

1. présentation générale :

C'est un réseau local en bande de base développé par IBM.

Token Ring définit les couches "physique" et "liaison" du modèle OSI (comme Ethernet).

Il n'y a pas de poste de commandement du réseau, l'intelligence" est répartie sur les unités connectées.

couches OSI		Token Ring	Ethernet
2 Liaison	contrôle Lien Logique (LLC)	802.2 : trames	
	contrôle Accès Physique (MAC)	802.5 : jeton	802.3 : csma/cd
1 Physique	encodage/décodage	Manchester différentiel	Manchester
Support physique	câble	paires torsadées	Coaxial Paires torsadées Fibre optique

2. principe de base du protocole Token Ring

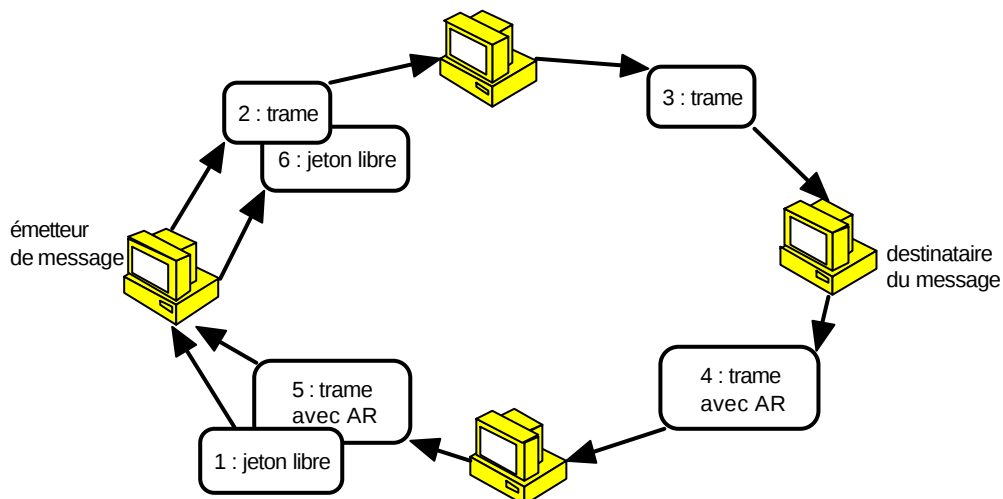
Les terminaux sont reliés entre eux en anneau. Un "jeton" circule sur l'anneau de station en station en étant régénéré au passage (il représente un droit à la parole).

Le jeton est matérialisé par une trame qui circule en permanence sur l'anneau.

Un bit particulier de cette trame indique l'état du JETON : libre ou occupé.

Une station qui veut envoyer un message à une autre **attend le jeton libre**, elle y accroche son message avec l'adresse du destinataire. Le jeton passe à l'état **occupé**, ce message circule sur l'anneau de station en station, le destinataire prend en compte le message, et le réémet avec un indicateur d'accusé de réception (trame non erronée, destinataire présent, trame copiée).

Quand la station originaire du message reçoit à nouveau le message, elle envoie un jeton libre à la suivante.

**3. caractéristiques principales :**

Normalisation IEEE 802.2 (couche LLC) et 802.5 (couche MAC)

Débits normalisés : 4 et 16 Mbit/s

Codage des bits en Manchester différentiel : 0= même front que le précédent, 1= front opposé

câblage en paires de cuivre torsadées (voir les différents types de câbles ci dessous)

un seul anneau permet de raccorder 260 stations

plusieurs anneaux peuvent être raccordés par des "ponts"

4. topologie :

- Bien que la structure logique du réseau soit un **anneau**, la structure physique est une **étoile**, centrée sur une unité de raccordement (concentrateur de terminaux passifs) à laquelle on rattache jusqu'à 8 stations, et qui est appelée MAU (Medium Access Unit).
- Plusieurs MAU peuvent être interconnectées pour augmenter la taille du réseau.

