1) par un signal à trois niveaux (positif, négatif ou nul) la société Lucent Technologies est parvenue à mettre au point en laboratoire une transmission de données stable à 100 Gbit/s. Sur des connexions non stables, les chercheurs sont déjà parvenus à dépasser un débit de 1 Tbit/s.

## **RESEAU TOKEN RING**

### **1. INTRODUCTION**

En 1981 IBM annonce les premiers prototypes d'anneau à jeton.



- C'est un réseau de transmission **en anneau** interconnectant des stations entre elles par une succession de liaisons point à point.
- vitesse = **16 Mbps**
- méthode d'accès **token ring** défini par la norme **802.5**

plus complexe qu'un réseau Ethernet et plus cher qu'un réseau Ethernet

## 2. CABLAGE

Câblage type 3 (UTP cat 3) : connecteurs RJ45

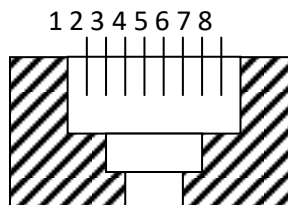
MAU → panneau de brassage : maxi.= 2,5 m

Panneau de brassage → prise bureau : maxi.= 45 m

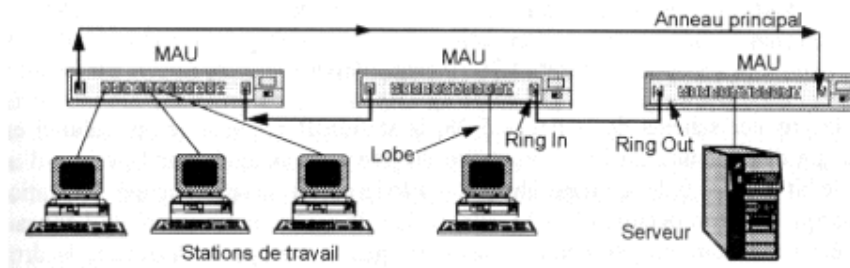
Prise bureau → station : maxi.= 2,5 m

Type 3 ⇒ 72 stations maximum sur un anneau (9 MAU de 8 ports).

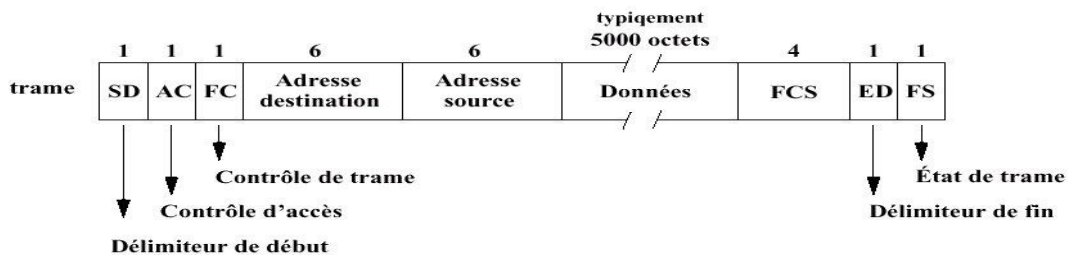
- |        |            |
|--------|------------|
| 3 ⇒ R+ | blanc/vert |
| 6 ⇒ R- | vert       |
| 4 ⇒ T+ | bleu       |
| 5 ⇒ T- | blanc/bleu |



Chaque MAU possède deux prises appelées RI (Ring In) et RO (Ring Out) pour permettre une extension du réseau.

