

C2 Réseaux Locaux : Méthodes d'accès

M1 – ARCHITECTURE DES RESEAUX

Sondes Kallel Khemiri
PRISM/HPC-NETS
sondes.kallel@prism.uvsq.fr



Organisation

- 9 heures de cours (6 cours)
 - 6 séances de 1h30 heures
 - 1,5 heures : Introduction : Réseaux Locaux (CSMA/CD) C1
 - 1,5 heures : Réseaux Locaux Méthodes d'accès C2
 - 1,5 heures : Les VLANs C3
 - 1,5 heures : VTP/STP C4
 - 1,5 heures : Interconnexion des LANs C5
 - 1,5 heures : Interconnexion des LANs C6
- 18 heures de travaux dirigés
 - 6 séances de TDs/TPs de 3 heures
 - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels cisco
 - Séance 1 et 2 : 2 TDS sur les LAN et les méthodes d'accès
 - Séance 3 TP VLAN sur Packet Tracer
 - Séance 4 TP VTP/STP sur Packet Tracer
 - Séance 5 TP Configuration de base d'un périphérique Cisco
 - Séance 6 TP Configuration de base d'un périphérique Cisco
- 1 CC



Objectifs pédagogiques

- Acquérir une culture générale sur l'architecture des réseaux et une bonne connaissance des réseaux LAN
 - Architectures et topologies des réseaux
 - Les réseaux locaux LAN: techniques d'accès CSMA/CD, Token ring, Ethernet, VLAN
 - Interconnexion des réseaux Locaux
- Consolidation avec des travaux pratiques
 - Packet tracer : un simulateur de matériel réseau Cisco (routeurs, commutateurs)
 - Cartable numérique
 - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels Cisco
 - <http://e-campus2.uvsq.fr> : vérifier votre accès (login + mdp)



Références

- Analyse structurée des réseaux, 2^{ème} édition, James Kurose et Keith Ross, Traduction par Stéphane Pauquet, Pearson Education France 2003
- Andrew Tanenbaum, «*Réseaux* » Dunod 2002
- Guy Pujolle, «*Les Réseaux* », Eyrolles, ed. 2005
- Khaldoun Alagha & Guy Pujolle & Guillaume Vivier, «*Réseaux sans fil et mobiles* », octobre 2001
- Claude Servin, «*Réseaux et télécoms* », Dunod 2003
- L. Toutain «*Réseaux Locaux et Internet* »
- Le web
- ...

