Token Ring

Bruno Gauthier
gauthier@univ-mlv.fr

IUT Marne-la-Vallée
Services et Réseaux de Communication

Introduction

- **Token Ring** : réseau de transmission en anneau interconnectant des stations entre elles par une succession de liaisons point à point,
- réseau déterministe, avec acquittement de trame,
- vitesse = 4 / 16 Mbs,
- technologie développée à l'origine par IBM,
- normalisée par l'IEEE sous la norme 802.5,
- plus complexe qu'un réseau Ethernet,
- plus cher qu'un réseau Ethernet.

Description

- **Éléments constitutifs d'un réseau Token-Ring**
  - La station de supervision
  - Les stations de travail
  - Les périphériques locaux ou partageables
  - Le ou les serveurs
- **Différents types de dialogue**
  - Station-disque permettant l'accès aux fichiers d'un disque situé sur un serveur ou sur une station
  - Station-imprimante pour l'utilisation des périphériques partageables
  - Station-station pour l'échange de messages
- **Caractéristiques de la topologie**
  - Support en paire torsadée, coaxial 75 Ω ou fibre optique

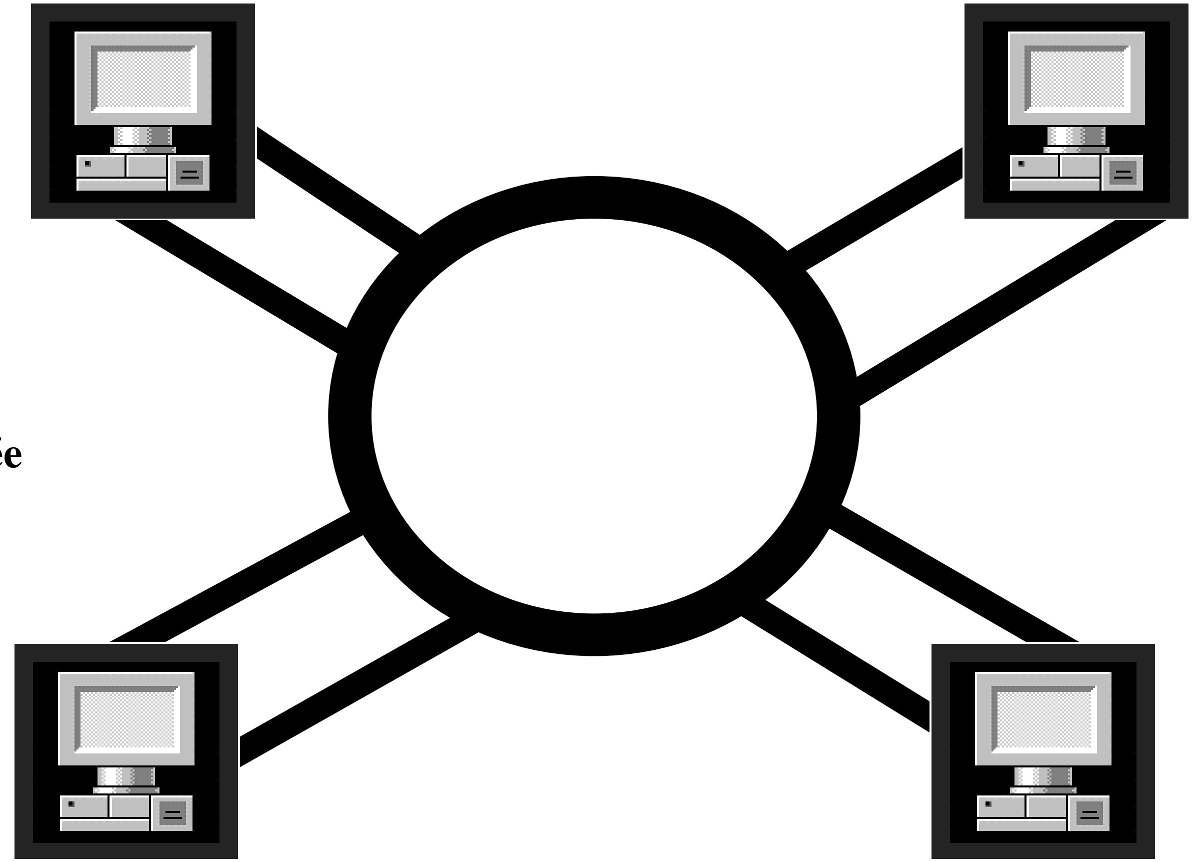
Principes de base (1)

- un anneau est constitué d'un ensemble de stations reliées entre elles par des liaisons point à point
- chaque station de l'anneau se comporte comme un répéteur renvoyant les trames qui ne la concernent pas vers la station située en aval selon le sens de rotation de l'anneau
- l'anneau est un média multipoint dans lequel :
  - une seule station peut émettre à un instant donné
  - la sélection de la station à émettre repose sur un mécanisme de jeton circulant dans l'anneau
- une station qui a le contrôle peut émettre un message vers un destinataire
- le message émis transite éventuellement par N stations intermédiaires situées sur l'anneau entre l'émetteur et le destinataire
- lorsque le destinataire reçoit le message, il en garde une copie pour lui-même et le ré-émet sur l'anneau
- lorsqu'une station se reconnaît comme l'origine du message, elle arrête sa propagation et transmet le jeton à son successeur

Principes de base (2)