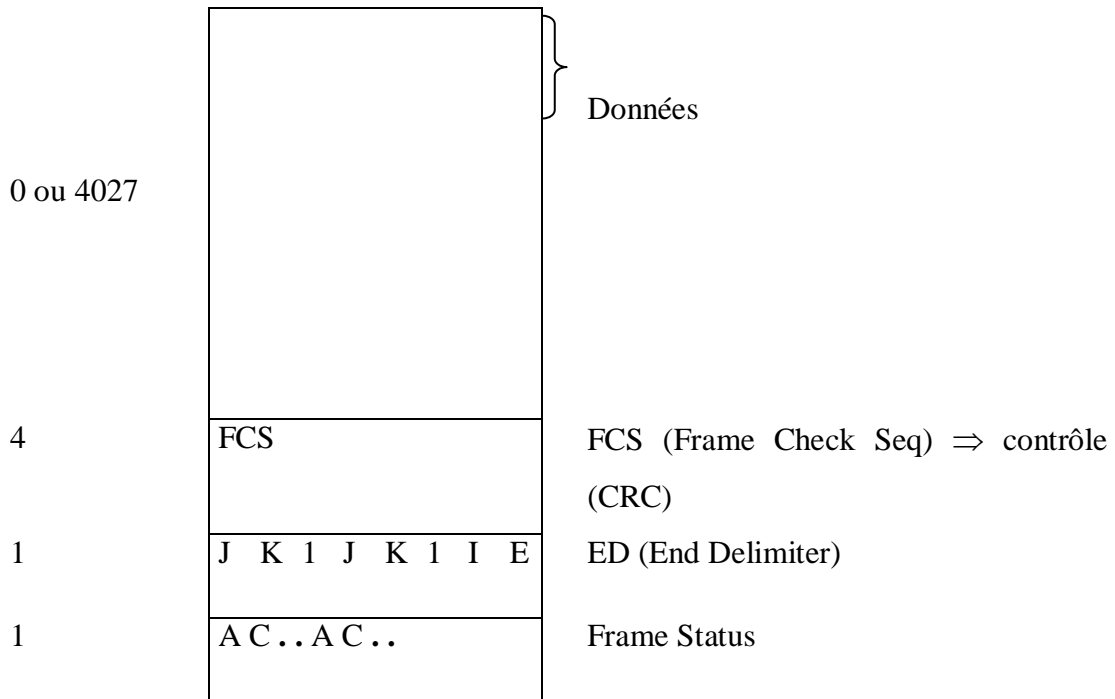


### 3. STRUCTURE DE LA TRAME TOKEN RING



### 4. FORMAT DE LA TRAME

Nombre d'octets	Champ	Signification
1	J K 0 J K 0 0 0	SD (Start Delimiter)
1	P P P T M R R R	AC (Access Control)
1	B B X X X X X X	FC (Frame Control)
6	DA	DA (Destination Address) Adresse MAC destinataire
6	SA	SA (Source Address) Adresse MAC source



**Remarque : Le jeton est constitué des champs SD + AC + ED**

- **CHAMP SD (START DELIMITER) :**

Il indique le début de transmission de la trame.

Les symboles **J** et **K** permettent de délimiter sans ambiguïté le début et la fin de trame.

- **CHAMP AC (ACCESS CONTROL) :**

Il contient des informations sur le jeton.

**Bits PPP** donnent 8 niveaux ( $2^3$ ) différents de priorité du jeton.

**Bit T** : Si T = 1 ⇒ le jeton est capturé

Si T = 0 ⇒ le jeton est libre

**Bit M** : bit « monitor » → supervision du réseau

Lorsque la trame capturée traverse la station de supervision, elle positionne le bit M à 1.

Si elle revoit une trame passée avec le bit M à 1, elle considère que la station émettrice n'a pas libéré le jeton.

Alors, la station de supervision (ou monitor) libère elle-même le jeton.

**Bits RRR** : réservation de priorité

Lorsqu'une station veut émettre, elle attend le jeton.

Si celui-ci est occupé, elle le réserve en positionnant les bits RRR.

- **CHAMP FC (FRAME CONTROL) :**

L'octet de contrôle de trame du réseau 802.5 définit le type de trame qui circule sur l'anneau.

Les bits permettent de distinguer les trames de données, des trames de contrôle

**Bits BB :** indiquent le type de trame

00  $\Rightarrow$  trame MAC (contrôle)      *contrôle du réseau*

01  $\Rightarrow$  trame LLC (données) *le contrôle LLC est un contrôle de trame d'info*

- **CHAMP DA ET SA :**

Adresses MAC destinataire et source.

- **CHAMP DONNEES.**

Contient les données à transmettre venant des couches supérieures

- **CHAMP FCS (FRAME CHECKSUM) :**

Contrôle des erreurs par algorithme

- **CHAMP ED (END DELIMITER) :**

Les bits J et K permettent d'identifier la fin de trame (JK1JK1).

**Bit I :** informe le destinataire qu'une trame de même origine suit celle reçue ou que la trame est unique.

Bit I = 1  $\Rightarrow$  cela indique que l'émetteur a une autre trame à émettre.

**Bit E :** Permet de détecter une erreur, indication de la station réceptrice.

Bit E = 1  $\Rightarrow$  la station réceptrice n'a pas reçue correctement la trame (mauvais CRC, défaut d'amplification,...)

- **Frame Status :**

Sert particulièrement pour la circulation du jeton.

## 5. CIRCULATION DU JETON

La circulation du jeton est définie lors de la configuration de l'anneau.

Une station qui voit passer un jeton libre le capture puis émet ses trames.

L'acquiescement se fait par retour du message à l'émetteur qui le retire de l'anneau et vérifie les bits A et C en fin de trame.

Pour **E = 0 :**

Si A=0 et C=0  $\Rightarrow$  le destinataire n'est pas actif

Si A=1 et C=0  $\Rightarrow$  le destinataire est actif mais n'a pas recopié la trame

Si A=1 et C=1  $\Rightarrow$  le destinataire est actif et a recopié la trame

## 6. EXEMPLE DE CAPTURE D'UNE TRAME SUR ANNEAU :

10 40 00 00 B8 A0 CE 51 00 00 B8 A0 D1 33 AA AA 03 00 00 00 08 00 45 00 .. ..

