

Le protocole IEEE 802.5 ou Token Ring

Salima Hamma

Salima.Hamma@info.univ-nantes.fr

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

- Introduction
- Principes de base
- Format de la trame IEEE 802.5
- Transmission d'une trame
- Retrait de la trame et remise du jeton
- Réception d'une trame
- Priorité
- Choix d'un moniteur
- Fonctions du moniteur

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Introduction

- appelé aussi anneau à jeton
- technologie développée à l'origine par IBM dont le premier commercialisé en 1985
- normalisée par l'IEEE sous la norme 802.5
- réseau de transmission en anneau interconnectant des stations entre elles par une succession de liaisons point à point
- réseau déterministe, asynchrone, avec acquittement
- vitesse varie de 4 à 16 Mb/s
- plus complexe qu'un réseau Ethernet
- plus cher qu'un réseau Ethernet

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Principe de base

- 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 protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Principe de base (suite)

- 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 :
 - *garde une copie pour lui-même*
 - *le ré-émet sur l'anneau*
- lorsqu'une station se reconnaît comme l'origine du message :
 - *arrête sa propagation (retire le message)*
 - *transmet le jeton à son successeur*
- 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

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

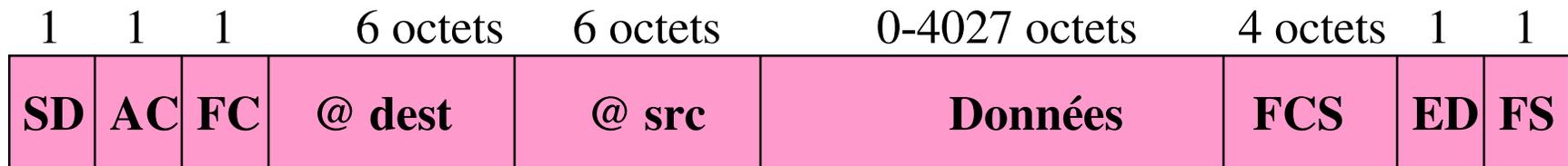
Principe de base (suite)

- la station cesse le processus d'émission et génère un nouveau jeton lorsque :
 - *toutes les trames en attente ont été transmises,*
 - *ou que le temps imparti est écoulé.*
- 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

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (1)

Format de la trame IEEE 802.5

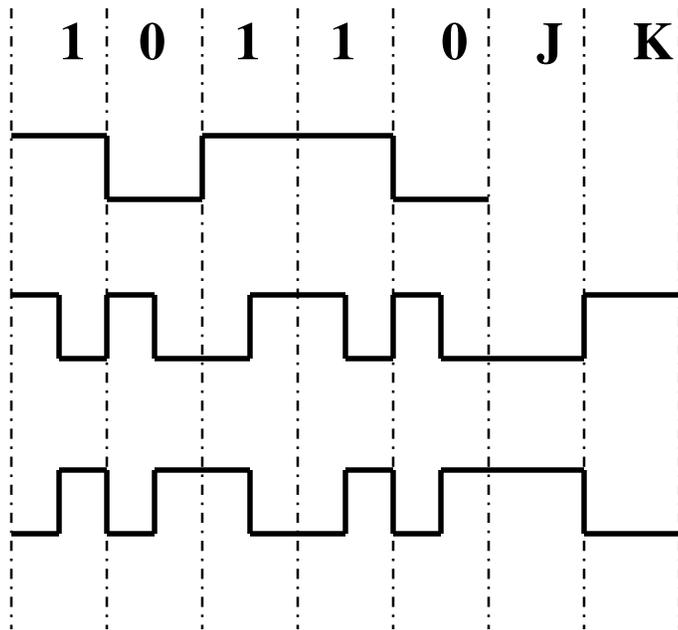


SD : Start Delimiter (JK0JK000)
AC : Access Control (PPPTMRRR)
FC : Frame Control (BBxxxxxx)
@dest : Adresse destination
@src : Adresse source
FCS : Frame Check Sequence
ED : End Delimiter (JK1JK1IE)
FS : Frame Status (ACrrACrr)

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (2)

- **SD (Starting Delimiter)** : permet à la couche physique de reconnaître le début de la trame ; les codes 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.