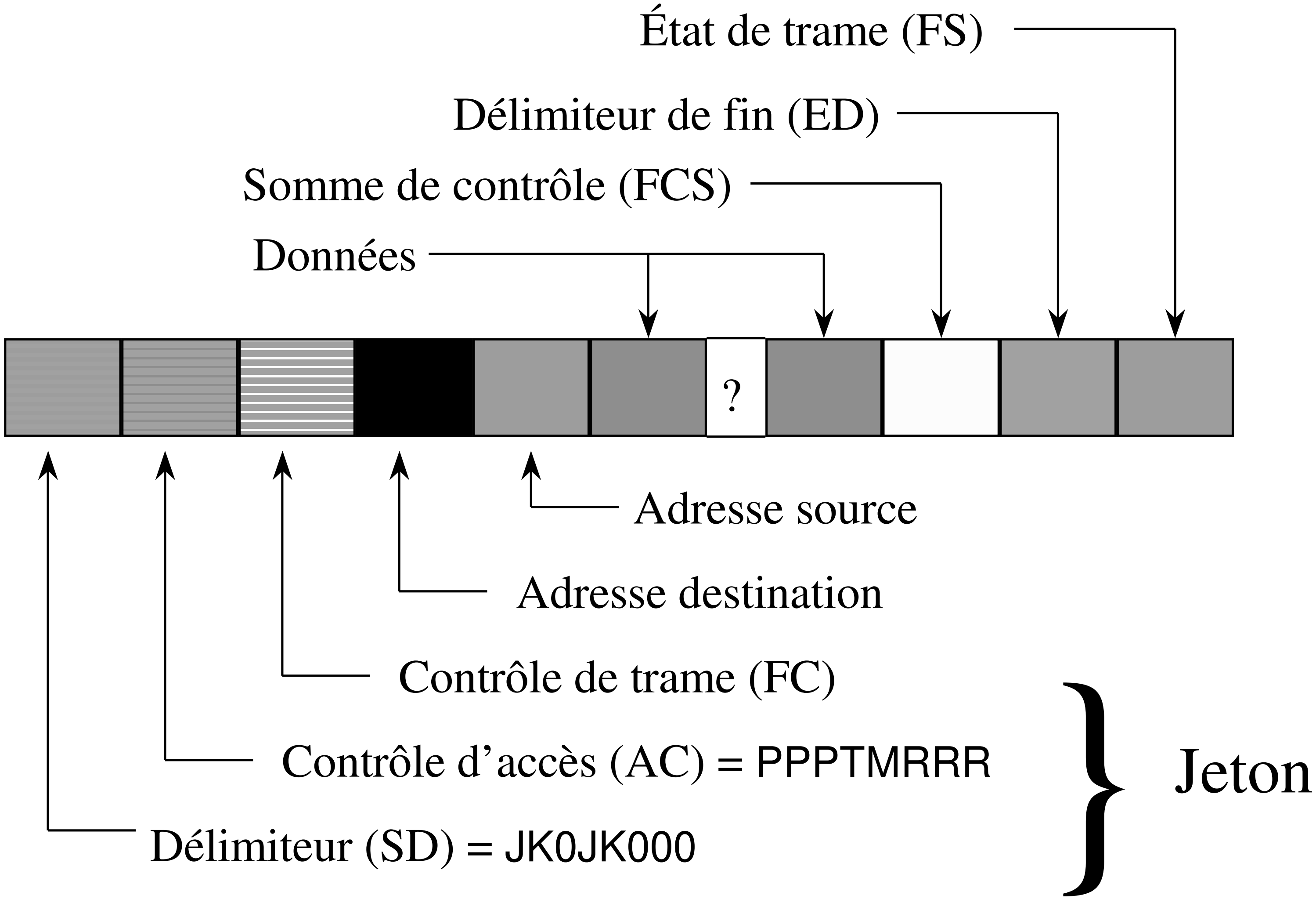
- une station peut émettre pendant 10 ms
- après émission d'une trame, la station peut émettre une nouvelle trame s'il reste suffisamment de temps pour le faire
- des priorités peuvent être affectées aux stations
- le jeton comporte une indication de priorité
- si le message à émettre a la priorité requise lors du passage du jeton, la station peut émettre, sinon elle passe le jeton à la station suivante
- un *moniteur de contrôle* supervise le fonctionnement du réseau

Circulation du jeton, capture du jeton et trames



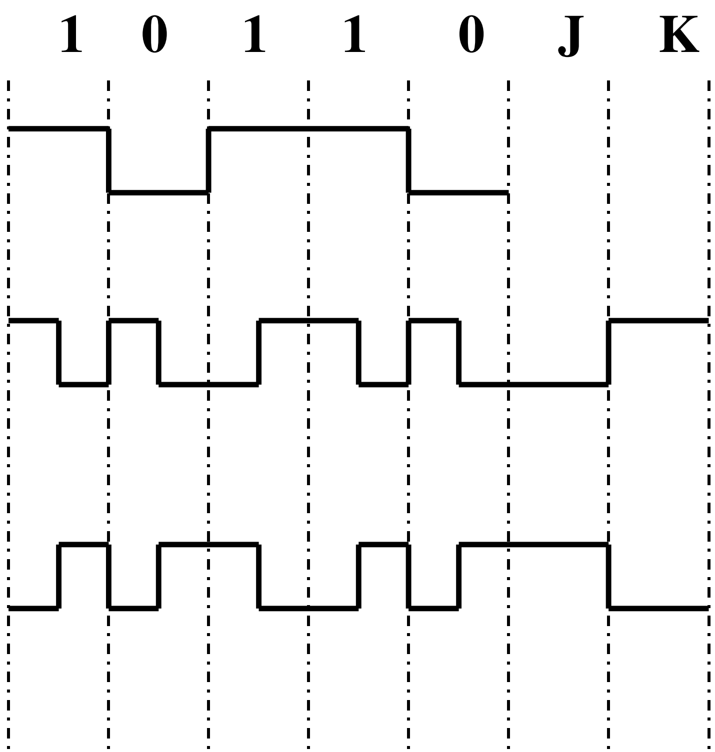
- **Jeton libre**
- **Trame**
- **Trame acquittée**

Format de la trame IEEE 802.5



Format de la trame IEEE 802.5

- SD (Starting Delimitor) : permet à la couche physique de reconnaître le début de la trame ; les codes non-données J et K ne représentent ni un bit à zéro ni un bit à un ; il s'agit dans le codage manchester de deux temps bits sans transition.



0 : La première moitié du bit est en polarité inverse du précédent

1: La première moitié du bit est de même polarité que le précédent

J: Un bit complet de même polarité que le précédent

K: Un bit complet de polarité inverse du précédent.