**CORRECTION**

- AC :

0001 0000

⇒ T=1 ⇒ trame capturée

⇒ M=0 ⇒ le monitor n'a pas encore vu la trame

⇒ PPP et RRR à 0 ⇒ pas de priorité ni de réservation

- FC :

0100 0000

⇒ bits BB=01 ⇒ données LLC

- DA :

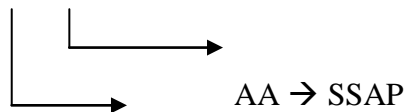
00 00 B8 A0 CE 51

- SA :

00 00 B8 A0 D1 33

- Trame LLC :

AA AA 03 → 03 → Contrôle : 0000 0011 ⇒ trame non numérotée (trame U)



AA → DSAP

AA correspond à une trame SNAP (SubNetwork Access Protocol)

SNAP (couche2) : couche protocolaire supérieure à LLC

- Trame SNAP :

00 00 00 08 00 → code protocole (ici IP)



champ OUI (Organizational Unit Identifier) : champ spécifique au protocole SNAP.

00 00 00 : validation du même procédé que le constructeur.

**ARCHITECTURE FDDI**

(*Fiber Distributed Data Interface*)

## I - Généralités

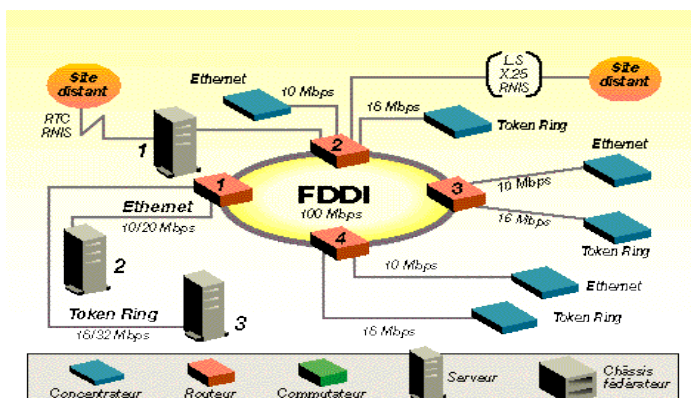
### I.1 - Introduction

Le besoin croissant en bande passante a créé le développement de nouveaux standards qui se sont imposés. FDDI fait partie de ces standards. FDDI suit la norme ISO 9314 (ANSI X3T9.5) qui a été standardisé dans le milieu des années 1980. Ce type de réseau est fréquemment utilisé comme Backbone pour des réseaux locaux ou leurs interconnexions. Ce document décrit cette norme en quelques pages aussi bien du point de vue technique que du point de vue économique, ainsi que les évolutions ...

### I.2 - Pourquoi FDDI ?

FDDI répond à trois besoins simples:

- Le besoin d'interconnexion des réseaux locaux par des réseaux fédérateurs
- Des débits élevés évitant ainsi tout goulot d'étranglement
- Raccordement de stations à haut débit (Visioconférence, Vidéo, Son en temps réel ...)



Les débits élevés sont garantis par la large bande passante que procure l'utilisation de la fibre optique, on notera que les principaux avantages de la fibre optique sont l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques et une faible atténuation, ce qui, dans certains domaines hostiles, peut être très important (usines, aéroport ...)

### I.3 - Les caractéristiques

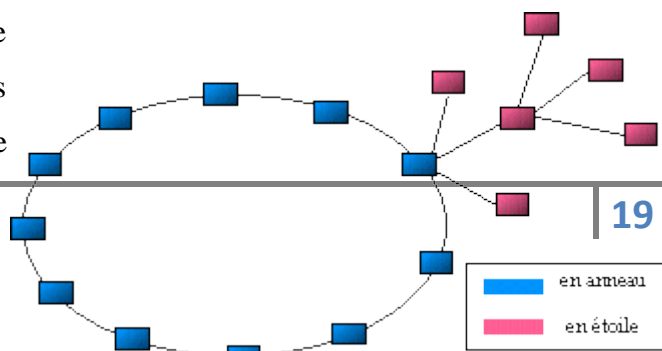
Débit nominal	100 Mbit /s
---------------	-------------

Type de trafic	Synchrone / Asynchrone
Distance	200 Km de longueur de fibre, soit 100 Km de distance Max
Diamètre de l'anneau	31 Km sous forme de boucle
Distance maximale entre les nœuds (stations)	2 Km
Taille des trames	£ 4 500 octets
Transmission	Bande de base et codage des données 4B/5B - NRZI
Méthode d'accès	Jeton temporisé sur boucle
Architecture	Double anneau, reconfiguration en cas de défaillance de l'un des anneaux
Topologie	Double anneau en fibre optique utilisant la technique du jeton
Support physique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibre optique multimode 62,5/125</li> <li>• <b>Monomode</b></li> </ul>
Module de gestion	Intégré au réseau : Station management (SMT)
Nombre de stations	500 à 1000 stations suivant la classe