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (3)

- **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)** : = 0 si jeton et = 1 si trame,
 - **M (Monitor)** :
 - Mis à 0 par l'émetteur
 - Mis à 1 par le contrôleur de réseau (Monitor) lorsqu'il voit passer la trame
 - si le contrôleur voit passer la trame avec M=1, la retire du réseau
 - elle a circulé plus d'un tour dans l'anneau
 - la station émettrice ne l'a pas retirée
 - **RRR (Réservation)** : bits de réservation de priorité

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (4)

- **FC (Field Control)** : définit le type de la trame
les bits BB : 00 pour MAC et 01 pour LLC

Champ commande	Nom commande	Objet
00000000	test d'adresse (DAT)	teste deux stations ont même adresse
00000010	reconfiguration (BEACON)	localisation d'une station défailante
00000011	recherche du jeton (CT)	tentative de devenir moniteur
00000100	purge (PRG)	initialisation de l'anneau
00000101	moniteur présent (AMP)	le moniteur signale sa présence
00000110	moniteur potentiel (SMP)	signale la présence d'un moniteur potentiel
01000000		trame LLC

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (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) : permettent de reconfigurer l'anneau;
- **CT** (Claim Token) : en cas de problème sur l'anneau tel que :
 - ✓ l'AM (Active Monitor) 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, ...,

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (6)

La procédure CT démarre :

- émission d'une trame CT par la station ayant découvert le problème
- la procédure se termine par la désignation de la station ayant le rôle de l'AM
- purge l'anneau, génère un jeton et démarre les timers de contrôle.
- **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, ...

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (7)

- **@dest ou @src** : adresse destination ou adresse source
 - ✓ des champs de 2 ou de 6 octets.
 - ✓ @src peut contenir des adresses correspondant à des stations d'administration du réseau (@ fonctionnelle).

1 bit 1 bit

46 bits



1 bit

15 bits



*I/G = 0 si individuelle, 1 si groupe
U/L = 0 si universelle, 1 si locale*

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (8)

- **Données** : dépend du champ FC.
 - ✓ pour des trames MAC, ce champ dépend du type de cette trame;
 - ✓ pour les trames de données, ce champ contient une trame LLC (format similaire au format de trame HDLC).



DSAP : Destination Service Access Point. 7 bits d'adresse et 1 bit indiquant @ Individuelle ou @ Groupe

SSAP : Source Service Access Point. Le bit de commande indique s'il s'agit d'une trame de commande ou de réponse

Commande : identifie le type de données (trame d'information, trame de supervision et trame non numérotée)

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (9)

- **FCS (Frame Check Sequence)** :
 - codé sur 4 octets
 - contrôle basé sur le calcul polynomial
 - permettant de vérifier l'intégrité de transmission de la trame.
- **ED (End Delimitator)** : (JK1JK1IE) :
 - *le bit E (Error)* : mis à 1 si une erreur de trame détectée par la première station
 - *le bit I (Intermediate)* :
 - ✓ mis à 1 si la trame sera suivie par d'autres trames de la même source (transmission multiple)
 - ✓ mis à 0 si trame unique ou si c'est la dernière trame d'une transmission multiple.

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Format de la trame IEEE 803.5 (10)

- **FS (Frame Status)** : (ACrrACrr) :
 - deux paires de bits A (Adresse du destinataire reconnue) et C (trame copiée).
 - ✓ informations répétées afin de sécuriser leur transmission
 - A=1 si une station reconnaît une trame qui lui est destinée
 - recalcule le FCS; si celle-ci est correcte, C=1

L'émetteur analyse la trame selon les valeurs de 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.

Format du jeton

SD (Starting delimiter), AC (Access Control) et ED (Ending delimiter)

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Transmission d'une trame (1)

- une station ne désirant pas émettre se contente de répéter le signal entrant en aval de l'anneau
- la station se saisit du jeton si le niveau de priorité de sa (ses) trame (s) est supérieur ou égal à celui du jeton
- lorsqu'elle se saisit du jeton :
 - elle arme un temporisateur THT (Timer Holding Token) pour contrôler le temps maximum de détention du jeton
 - elle modifie le bit T (Token) du champ AC de sa trame et transmet les champs nécessaires à une trame

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Transmission d'une trame (2)