Format de la trame IEEE 802.5

- AC (Access Control) : contient les informations nécessaires à la gestion du jeton:
  - PPP (Priority) : bits de priorité de l’anneau (0 = la plus faible, 7 = la plus forte),
  - T (Token) : égal à 0 s’il s’agit d’un jeton et égal à 1 s’il s’agit d’une trame,
  - M (Monitor) : utilisé par le Moniteur sur l’anneau pour marquer la trame. Mis à zéro par l’émetteur, à 1 par le contrôleur de réseau (Monitor) lorsqu’il voit passer la trame ; si ultérieurement le contrôleur voit passer la trame avec M=1, il retire la trame du réseau car cette trame a circulé plus d’un tour dans l’anneau et la station émettrice ne l’a pas retirée.
  - RRR (Réservation) : bits de réservation de priorité ; permet à une station de réclamer une priorité supérieure ; dans ce cas le prochain jeton sera généré avec la priorité RRR.

Format de la trame IEEE 802.5

❑ FC (Field Control) définit le type de la trame :

Champ commande de la trame	Nom de la commande	Objet
00000000	Test d'adresse (DAT)	Test si deux stations sur l'anneau ont la même adresse
00000010	Reconfiguration (BEACON)	Localisation d'une station défaillante
00000011	Recherche du jeton (CT)	Tentative de devenir Moniteur
00000100	Purge (PRG)	Initialisation de l'anneau
00000101	Moniteur présent (AMP)	Utilisé par le moniteur pour signaler sa présence
00000110	Moniteur potentiel (SMP)	Signale la présence d'un moniteur potentiel
01000000		Trame LLC

Format de la trame IEEE 802.5

- DAT (Duplicate Address Test frame) : si une station est insérée dans l'anneau, elle émet deux fois cette trame. Si les trames reviennent avec le bit A=0, la station peut prendre cette adresse et rester dans l'anneau ; sinon elle se retire de l'anneau.
- AMP (Active Monitor Present), SMP (Stand-by Monitor Present), NAUN (Nearest Active Upstream Neighbour) : ces trames permettent de reconfigurer l'anneau;
- CT (Claim Token) : en cas de problème sur l'anneau tel que :
  - l'AM détecte la perte d'un signal,
  - time-out avant retour de la trame AMP,
  - ne peut recevoir sa propre trame Ring Purge,
  - une station (Stand-by Monitor) détecte la perte d'un signal,
  - l'AM est en dérangement,
  - une station qui se connecte ne détecte pas l'AM, ...

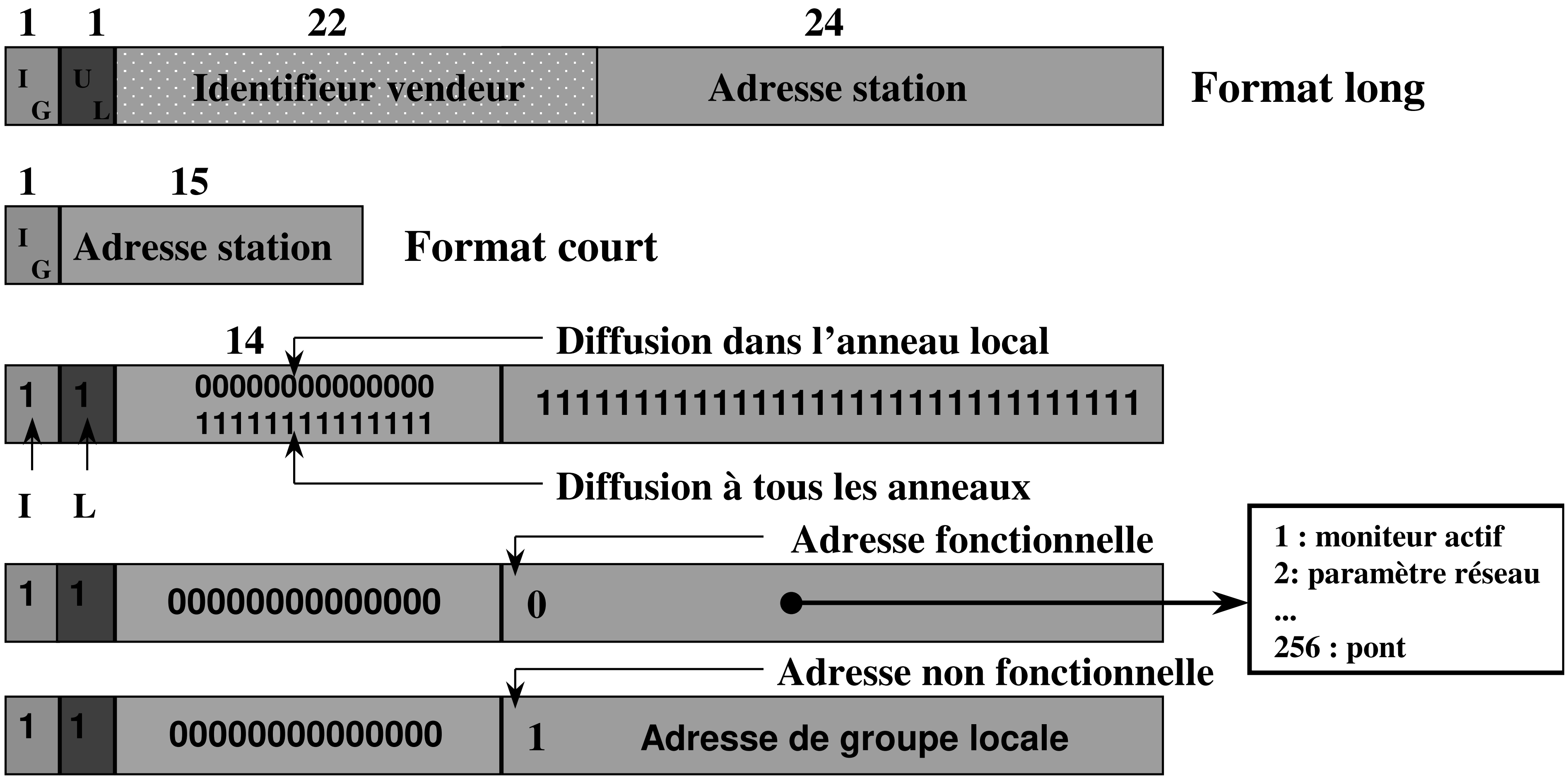
  La procédure CT démarre. Ceci se fait par l'émission d'une trame CT de la part de la station ayant découvert le problème; la procédure se termine par la désignation de la station ayant le rôle de l'AM qui dès lors purge l'anneau, génère un jeton, démarre les timers de contrôle.