Réseau minimal : 2 stations sur 1 MAU

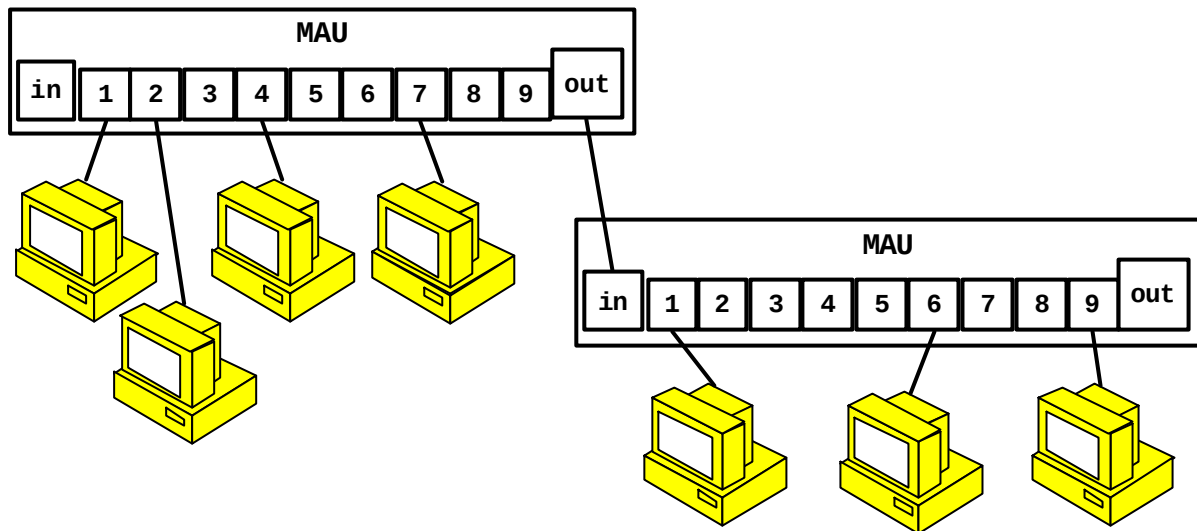
Extensions 1 : 8 stations sur 1 MAU

2 : 2 MAU interconnectées directement (200 m max.)

3 : 2 MAU distantes interconnectées

avec répéteurs cuivre : de 200 à 750 m

avec répéteurs fibre optique : jusqu'à 2000 m

**5. caractéristiques détaillées :**

Longueur totale de l'anneau principal : 366 m max.

Une MAU 8 stations compte pour 4,9 m de câble.

Un anneau principal sans pont supporte 33 MAU 8 stations max.

Longueur max. d'un lobe (distance entre MAU et nœud) : 101 m.

Câble type 1 : 2 paires écrantées cuivre monobrin 0,6 mm avec blindage général

Câble type 2 : 2 paires écrantées cuivre multibrin 0,4 mm avec blindage général (limité aux jarretières)

Câble type 3 : 2,3 ou 4 paires non écrantées Cu monobrin 0,5 mm

6. protocole et structure de trame :

L'anneau est l'ensemble des lignes **unidirectionnelles** reliant les stations (paire symétrique).

Sur l'anneau, le flot binaire doit être **ininterrompu**, ce qui permet de maintenir le synchronisme entre les fonctions transmission des stations.

L'insertion d'une station dans l'anneau ne se fait pas sans dommage et entraîne des erreurs de transmission dont la correction est prise en charge par le protocole gérant la couche physique, et en particulier par la station assurant la surveillance active de l'anneau ("**active monitor**").

Toutes les stations insérées dans l'anneau doivent être synchronisées au niveau bit, donc horloge unique fournie par la station "active monitor".

Les stations non "active monitor" extraient l'horloge du signal Manchester différentiel pour réémettre avec ce même rythme.

Unité de raccordement (MAU) : permet de contrôler l'insertion et le retrait d'une station dans l'anneau.

Contenance de l'anneau : c'est la capacité d'accueil dynamique d'un anneau, exprimée en nombre de bits, elle est variable d'un anneau à l'autre ; sur un anneau donné, elle dépend du nombre de stations insérées (variable dans le temps).

Surveillance active (= active monitor) : c'est une entorse au postulat qu'il n'y a pas de hiérarchie parmi les stations, pas de station maître qui distribue le droit d'émettre aux autres.