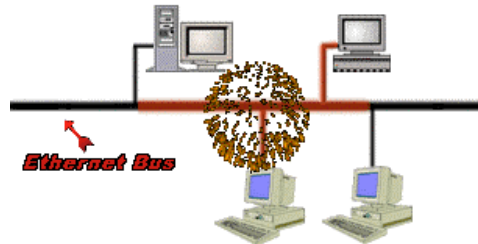


Plan

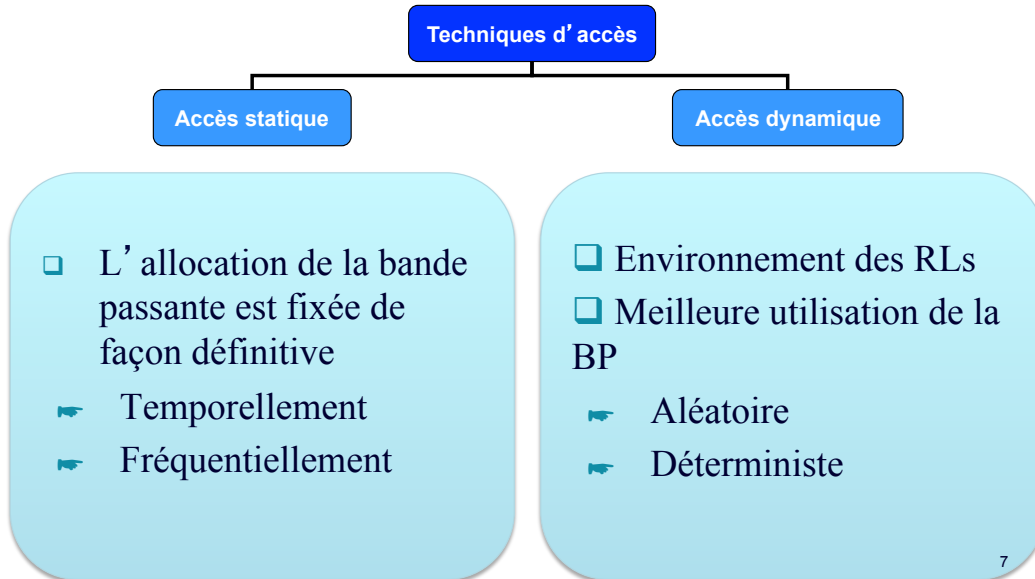
- Méthodes de partage Du support
- Modèles et Normes IEEE 802
 - LLC
 - Token ring
 - Token Bus
- Le réseaux Métropolitains: FDDI

Méthodes de partage du support

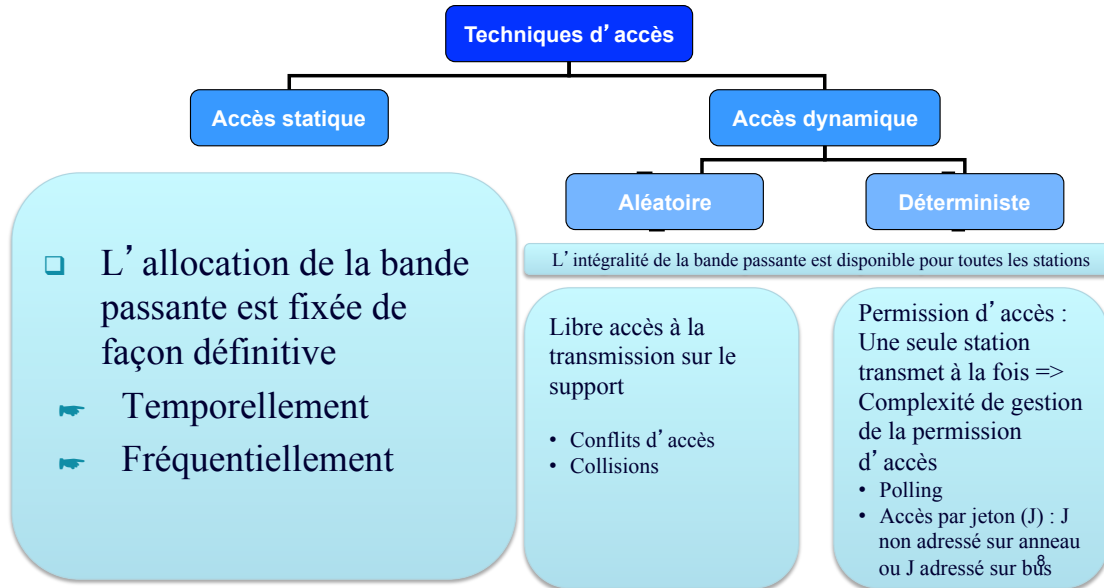
- ❑ Support de communication = ressource inhérente à un système de communication
- ❑ Mécanismes utilisés pour contrôler l'accès à la transmission sur le support physique
 - Régler les conflits parmi les entités qui souhaitent obtenir son «tour de parole» pour parler sur le support de communication