- la station émet toutes les trames de priorité supérieure ou égale à celle du jeton jusqu'à ce que :
 - il n'y ait plus de PDU ou
 - le temporisateur THT expire
- la station émet une séquence de fin de trame ED (bit I=0 pour indiquer la dernière trame) et FS
- la station arme ensuite un temporisateur TRR (Timer Return to Repeat)
 - ✓ définit le temps maximum de propagation sur l'anneau

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Retrait de la trame et remise du jeton

- après avoir transmis ses trames de données, la station attend la réception de l'entête de sa première trame
- vérifie le champ SA (Source Address) par rapport à son adresse (My_Address)
- dès réception de cette trame, elle retransmet le jeton
- continue de retirer de l'anneau toutes les trames qu'elle a émises
- si le temporisateur TRR expire sans qu'elle ne reçoive de trame portant son adresse, le compteur de trames perdues est incrémenté

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Réception d'une trame

- chaque station vérifie si la trame reçue lui est destinée
- Si oui :
 - la copie localement,
 - la répète dans l'anneau,
 - positionne les bits A et C du champ FS
 - A=1, la station destinataire a reconnu son adresse
 - C=1, la trame a été copiée
- si la trame a subi des erreurs de transmission, E=1 du champ ED.

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Priorité (1)

- IEEE 802.5 permet huit niveaux de priorité
- la priorité d'un transfert est définie dans un des paramètres de la primitive de transfert de données (MA_DATA.request)
- une station ne peut disposer du jeton que si la priorité de ses PDU est supérieure ou égale à celle du jeton

Gestion de la priorité par une station

- jeton 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,

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Priorité (2)

- une trame de priorité P_m ne peut capturer un jeton libre de priorité PPP si $P_m < PPP$, 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 P_m , si $P_m > RRR$ (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.

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Priorité (3)

En résumé une station désirant transmettre une trame de priorité P_m :

- **Cas 1** : le jeton est libre et $PPP \leq P_m$, la station capture le jeton, transmet sa trame de priorité P_m 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 $PPP = \text{Max}(\text{RRR courant, ancienne valeur de PPP})$ et $\text{RRR} = 0$
- **Cas 2** : le jeton est libre et $PPP > P_m$, la station laisse passer le jeton mais peut effectuer la réservation :
 - si $P_m > \text{RRR}$ (valeur courante) alors $\text{RRR} = P_m$
 - sinon RRR garde sa valeur courante

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Priorité (4)

- **Cas 3** : le jeton n'est pas libre et $RRR < P_m$ la station réserve un jeton de priorité P_m en positionnant $RRR = P_m$; lorsque le jeton actuel sera libéré et si entre temps aucune autre station ne surenchérit RRR , elle obtiendra le jeton et émettra son message,
- **Cas 4** : le jeton n'est pas libre et $RRR > P_m$ la station devra attendre le prochain passage du jeton pour soit transmettre soit le réserver.