## II - La standard FDDI

### II.1 - Topologie

FDDI fonctionne selon une topologie logique en anneau. Les machines peuvent être

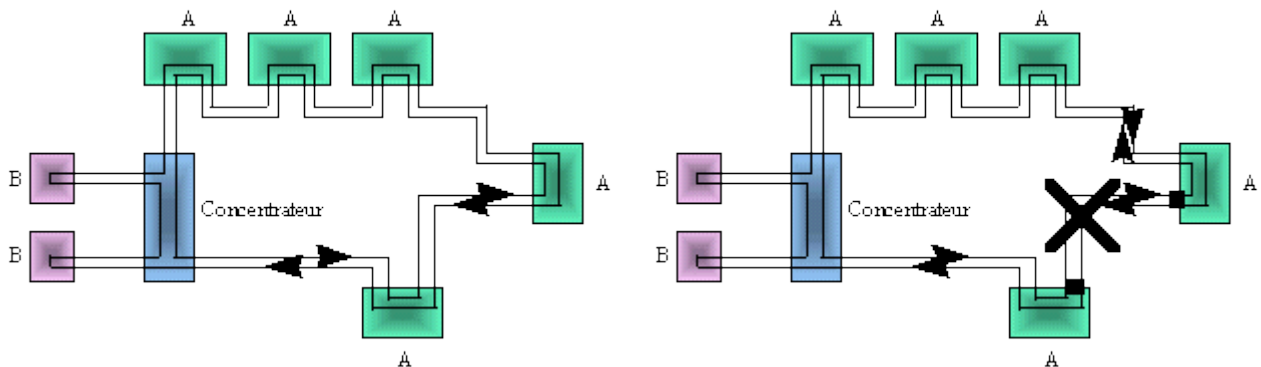


interconnectées soit en étoile à la sortie d'un concentrateur, soit directement sur l'anneau (cette dernière possibilité est plutôt réservée aux serveurs et aux stations de travail rapides, vus les prix des adaptateurs correspondants).

Les données circulent normalement sur l'anneau principal; en cas de défaillance, le trafic bascule automatiquement sur l'anneau secondaire (dit de secours). Certains constructeurs de matériels proposent des variantes qui mettent les deux anneaux à contribution; ce procédé permet de doubler la bande passante.

Les équipements disposent de connecteurs pour accéder à l'un ou l'autre des anneaux, voire au deux. Ces équipements sont répartis en trois classes:

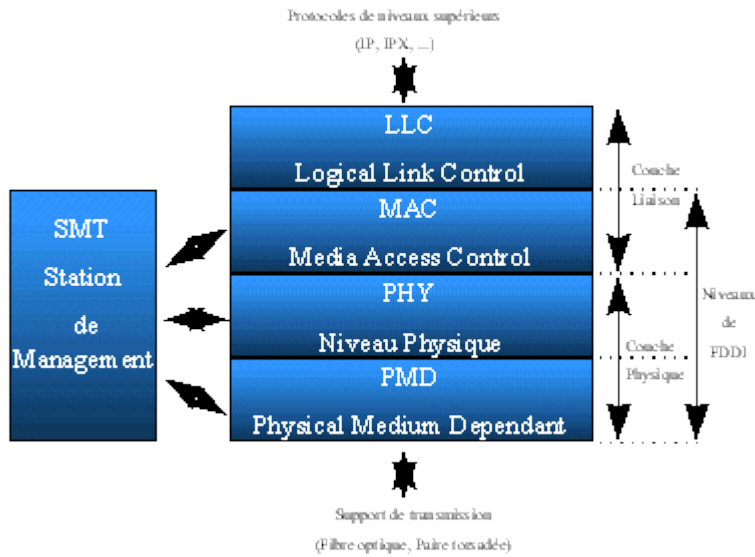
Classe A	Les stations reliées aux deux anneaux simultanément. DAS: Dual Attachment Station.
Classe B	Les stations reliées à un seul anneau. SAS: Single Attachment Station.
Classe C	Les concentrateurs FDDI



En cas de panne d'une liaison entre deux stations voisines (rupture d'un câble, par exemple), les stations en aval et en amont rebouclent l'anneau primaire sur l'anneau secondaire, de manière à reconstituer de façon automatique un nouvel anneau. Si plus d'une rupture survient au même moment, l'anneau se scinde en deux sous réseaux.

## II.2 - Intégration au modèle OSI

FDDI divise les couches Physique et Liaison du modèle OSI en deux sous-couches



#### a) Couche physique

- Physical Layer Medium (PMD):

Définit les caractéristiques de transmission du média, incluant les liens fibres optiques, le taux d'erreur par bit, les composants optiques et le type de connecteurs.