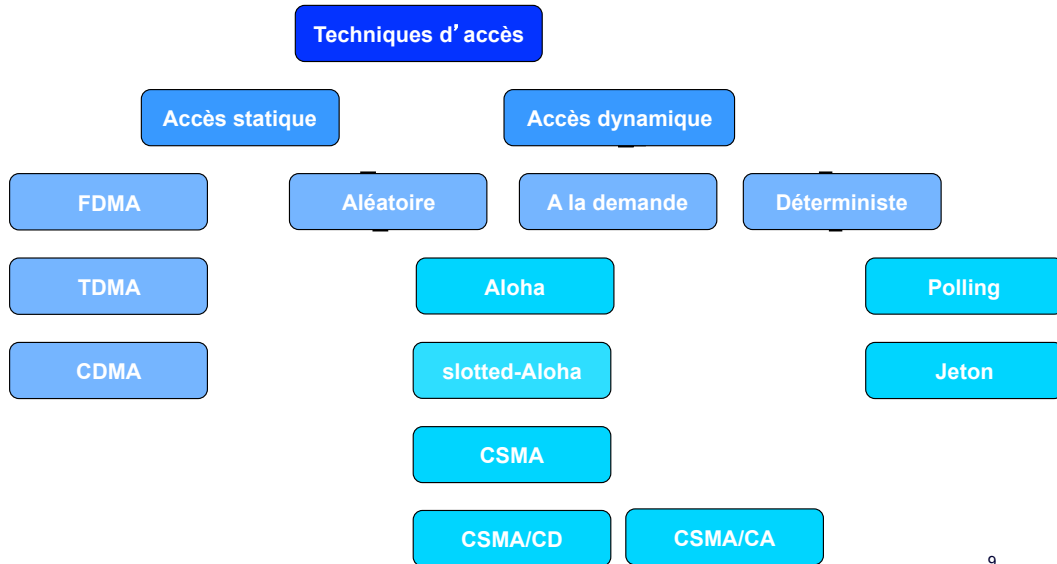
Principales techniques d'accès



Principales techniques d'accès



Principales techniques d'accès

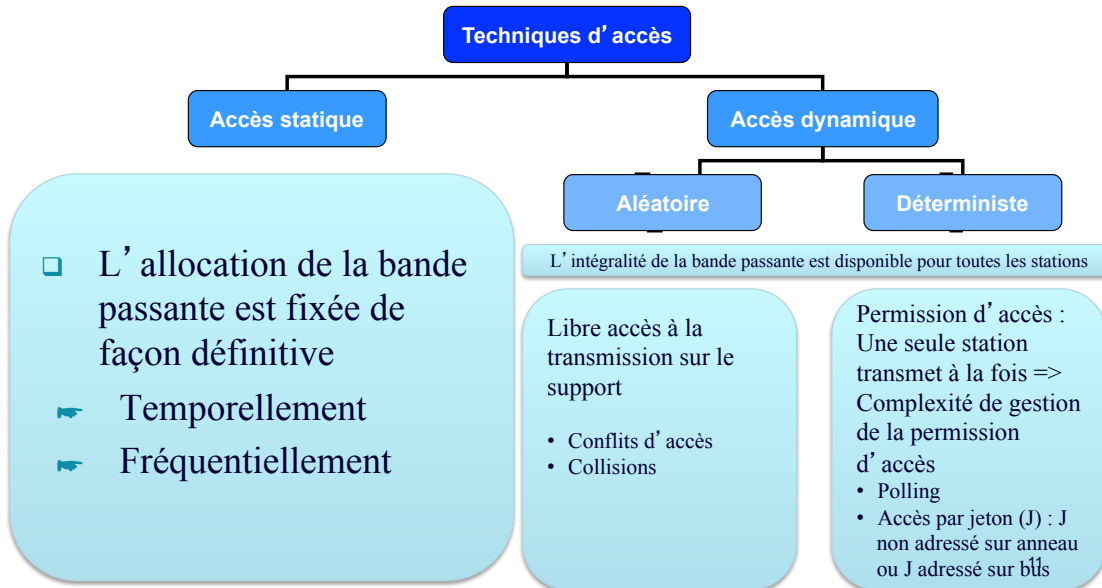




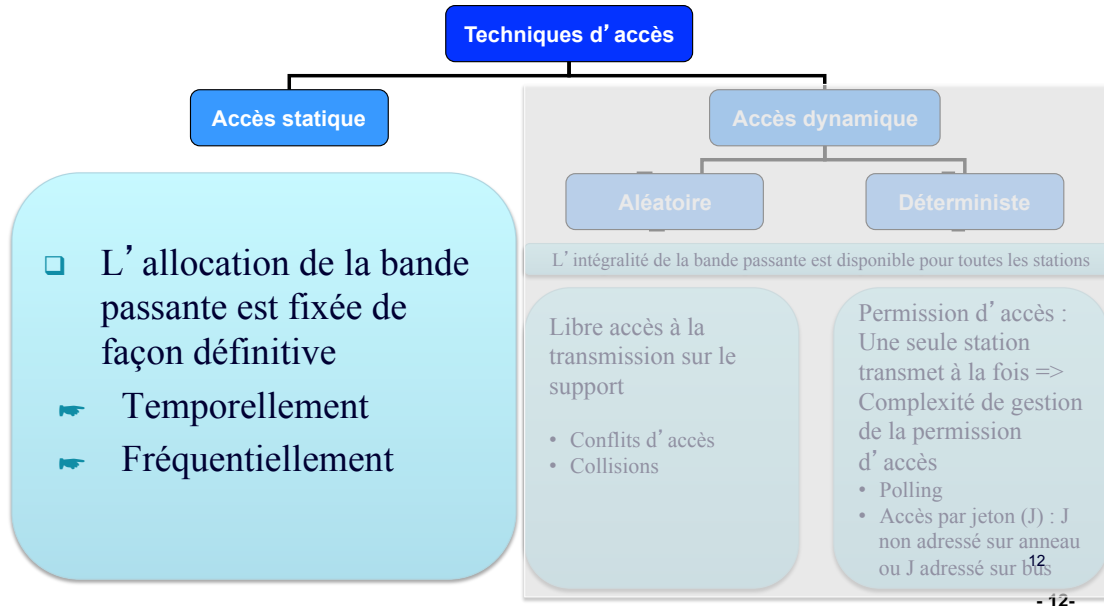
Techniques d'accès : historique

- ❑ **Qui peut parler et quand ?**
 - qualité, équité, flexibilité
- ❑ **Aloha (1970)**
- ❑ **Slotted-Aloha (1972)**
- ❑ **CSMA (Carrier Sens Multiple Access) (1975)**
 - Non persistant
 - p-persistant
- ❑ **CSMA/CD with Collision detection (1976 – Ethernet)**
- ❑ **CSMA/CA with Collision Avoidance (1997 – IEEE 802.11)**