Format de la trame IEEE 802.5

- BEACON : cette trame est émise afin que la station destinatrice effectue un test local après s'être déconnectée de l'anneau (déconnexion physique au niveau de l'adaptateur). Si l'autotest est concluant, elle se réinsère dans l'anneau.
- PRG : lorsqu'une station reçoit cette trame, elle doit effacer toutes ses données relatives à la gestion de l'anneau (exemple : valeur de priorité du jeton, ...).

Format de la trame IEEE 802.5

- DESTINATION ADDRESS, SOURCE ADDRESS : adresses destination et source telles que spécifiées dans la norme 802 pour les boucles :



Format de la trame IEEE 802.5

- FCS (Frame Check Sequence) : contrôle basé sur calcul polynomial,
- ED (End Delimitor) `(JK1JK1IE)` :
  - le bit E (Error) est mis par toute station détectant une erreur de trame (FCS, violation de code, ...);
  - le bit I (Intermediate) indique que la trame sera suivie par une autre trame de la même source.
- FS (Frame Status) `(rrACrrAC)` : ce champ contient deux paires de bits A (Adresse reconnue) et C (trame copiée). Lorsqu'une station reconnaît une trame qui lui est destinée, elle positionne le bit A dans la trame puis la copie dans ses buffers internes et recalcule la séquence de contrôle; si celle-ci est correcte, la station positionne le bit C dans la trame. Lorsque la trame est reçue ultérieurement par l'émetteur, celui-ci déduit ce qu'il est advenu à la trame d'après les informations contenues dans A et C :
  - si A = C = 0, le destinataire n'est pas actif,
  - si A = 1 et C = 0, destinataire actif, mais trame non copiée,
  - si A = C = 1, le destinataire est actif et la trame a été copiée.

Ceci constitue un acquittement implicite pour chaque trame.

L'animation du jeton

- le jeton est géré par toutes les stations qui coopèrent sur l'anneau,
- tout jeton a un niveau de priorité courante PPP, et un niveau de priorité réservée RRR,
- toute trame à émettre a un niveau de priorité Pm,
- à un instant donné le jeton est soit libre, soit occupé,
- une trame de priorité Pm ne peut pas capturer un jeton libre de priorité PPP si Pm < PPP, car celui-ci est destiné à une station ayant une trame de priorité égale à PPP à émettre,
- la station peut réserver un jeton en positionnant le champ RRR à la valeur désirée Pm, si Pm > RRR (valeur courante),
- lorsqu'une station capture le jeton, elle maintient en interne, l'ancienne priorité du jeton qu'elle restituera ultérieurement, après émission des ses trames, si entre temps aucune réservation de priorité plus grande n'a été effectuée.

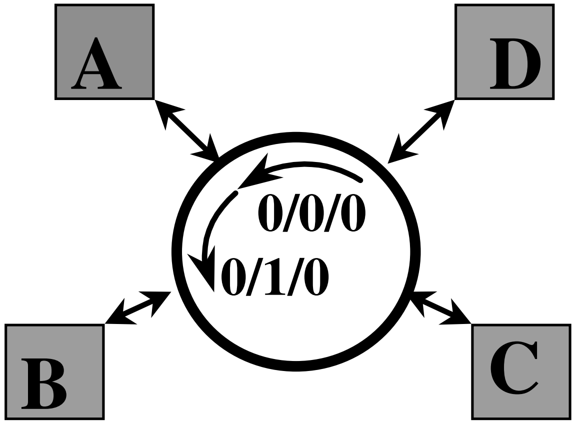
L'animation du jeton

En conclusion, une station ayant une trame de priorité Pm à émettre, effectue les actions suivantes :

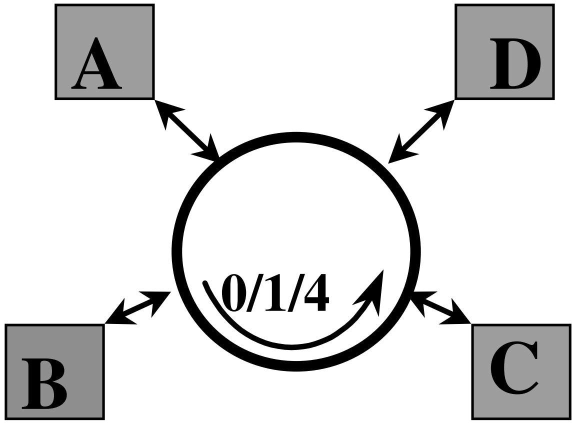
- ❑ Si le jeton est libre, et PPP <= Pm, la station capture le jeton, transmet sa trame de priorité Pm et conserve en interne l'ancienne valeur de PPP; lorsque la station n'a plus de trame à émettre ou que la priorité de celle-ci est inférieure à PPP, elle libère le jeton avec PPP = Max (RRR courant, ancienne valeur de PPP) et RRR = 0,

- ❑ Si le jeton n'est pas libre et RRR < Pm la station réserve un jeton de priorité Pm en positionnant RRR=Pm; ultérieurement quand le jeton actuel sera libéré et si entre temps aucune autre station ne surenchérit RRR, elle obtiendra le jeton et émettra son message,

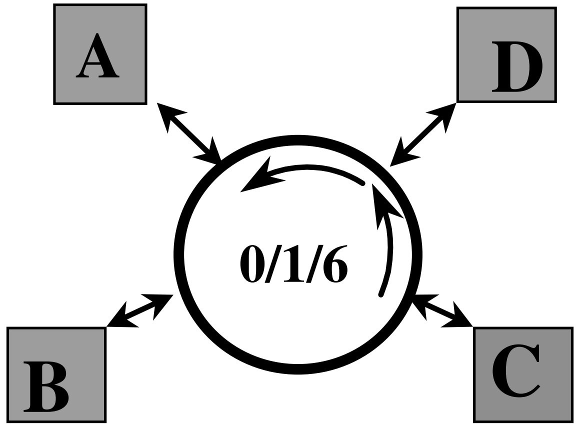
- ❑ Si le jeton est libre et PPP > Pm, la station laisse passer le jeton mais peut effectuer la réservation selon les règles définies ci-dessus.