- Physical Layer Protocol (PHY):

Définit les procédures d'encodage/décodage des données, le traitement de l'horloge, les états de la ligne et de la trame, et bien d'autres fonctions.

#### b) Couche liaison

- Media Access Control (MAC)

Définit comment le média est accédé, incluant le format des trames, le protocole Timed-Token (Jeton temporisé), l'adressage, les algorithmes pour calculer les cycliques redondants, vérifier les valeurs transmises et les mécanismes de récupération d'erreurs.

- Logical Link Control (LLC)

Définit les moyens pour échanger des données entre plusieurs utilisateurs LLC.

#### c) SMT

SMT définit la gestion de réseau qui inclut différents services tels que :

- Configuration des stations (Initialisation du système)

- Reconfiguration de l'anneau (Insertion ou retrait d'une station, déconnexion des organes défaillants ...)
- Caractéristiques de contrôle de l'anneau (Temporisation, statistiques)

Cette station va aussi gérer les service :

- Synchrones : service permettant la transmission de la vidéo mais non isochrone, le jeton revient à la station de départ après un temps bornée mais qui est variable à l'intérieur de cette contrainte.
- Asynchrone : bande passante variable en fonction de l'encombrement du support ...

#### II.4 - Description de la trame

Le format des trames est similaire au format des trames Token Ring:

Format d'une trame FDDI



Format d'un jeton FDDI

##### Preamble (PA):

Il contient au moins 16 symboles IDLE pour permettre l'acquisition de la synchronisation bit. Contrairement à l'émetteur, les stations en aval qui répètent la trame ou le jeton avec leur propre horloge peuvent modifier la taille de ce champ.

##### Start Delimiter (SD):

Indique le début de la trame.

##### Frame Control (FC):

Donne le type de trame et ses particularités. Les bits définissent successivement:

- La classe synchrone ou asynchrone.
- La longueur des champs d'adresse (16 ou 48 bits).

- Le jeton.
- Les trames de type MAC.
- Les trames de gestion SMT.
- Les trames de données LLC, avec éventuellement un niveau de propriété.

Destination Address (DA):

Ce champ contient l'adresse d'une station (unicast), d'un ensemble de stations (multicast) ou de toutes les stations (broadcast). La taille de ce champ est de 6 octets, elle est identique à celle d'Ethernet et de Token Ring.

Source Address (SA):

Ce champ permet d'identifier la station émettrice. Sa taille est également de 6 octets.

Data:

Ce champ peut avoir différents aspects: il peut être vide, contenir un nombre pair de symboles ou contenir des informations de contrôle mais en aucun cas il pourra avoir une taille supérieure à 9000 symboles (soit 4500 octets).

Frame Check Sequence (FCS):

Ce champ contient la valeur du calcul du CRC (Cyclique Redundancy Check). Il est rempli par la station émettrice en fonction du contenu de la trame. Ce procédé est identique à celui utilisé par Ethernet et Token Ring. La station de destination recalcule cette valeur afin de déterminer si la trame a été endommagée pendant la transmission. Si tel est le cas, elle sera détruite.

End Delimiter (ED):

Il contient un symbole T (Terminate) dans le cas d'une trame ou deux symboles T dans le cas d'un jeton.

Frame Status (FS):

Ce champ valide la trame et ses conditions de réception: E signifie erreur, A adresse reconnue et C adresse copiée.

### III - Les évolutions

#### III.1 - TPDDI (Twisted Pair Distributed Data Interface)

Les coûts engendrés par la fibre optique étant importants, les constructeurs se sont orientés vers des solutions plus économiques.

TPDDI permet de porter FDDI sur des supports de type paires torsadées. Les distances de transmission vont de 30 à 100 mètres en fonction de la qualité des paires torsadées. On distingue deux architectures :

- CDDI : Copper Distributed Data Interface ( paires torsadées non blindées )
- SDDI : Shielded Distributed Data Interface ( paires torsadées blindées )

### III.2 - FDDI II

FDDI II provient de l'incapacité de FDDI à véhiculer simultanément voix et données sur des réseaux comportant un grand nombre de nœuds. Une technique de type jeton est apte à assurer une régularité dans l'accès, mais le temps de traitement dans chaque nœud peut devenir très important sur des réseaux comportant de nombreuses stations.

FDDI II permet un fonctionnement hybride :

- Les données sont de type paquet et isochrone. Dans ce cas, un multiplexeur hybride (H-MUX) dirige les données soit vers P-MAC (Paquet MAC) ou I-MAC (Isochronous MAC).
- Les trames sont répétées périodiquement à une fréquence de 8 Khz.

### III.3 - FFOL (FDDI Follow On Lan)

FFOL est un successeur potentiel de FDDI. Les débits sont de l'ordre de 150 à 2500 Mbit/s, largement inspirés des débits SONET/SDH des réseaux publics.