Principales techniques d'accès

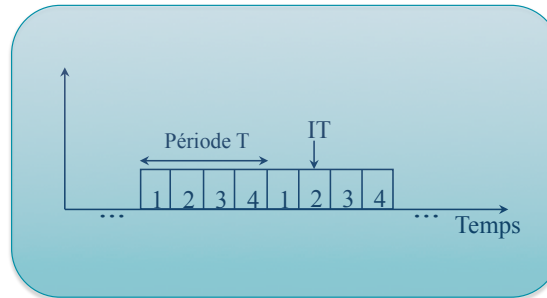


Principales techniques d'accès



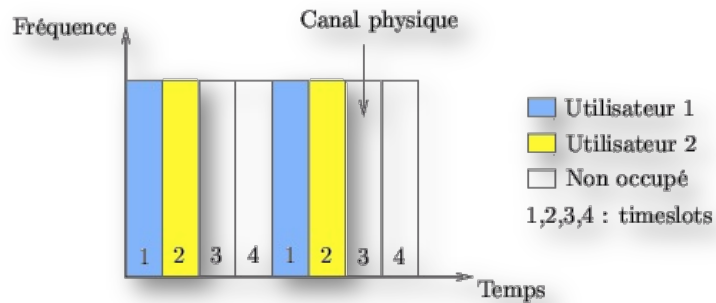
Méthodes statiques : AMRT/TDMA

- Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT)
 - Découpage l'échelle temporelle en n tranches de temps (IT), avec n = nombre de stations
 - 1 canal physique = 1 intervalle de temps (slot) sur une bande de fréquence
 - Attribution d'un IT à chaque station
 - Exemple d'application: Applications téléphoniques pour le transfert de la voix numérique