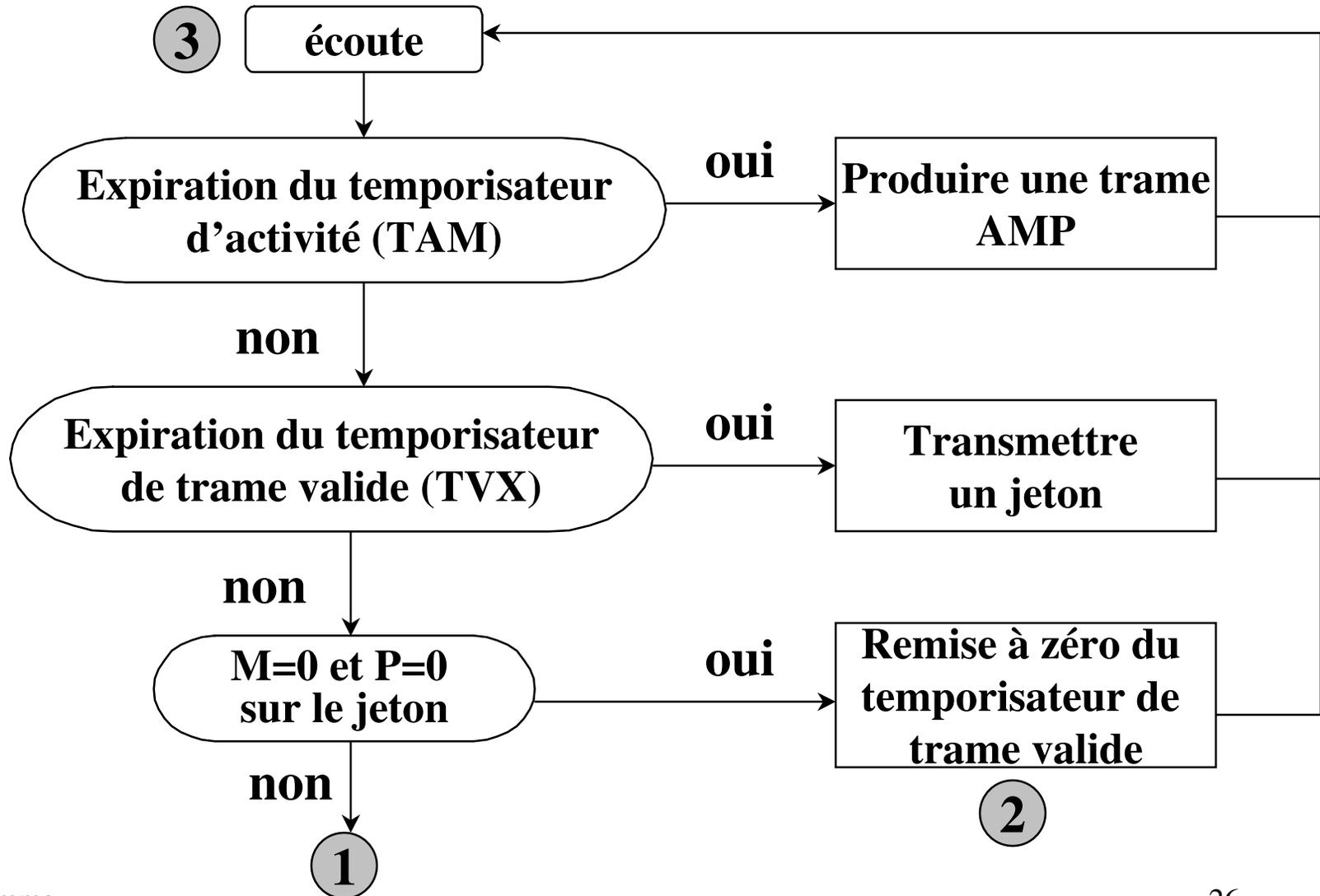
Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Choix d'un moniteur

- Chaque station peut être potentiellement moniteur
- la station qui a l'adresse la plus haute sera moniteur
- lorsque les stations détectent l'absence du moniteur (absence de trame AMP ou expiration des temporisateurs TSM (Timer Standby Moniteur) ou TNT (Timer No Token), émettent une trame CT (Claim Token) :
- lorsqu'une station reçoit cette trame, compare l'adresse source à la sienne :
 - si son adresse est plus petite, elle retransmet la trame
 - si son adresse est plus grande, elle produit une autre trame avec comme adresse source, son adresse.
- Ainsi de suite, la station ayant la plus grande adresse est élue moniteur lorsqu'elle reçoit 3 fois la trame CT qu'elle a émise