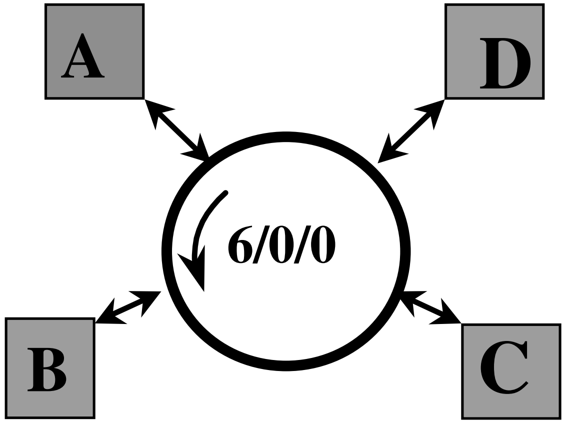
Le jeton 0/0/0 circule dans l'anneau
A a une trame de priorité 0 à émettre vers C et capture le jeton. Elle transmet donc le jeton 0/1/0 à B.



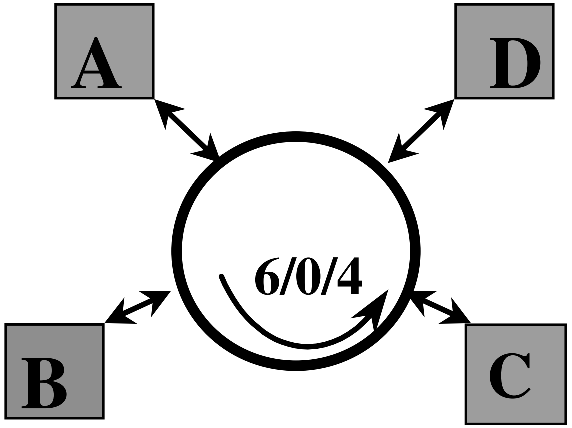
La station B désire émettre une trame de priorité 4 vers D. elle surenchérit le RRR à 4. Le message de A parvient à C.



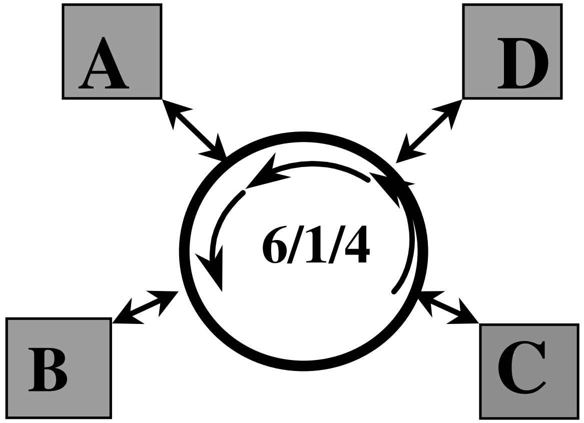
La station C reçoit la trame de A;
De plus elle désire émettre une trame de priorité 6 vers B. Elle surenchérit RRR à 6.



La station A retire son message .
Elle n'a pas d'autre trame à émettre et génère un jeton de priorité 6.



B ne peut utiliser le jeton et inscrit à nouveau RRR=4.



C prend le jeton puis émet sa trame vers B. D et A répètent la trame. B reçoit la trame de C et n'ayant rien à émettre, ne fait rien.

Le traitement des erreurs

- Les erreurs récupérables : ne nécessitent pas d'intervention humaine

Erreur	Action
Perte du moniteur de contrôle	Procédure de Claim Token
Casse, perte ou retard du jeton	Processus de purge du jeton
Erreur de FCS, bits A et C non positionnés, perte de trame	Récupération au niveau LLC (demande de retransmission)

- Les erreurs intermittentes : peuvent nécessiter une intervention humaine:

Erreur	Action
Erreur d'adressage	reconfiguration
Congestion du réseau	Rechercher la cause et remplacer l'élément défaillant (exemples: port trop lent, problème mémoire)
Erreur de ligne	Reconfiguration, câblage

Le traitement des erreurs
(câble émission défectueux)