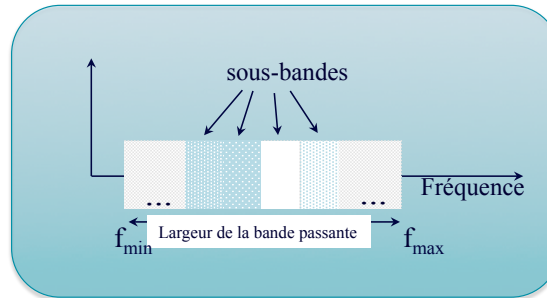
Méthodes statiques : AMRT/TDMA

- Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT)
 - Découpage l'échelle temporelle en n tranches de temps (IT), avec n = nombre de stations
 - 1 canal physique = 1 intervalle de temps (slot) sur une bande de fréquence
 - Attribution d'un IT à chaque station
 - Exemple d'application: Applications téléphoniques pour le transfert de la voix numérique



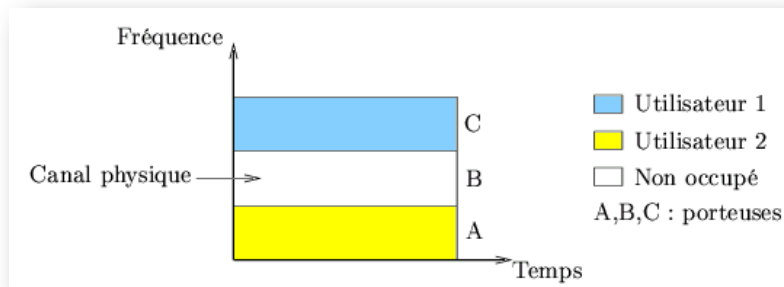
Méthodes statiques : AMRF ou FDMA

- Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF)
 - Découpage de la bande passante en n sous-bandes, avec n = nombre de stations
 - Attribution d'une sous-bande à chaque station
 - Exemple d'applications : Diffusion des programmes de télévision sur câbles