La fonction de surveillance active a pour but de permettre au réseau de commencer à fonctionner dès que 2 stations deviennent actives sur l'anneau, et par la suite de résoudre les conflits. Au moment de l'activation des premières stations, l'une d'entre elles se verra confier, après la résolution d'une situation de contention éventuelle, la responsabilité :

- de fournir le signal d'horloge de synchronisation bit
- de générer de jeton initial
- de surveiller la circulation du jeton et des trames
- de fournir la "mémoire de correction de contenance" ou "latency buffer", permettant à l'anneau initial (2 stations et très peu de câble) de contenir la totalité du jeton, et en régime de croisière de corriger les distorsions d'indétermination dues à la régénération des impulsions par les répéteurs équipant chacune des stations.

Ces possibilités spécifiques existent potentiellement dans chaque station, mais ne sont actives à un instant donné que dans une station. C'est une des premières stations à se manifester qui prend en charge la fonction de supervision.

Deux types de trames circulent sur l'anneau (en plus du jeton libre) :

- les trames de production LLC/PDU (logical link control/protocol data unit) : transfert de données ou d'infos de contrôle venant des couches supérieures
- les trames de supervision MAC/PDU (medium access control/protocol data unit) : utilisées par la sous-couche MAC et les fonctions supervision du réseau local.

Un mécanisme de **priorité** à affectation dynamique permet :

- la transmission synchrone (par ex. pour transmettre la voix numérisée en temps réel)
- asynchrone pour les transactions de type interactif
- immédiate pour les fonctions de supervision

Couche MAC : contrôle d'accès physique

fonctions principales :

- transmission, supervision, maintenance du jeton
- transmission des trames info et supervision
- réception de certaines de ces trames
- retrait par la station émettrice des trames émises et réémission du jeton
- gestion du mécanisme de priorité
- identification par chaque station de la station précédente sur l'anneau, pour localisation précise des incidents
- signalisation d'une interruption du flot binaire synchrone, coupure de ligne,...

Jeton : trame de 3 octets

Marqueur de début	Contrôle	Marqueur de fin
-------------------	----------	-----------------

```

marqueur début : vv0vv000
contrôle       : pppTMrrr
marqueur de fin : vv1vv1IE
  v = viol= pas de front = niveaux 1 puis 0 ou 0 puis 1
  I = 1:trames à suivre, 0:dernière
  E = erreur détectée
  ppp = priorité courante
  rrr = réservation de priorité
  T = token = jeton (0:libre, 1:occupé)
  M = bit de supervision, contrôle de rotation des trames

```

Trame :

Marqueur de début	Contrôle d'accès	Contrôle de trame	Adresse destination	Adresse source	DATA	Marqueur de fin	status
-------------------	------------------	-------------------	---------------------	----------------	------	-----------------	--------

marqueur de début : comme jeton
 contrôle d'accès : comme jeton
 contrôle de trame : détermine la catégorie de la trame (MAC/PDU ou LLC/PDU)
 adresse destination : 16 ou 48 bits (2 ou 6 octets)
 adresse source : 16 ou 48 bits
 LLC/PDU ou MAC/PDU : champ données
 CRC : 16 bits
 marqueur de fin : comme jeton
 status de trame : accusé de réception, indique si le destinataire s'est reconnu

- octet contrôle d'accès :

Quand le jeton est transformé en trame, le bit T passe à 1. Lors du 1er passage à la station Active Monitor, le bit M est mis à 1. Si la trame repasse à cette station avec le bit M à 1, c'est qu'elle a passé 2 fois, donc anomalie, donc purge et nouveau jeton. Les bits ppp et rrr sont restaurés lors de la prise du jeton aux valeurs antérieures. Les bits rrr peuvent être modifiés par une station ayant une trame en attente de transmission, si cette station a une priorité supérieure à celle indiquée dans cette zone.

- octet contrôle de trame : type de trame dans les 2 premiers bits

00 : MAC/PDU

01 : LLC/PDU

10 et 11 : réservé

- trame MAC/PDU : initialisation et surveillance de l'anneau :

localisation des tronçons responsables des incidents,
 remise en activité de l'anneau après destruction du jeton,
 remplacement de la station Active Monitor en cas de défaillance,
 retrait des trames sans propriétaire actif

- trame de "production" LLC/PDU : transfert d'info en nombre entier d'octets**- octet status de trame :** ACrrACrr

A : 1 si adresse destinataire reconnue

C : 1 si trame copiée correctement

rr : réservé

7. interconnexions :

Les ponts (ordinateur ayant 2 cartes réseau) permettent d'interconnecter des anneaux sans conversion de protocole, pour former un réseau plus grand.