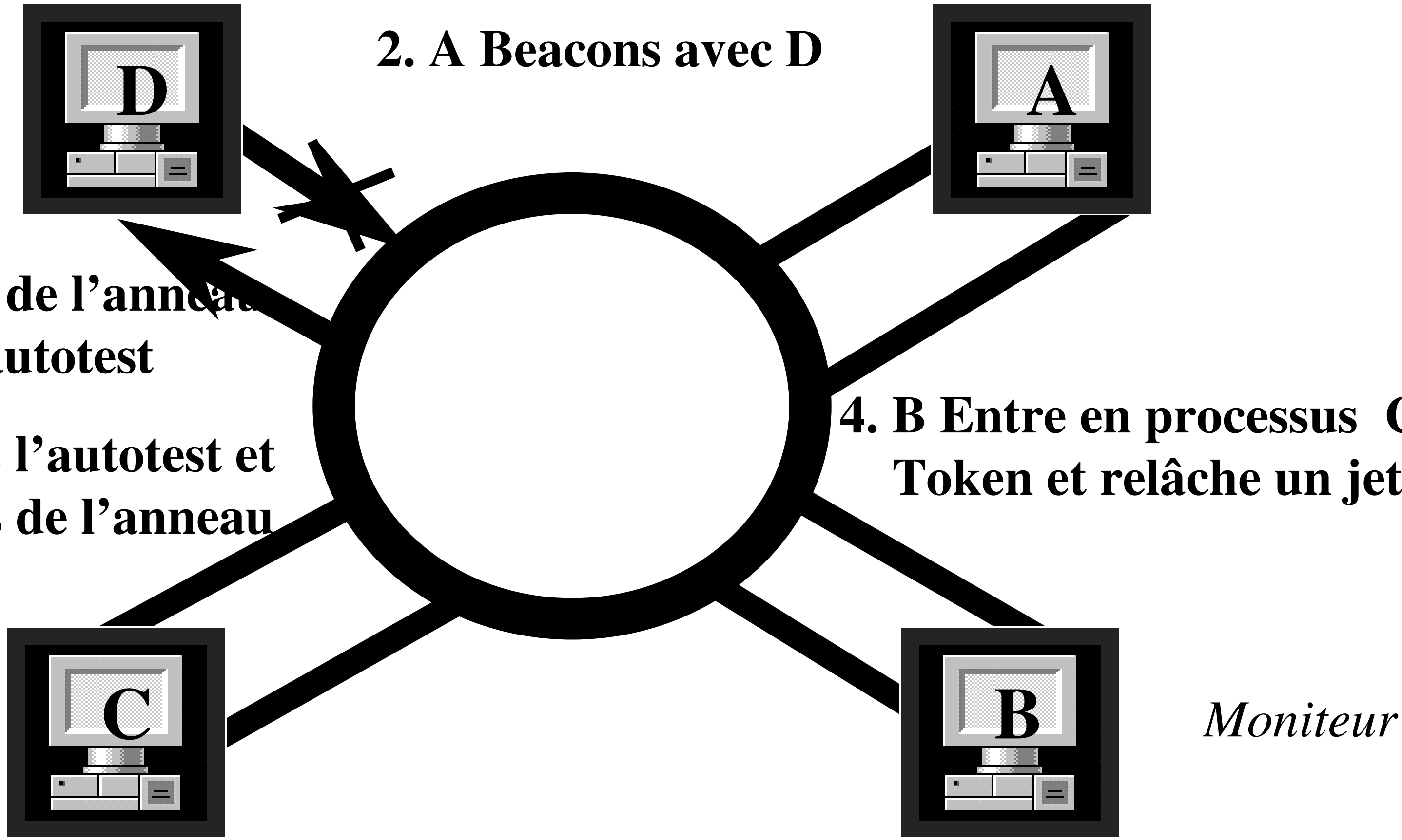
1. A entre en processus Claim Token

2. A Beacons avec D

3. D se désinsère de l'anneau et effectue un autotest

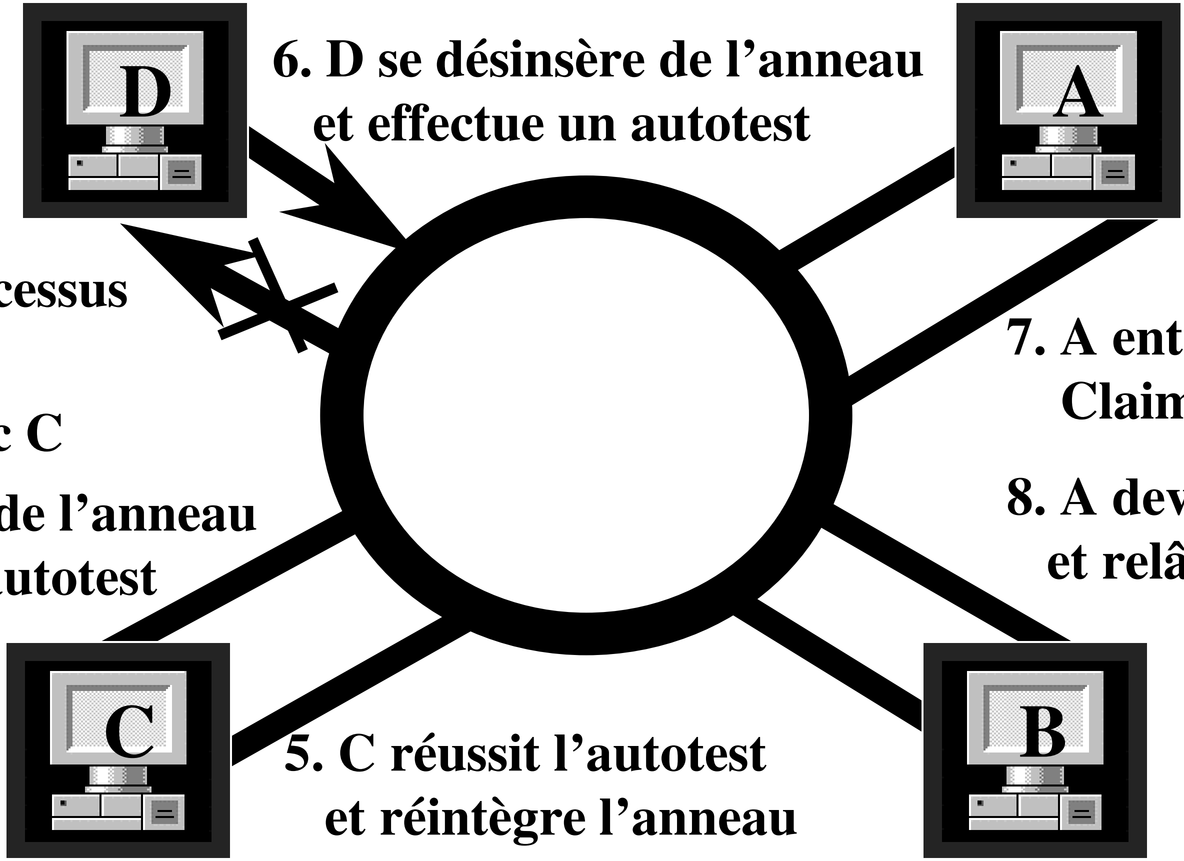
4. B Entre en processus Claim Token et relâche un jeton

5. D échoue dans l'autotest et reste en dehors de l'anneau



Le traitement des erreurs

(câble réception défectueux)