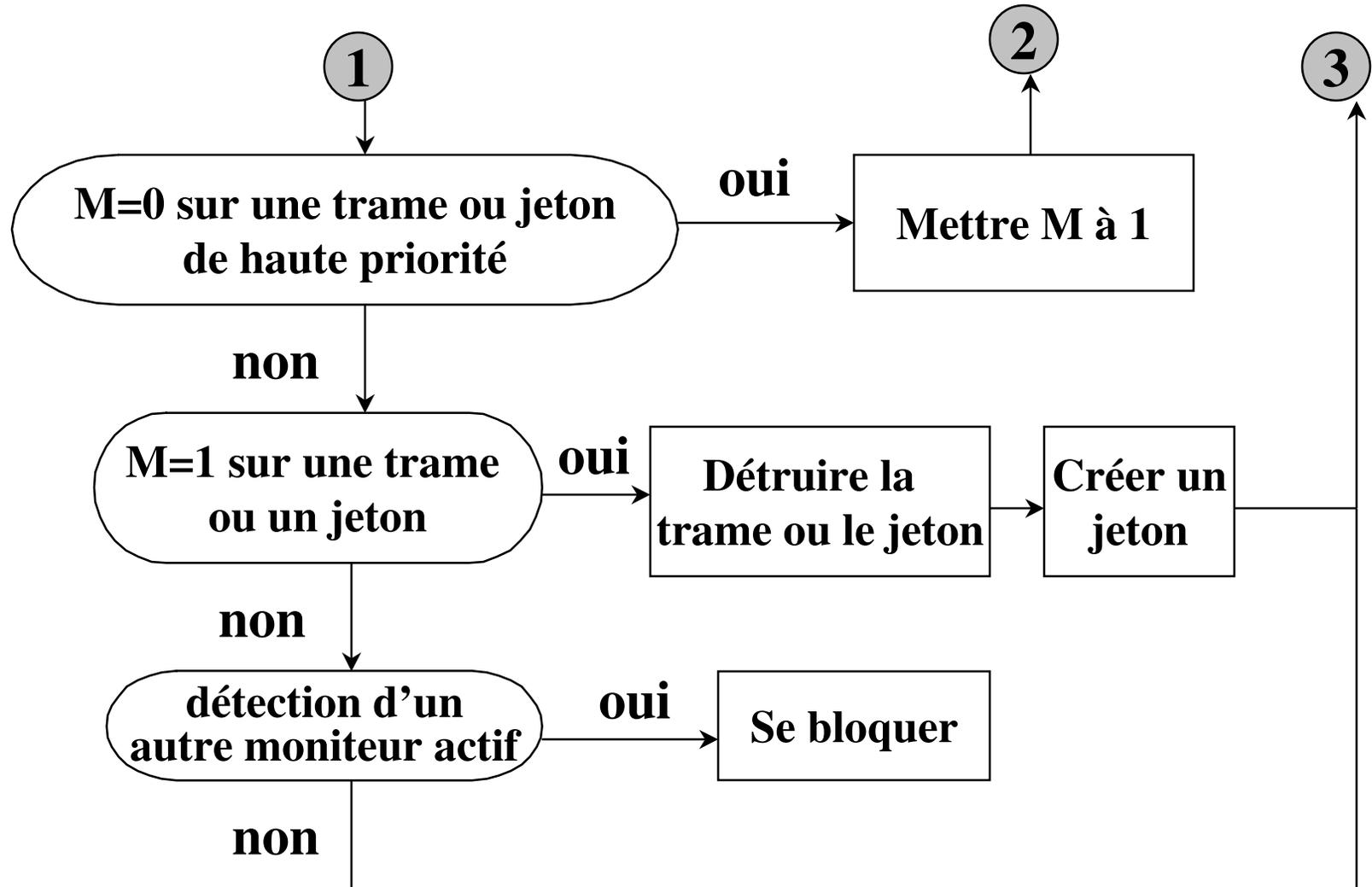
Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Fonction du moniteur (1)



Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Fonction du moniteur (2)



Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Fonction du moniteur (3)

- Expiration du temporisateur d'activité : le moniteur signale sa présence en émettant, périodiquement, une trame AMP (Active Monitor Present)
 - => informe les autres stations que le moniteur est toujours actif
- Expiration du temporisateur de trame valide (TVX : Timer Valid Transmission) : si aucun trafic n'a été détecté pendant un certain temps, le moniteur produit un nouveau jeton
- $M=0$ et $P=0$ sur le jeton : un jeton libre de priorité zéro vient de passer devant le moniteur (aucun problème)
 - => le temporisateur TVX est remis à zéro

Le protocole Token Ring ou IEEE 802.5

Fonction du moniteur (4)

- M=0 sur une trame ou jeton de haute priorité : le bit M est mis à 1 et le temporisateur TVX est remis à zéro (aucun problème)
- M=1 sur une trame ou un jeton : le moniteur conclut que cette trame a fait plus d'un tour donc la supprime. Dans le cas d'un jeton ayant une priorité supérieure à zéro, il le détruit et en crée un autre
- si la station détecte la présence d'un autre moniteur sur le réseau (réception d'une trame qu'elle seule peut émettre), elle abandonne ses fonctions de moniteur.