Les passerelles (ou GATEWAY) (ex: ibm 3274) permettent d'interconnecter des réseaux différents avec conversion de protocole, par ex. SNA - Token Ring

8. performances du réseau**- préliminaires :**

Pour minimiser la perte de temps, chaque station active ne retarde la réémission de la trame que d'1 temps de bit. Le temps d'occupation de l'anneau pour une trame est donc égal au temps nécessaire à la station source pour émettre la trame, plus le temps mis par 1 bit pour effectuer le tour complet de l'anneau.

L'anneau se comporte comme une ligne à retard. Le retard exprimé en nombre de bits est appelé "contenance de l'anneau" (Ring Latency).

Soit un réseau de 100 stations, 100m de câble entre 2 stations, débit de 4 Mbit/s :

Le temps de parcours de l'anneau est :

- 100 bits de retard, soit 25µs

- 10000m de ligne, permettant de contenir 200 bits, soit 50µs (1 bit occupe 50m de ligne)

Donc la capacité d'accueil de l'anneau est 300 bits (75µs) : c'est la "contenance de l'anneau".

Pour une longueur de trame de 1000 octets, soit 8000 bits, seulement 300 bits sont "sur l'anneau".

On considère que la transmission d'une trame est quasi immédiate.

- **efficacité du réseau :**

L'efficacité théorique est le rapport :

$\text{Eff} = \text{DTR} (\text{durée d'une trame}) / \text{TMY} (\text{temps moyen utilisé pour sa transmission})$

TMY : c'est le temps qui sépare 2 offres du droit à émettre séparées par une phase productive

TMY est composé de

- MCC (mémoire de correction de contenance) = 27 bits
- CC (capacité en bits des câbles), fonction de la longueur, de la vitesse, du débit binaire nominal
- NSOP (nbre de stations opérationnelles), nbre de bits retenus dans les dispositifs de régénération

La somme de ces 3 facteurs est multipliée par 1,5 (représente la rotation moyenne d'une trame et du jeton consécutif associé pour un anneau à pleine charge, c'est-à-dire la durée en période d'activité intense entre 2 acceptations probables du droit à émettre).

$$\text{Eff} = \text{DTR} / \text{DTR} + ((\text{CC} + \text{MCC} + \text{NSOP}) \times 1,5)$$

Eff diminue si

- le débit augmente (action sur CC)
- la longueur augmente (action sur CC)
- le nbre de stations augmente (action sur NSOP)
- la longueur des messages diminue (action sur DTR)

Au moment où une station est connectée à un anneau en activité, il se produit une erreur de transmission entraînant des "purgés" et des réactivations de l'anneau. L'efficacité est alors altérée jusqu'à ce que l'anneau soit de nouveau opérationnel.

- **exemple :**

longueur : 10000m de câble 50 stations débit : 4 Mbit/s

NSOP = 12,5µs (50 stations = 50 bits)

CC = 50µs (200 bits sur le câble)

MCC = 6,75µs (27 bits)

temps pour un tour de l'anneau : 69,25µs

soit contenance de l'anneau : 277 bits == temps entre 2 offres du droit à émettre

Si en moyenne le jeton libre fait 1,5 tour avant d'être saisi,
on obtient $\text{TMY} = 69,25 \times 3/2 = 104\mu\text{s} = 415 \text{ bits}$

Soit des messages de 1000 caractères en moyenne (2ms d'émission)

L'occupation de l'anneau pour 1 message est 2,104ms

L'efficacité est $2 / 2,104 = 95,05\%$

Si le nombre de stations est doublé, on ajoute 50 stations (12,5µs), donc TMY est augmenté de $12,5 \times 1,5 = 19\mu\text{s}$

L'efficacité devient 94,2%

Si la longueur des trames passe à 100 caractères, DTR = 0,2µs,

TMY ne change pas,

l'efficacité devient 65% pour 50 stations, 61,9% pour 100 stations

- **Conclusion :**

l'efficacité est meilleure pour des messages longs,

le nombre de stations influe peu sur l'efficacité.