Cette technologie comporte trois objectifs principaux :

- La transmission des données, de la voix, et de la vidéo dans des réseaux locaux à très haute vitesse.
- FFOL supporterait l'interconnexion de réseau FDDI de première génération
- Le support des canaux FDDI-2 ou des canaux large bande

## IV - Matériels

Voici une liste des prix des appareils permettant de construire un réseau FDDI. Ces prix vous donnent un ordre de grandeur, ils proviennent de grands fabricants de matériel d'interconnexion informatique, à savoir: Bay Networks, 3 COM, Digital, HP, IBM, Cabletron, Cisco Compaq, Madge, ...

Matériels	Prix	Renseignements complémentaires.
Carte adaptateur	Entre 5 et 10 kFrs	Chez 3 COM, par exemple
Sonde	Entre 15 et 120 kFrs	En fonction du nombre de ports.
Analyseur de protocole	Entre 60 et 120 kFrs	
Commutateur	Entre 20 et 150 kFrs	En fonction de la technologie de commutation et des différents réseaux qu'il est capable de supporter
Routeur fédérateur	Entre 100 et 700 kFrs	En fonction de la rapidité et du nombre d'équipements pouvant être routés.
Fibre optique		

De plus amples renseignements sur les produits proposés par ces fournisseurs peuvent être consultés sur les Webs personnels de ces entreprises ou à l'URL suivante:

[http://www.reseaux-telecoms.fr/guides/frm\\_lg.htm](http://www.reseaux-telecoms.fr/guides/frm_lg.htm)

## V - Conclusion

FDDI est synonyme d'expérience, autrement dit de stabilité, de pérennité. Pour bâtir un réseau fédérateur à 100 Mbps, FDDI reste la technologie la plus sûre, avec des équipements dont l'interopérabilité est garantie par les normes. Chassée de l'actualité par les nouvelles technologies haut débit 100 VG Anylan, 100Base-T et ATM, FDDI est une solution intéressante pour les entreprises (Banque, Assurance, organisme scientifique ou administration "sensible" telle que la Défense ou la Recherche) qui doivent résoudre des problèmes de congestion de réseaux, de performances et surtout de sécurité. Malgré un coût connexion quatre fois supérieur à celui de l'Ethernet 100 Mbps et identique à celui de l'ATM 25 Mbps, FDDI séduit toujours, ou, plus exactement, rassure.

## VI - Bibliographie

<http://www.iol.unh.edu/testsuites/fddi> FDDI Consortium, laboratoire de test de produits FDDI

<http://www.pasteur.fr/cgi-bin/mfs/01/11xx/1188> RFC 1188 : IP Datagrams over FDDI Networks

<http://www.pasteur.fr/cgi-bin/mfs/01/12xx/1285> RFC 1285 : FDDI Management Information Base

<http://www.pasteur.fr/cgi-bin/mfs/01/13xx/1329> RFC 1329 : Address Resolution for Dual MAC FDDI Networks

<http://www.pasteur.fr/cgi-bin/mfs/01/13xx/1390> RFC 1390 : Transmission of IP and ARP over FDDI Networks

<http://www.transtec.fr/doi> Produits FDDI

Les réseaux : Guy PUJOLLE aux éditions Eyrolles

[http://www.cisco.com/warp/public/729/c5000/swfet\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/729/c5000/swfet_wp.htm)

[http://www.data.com/Tutorials/FDDI\\_Fundamentals.htm](http://www.data.com/Tutorials/FDDI_Fundamentals.htm)