1. D entre en processus Claim Token

2. D Beacons avec C

3. C se désinsère de l'anneau et effectue un autotest

4. D continue à émetttre Beacons

5. C réussit l'autotest et réintègre l'anneau

6. D se désinsère de l'anneau et effectue un autotest

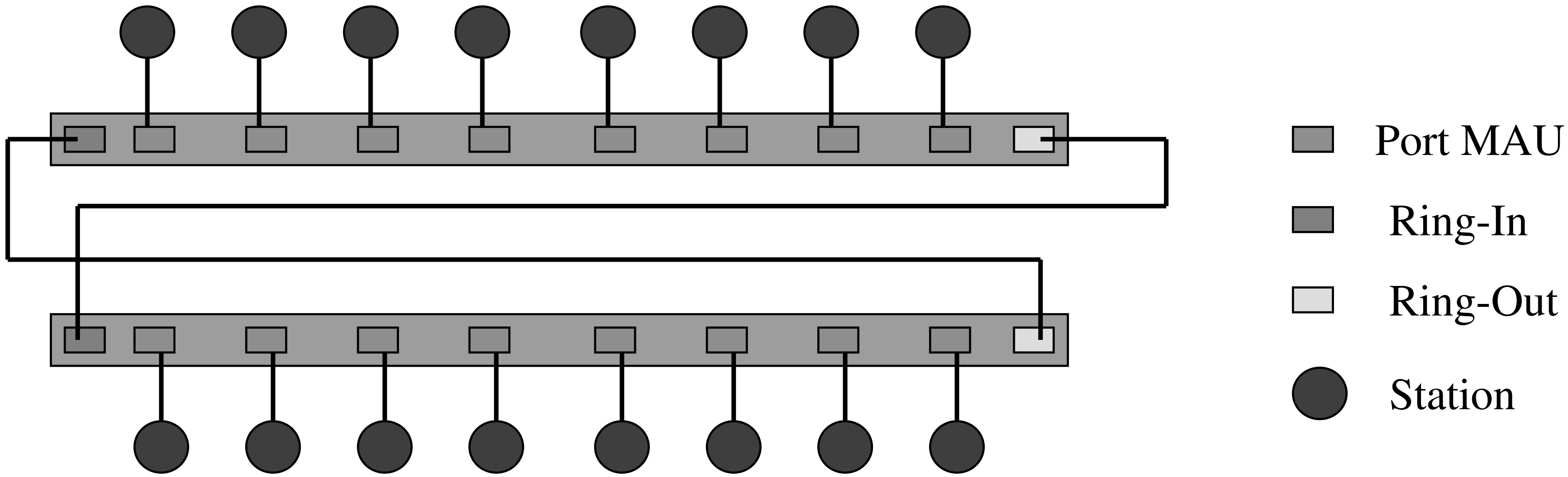
7. A entre en processus Claim Token

8. A devient AM et relâche un jeton

9. D échoue (autotest) et reste en dehors de l'anneau

Matériel et cablâge (MAU)

- le point faible de l'architecture en anneau = câblage : le problème est résolu par l'utilisation d'un coffret de raccordement (MAU pour Multi-stations Access Unit):
- constitue lui-même un anneau et raccordant les stations
- possède la fonction de déconnexion de la station (relais by-pass)
- permet le raccordement en étoile de plusieurs stations : 4, 8 ou 16
- les MAUs peuvent être cascadés (ports Ring-in et Ring-out)



Matériel et cablâge (cablâge)

- c'est la spécification d'IBM qui fait référence
- régit l'interconnexion de PC, terminaux, ...
- câbles de type paires torsadées blindées (Shielded Twisted Pairs ou STP).
- type 1 : double paire blindée. Il est recommandé pour les liaisons inter concentrateurs (MAUs).
- type 3 : 4 paires téléphoniques dont 2 sont prévues pour le réseau et 2 autres pour le téléphone. Il est utilisé dans le câblage des bureaux.
- type 2 : contient dans la même enveloppe un câble de type 1 et un câble de type 3; il permet le précâblage des immeubles pour les installations téléphoniques et réseaux.
- Le câble de type 5 contient deux fibres optiques et est dédié à l'interconnexions de MAUs éloignés (jusqu'à 2 kms).
- Le câble de type 9 est un câble de type 1 économique, la distance autorisée étant inférieure d'un tiers.
- Les câbles de type 6 et 8 ont des applications particulières.

Matériel et cablâge (cablâge)

	type 1	type 2	type 3	type 5	type 6	type 8	type9
Distance relative à 1(*)	**1.0**	**1.0**	**0.45**	**3.0**	**0.75**	**0.5**	**0.66**
Débit (Mbs)	**16**	**16**	**4 (**)**	**250**	**16**	**16**	**16**
# stations Max	**260**	**260**	**72**	**260**	**96**	**260**	**260**
# MAU Max	**33**	**-**	**9**	**-**	**12**	**-**	**-**
Support Voix	**non**	**oui**	**oui**	**non**	**non**	**non**	**non**

- (*) : type 1 : la distance Max station/MAU 100m et la distance MAU/MAU est 300m.
- (**) : 16 Mbs non supporté mais couramment utilisé pour les faibles distances.
- De nombreux constructeurs (IBM compris) fournissent également des interfaces de câblage de type non blindé (Unshielded Twisted Pairs ou UTP) qui permettent l'interopérabilité avec d'autres réseaux (Ethernet), le câblage des bureaux étant souvent réalisé en UTP (catégorie 3, 4 ou 5).

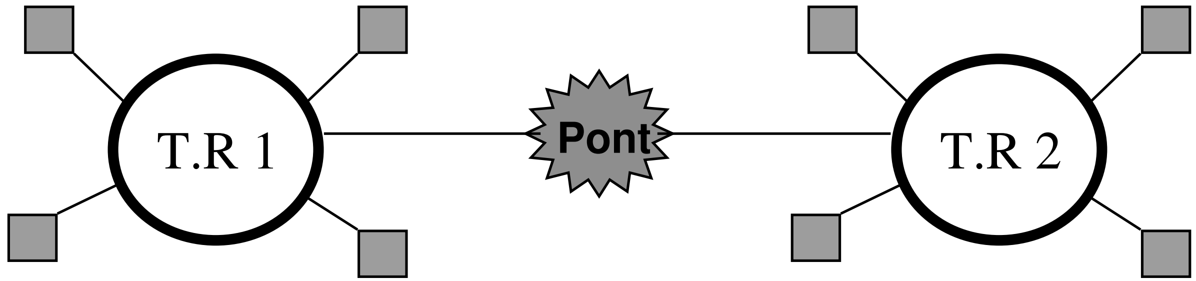
Matériel et cablâge (CAU + répéteurs)

- **<u>Les CAUs</u> (Controlled Access Unit)**
  - concentrateurs permettant de remplacer plusieurs MAUs.
  - matériel, fabriqué par IBM,
  - comprend un port Ring-In et un port Ring-Out de manière à supporter la connexion vers un MAU. Exemple de CAU : IBM 8230.