Pratique des réseaux d'entreprise aux éditions Eyrolles

## **DQDB**

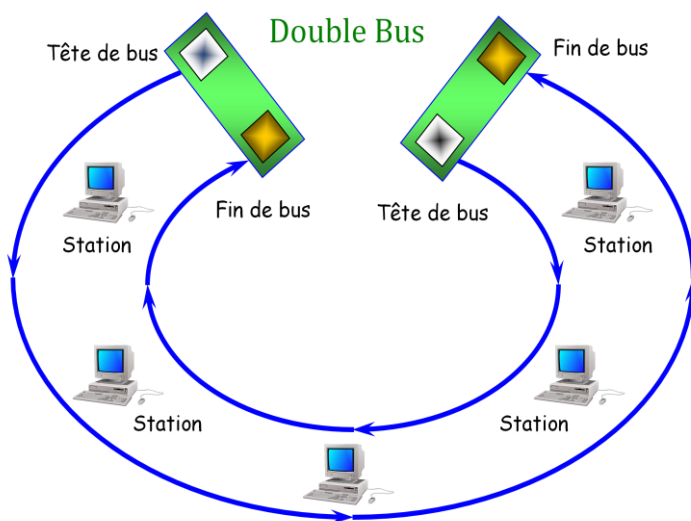
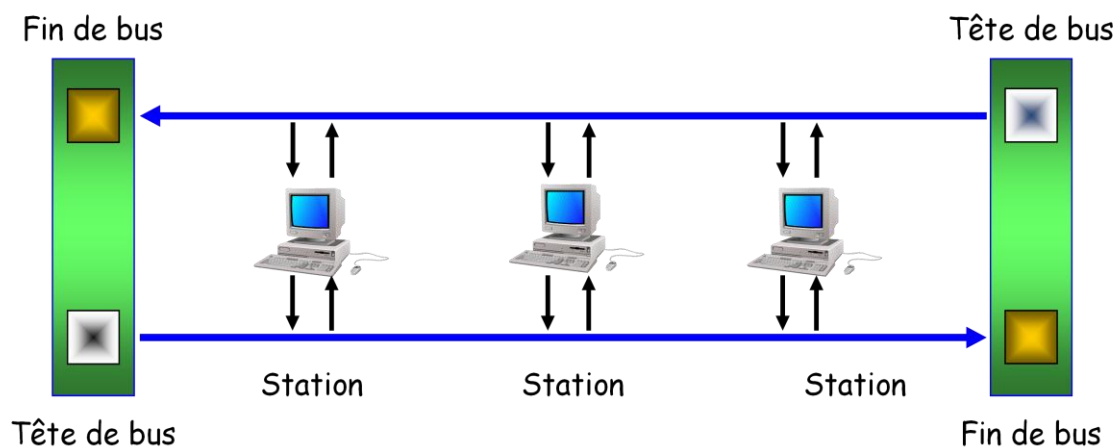
### **DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS**

#### **RESEAUX D'INTERCONNEXION**

- L'interconnexion des LAN par des réseaux métropolitains permet l'extension du partage de ressources informatiques par les utilisateurs.
- Deux normes ont été proposées à ce jour pour les réseaux métropolitains :
  - FDDI (fiber distributed data interface)
  - DQDB (distributed queue dual bus)
- Le FDDI se cantonne à des réalisations strictement privées et DQDB vise la constitution de réseaux publics.
- D'origine australienne, DQDB est une norme définie par le comité IEEE 802.6 pour construire des réseaux métropolitains.
- La proposition de QPSX (société australienne) créée par *TELECOM AUSTRALIA* et l'université *WESTERN AUSTRALIA* a servi de base à l'élaboration de cette norme.
- DQDB est destinée à la mise en œuvre de réseaux métropolitains publics de la taille d'un campus ou d'une région.
- Un man de type DQDB peut couvrir une surface de 150 km bien que la distance maximale ne soit pas précisée par la norme.

- La topologie du réseau DQDB est constituée d'une paire de bus unidirectionnels et de sens inverse.
- Pour pouvoir émettre et recevoir des données, chaque station est connectée en émission et réception sur chaque bus.
- Sur chaque bus, le temps est discrétisé en tranches de temps appelées slots ou cellules.

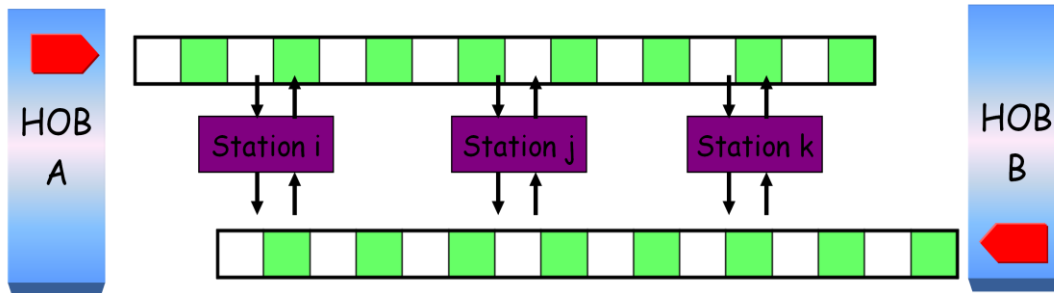
### DOUBLE BUS



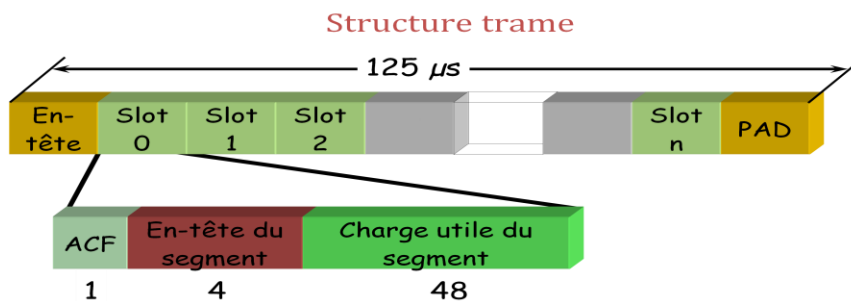
### ACCES AU SUPPORT

- L'accès à la transmission se fait par l'intermédiaire d'un train continu de cellules ou slots de taille fixe qui circule sur chaque bus.

- Comme les bus sont unidirectionnels et fonctionnent en sens inverse, les stations du réseau effectuent un routage en fonction de la destination de leur émission.



- Les slots ou les cellules sont architecturés en trames lesquelles sont émises au rythme d'une toutes les 125  $\mu$ s.
- Chaque trame de 125  $\mu$ s contient outre les slots DQDB, un en-tête et une fin de trames utilisées pour la synchronisation des stations.
- Chaque slot comprend 53 octets, avec 5 octets pour le header et 48 octets pour la charge utile.



**ACF Access Control Field**

BB	Type slot	R	PSR	REQ 3	REQ 2	REQ 1	REQ 0
----	-----------	---	-----	-------	-------	-------	-------

BB (Busy Bit) = indique l'état d'occupation de la cellule (libre = 0)

Type = indique le type de la cellule et par conséquent le type de service autorisé à l'utiliser :

0 = trafic asynchrone

1 = trafic isochrone

PSR (Previous Slot Reserved) = permet la réutilisation du slot lors de sa propagation sur le bus.

REQ (Request) = permet la mise en œuvre d'un mécanisme de priorité.

### Services offerts

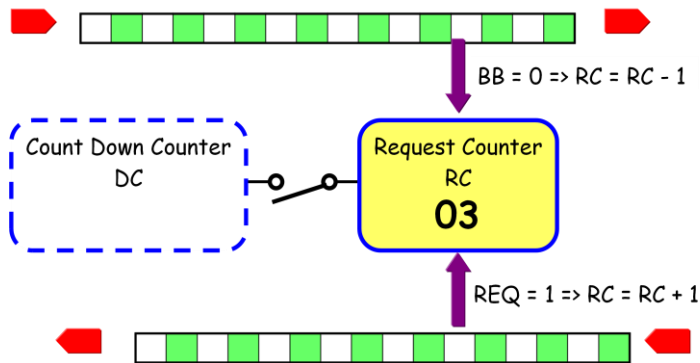
- L'unité d'accès DQDB intègre deux classes de trafic :
  - Un trafic isochrone (PA = Pre-Arbitrated)
  - Un trafic asynchrone (QA = Queue Arbitrated)
- Le trafic isochrone présente de fortes contraintes temporelles devant reproduire au mieux, à la réception, la structure temporelle des données à l'émission.
- Le trafic asynchrone ne présente pas de contraintes temporelles quant à la restitution des données à la réception. Deux possibilités :
  - Sans connexion
  - Avec connexion

### Accès au médium

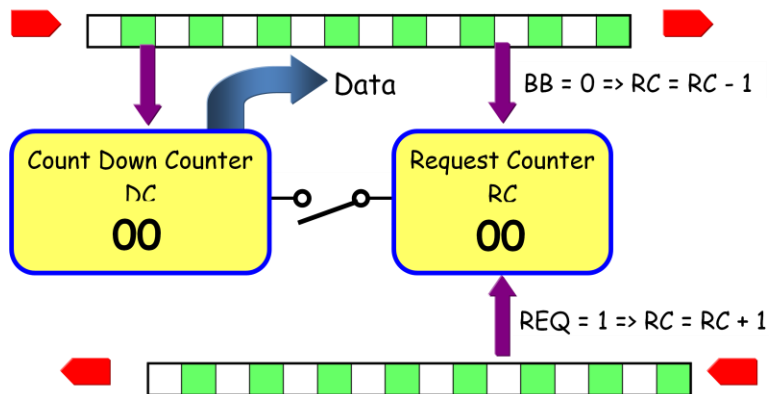
- Il existe deux types de slots DQDB (différencié par un bit dans le champ de contrôle d'accès ACF) qui correspondent à deux exploitations possibles :
  - Soit une exploitation pré arbitrée (PA), où la station se voit attribuer en toute propriété l'usage partiel ou complet d'un ou plusieurs slots grâce à l'identificateur de circuit contenu dans l'en tête. Permet ainsi l'établissement d'un circuit entre deux stations (trafic isochrone).

Soit une exploitation dite par arbitrage (QA), qui permet à plusieurs stations d'utiliser les slots de façon statistique. Le partage s'effectue grâce à la gestion des files d'attente distribuée dans l'ensemble des stations connectées au double bus.

## Protocole à file distribuée (DQ)



## Protocole à file distribuée (DQ)



## Services offerts

- Les MAN basé sur le protocole DQDB offrent un service de commutation par paquet en mode sans (ou avec) connexion (datagramme).
- Chaque datagramme est acheminé par le réseau comme une unité de données indépendante des précédentes.
- L'interconnexion de LAN à travers un MAN nécessite des UIF. Le protocole DQDB réalise le transport des PDU par encapsulation.

Datagramme