- **<u>Les Répéteurs</u>**
  - regénèrent les signaux et permettent d'augmenter la distance autorisée entre station et MAU, entre MAUs, entre CAU et MAU,
  - ne peuvent être utilisés que sur les mêmes types de segments (Ethernet-Ethernet ou Token Ring-Token Ring),
  - deux types de répéteurs : électrique et optique,
  - la distance obtenue par l'adjonction de répéteurs entre station et MAU et entre MAUs dépend du type de câblage utilisé, du débit du réseau, et du produit acheté; certains produits peuvent être cascadés autorisant une distance inter MAUs jusqu'à 1500m.

Interconnexion (ponts)

- interconnectent deux réseaux Token Ring. D’un point de vue physique, le pont comprend deux cartes d’interface Token Ring, chacune d’elles étant reliée vers un port du MAU ou CAU des différents réseaux.

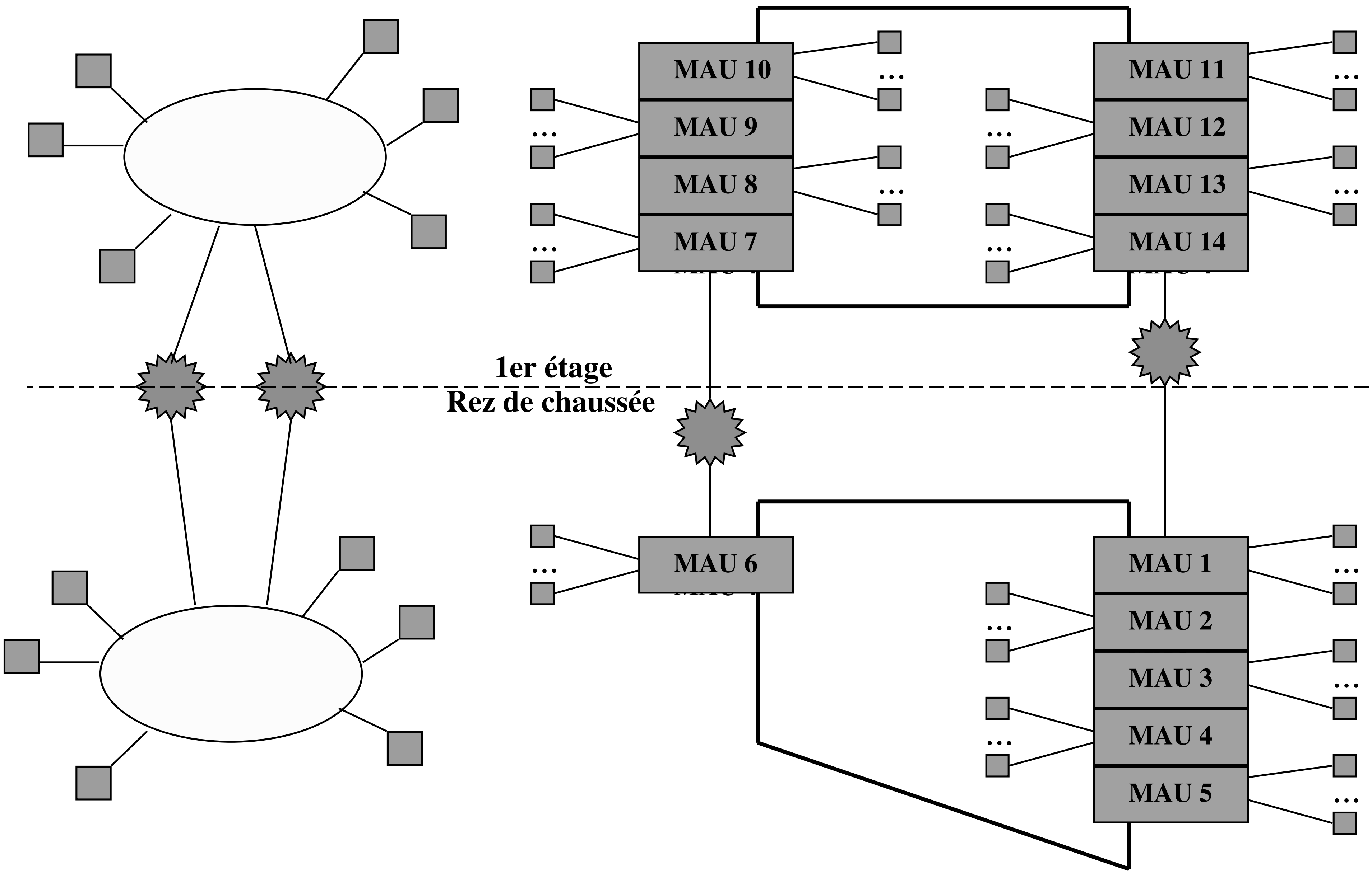


- examine sur chaque interface les adresses sources lui parvenant
- construit la table des adresses locales à chaque interface
- route les trames seulement si elles sont destinées à l’autre interface

Interconnexion (exemple de configuration)

- Un immeuble de deux étages doit être équipé d'un réseau local Token Ring. Le Rez-de-chaussée doit être équipé de 48 stations tandis que le premier étage doit en contenir 60; le câblage de l'immeuble sera du STP type 3.
- Les 108 stations ne peuvent être contenues dans un seul anneau puisque le type de câblage nous limite à 72 stations et 9 MAUs par anneau; il faut donc partitionner le réseau en deux anneaux. Pour des raisons évidentes de commodités, chaque étage sera équipé d'un anneau et deux ponts relieront ces anneaux (un pont est suffisant, mais deux permettent d'avoir une solution sécurisée en cas de panne).

Interconnexion (ponts configuration)



Interconnexion (routeurs)

- Ils fonctionnent au niveau réseau (couche 3 du modèle OSI), c'est à dire avec des adresses logiques (administrées).
- Par rapport aux ponts, l'apport en fonctionnalités est très important :
  - le routeur est indépendant de la couche physique et par conséquent est parfaitement approprié pour interconnecter des réseaux physiques de nature différente
  - un routeur est conçu pour gérer plusieurs chemins menant à une destination, et adapter le routage de manière dynamique en fonction des caractéristiques momentanées des liens
  - généralement un routeur gère le contrôle de flux.