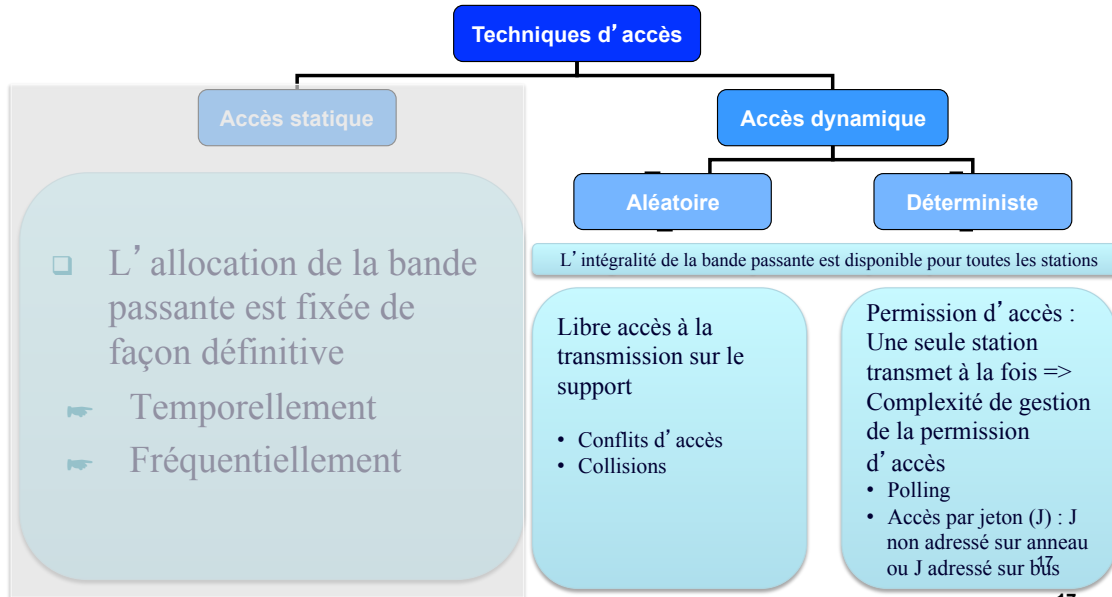


Méthodes statiques : AMRF ou FDMA

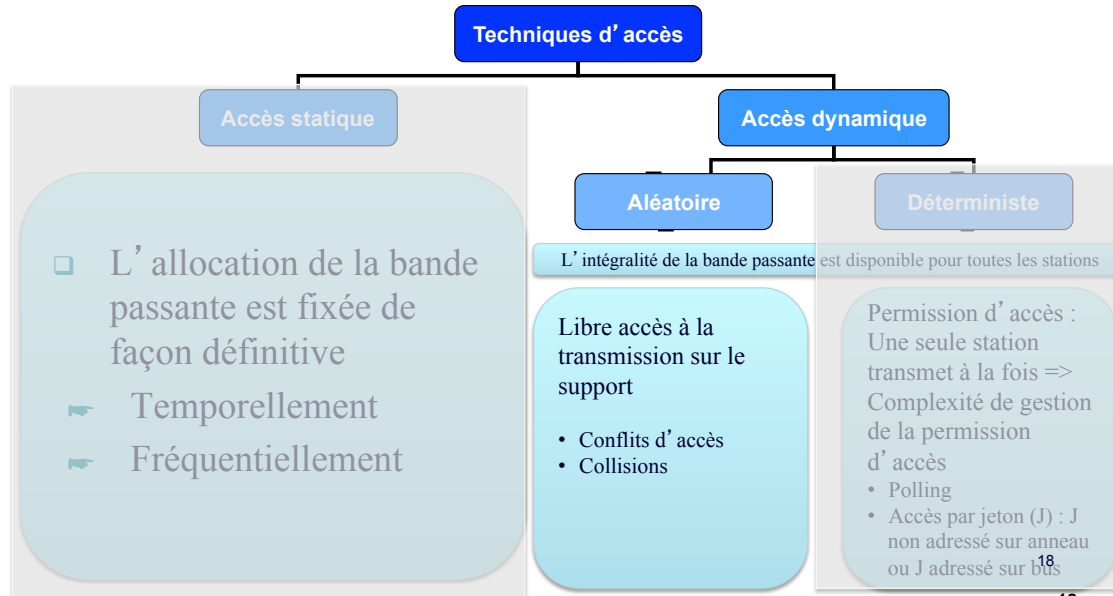
- Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF)
 - Découpage de la bande passante en n sous-bandes, avec $n = \text{nombre de stations}$
 - Attribution d'une sous-bande à chaque station
 - Exemple d'application: Diffusion des programmes de télévision sur câbles



Méthodes dynamiques



Méthodes dynamiques





Méthodes dynamiques aléatoires

- Aloha pure [Abramson 70]
 - Réseau hertzien à Hawaï
 - Principe

Emetteur

Station émet dès qu'elle a une information à envoyer
Déclenchement d'un temporisateur et attente d'un acquittement:

Si aucune réponse

Si nombre de tentatives de retransmission dépassé

Alors arrêter la transmission

Sinon retransmission de l'information

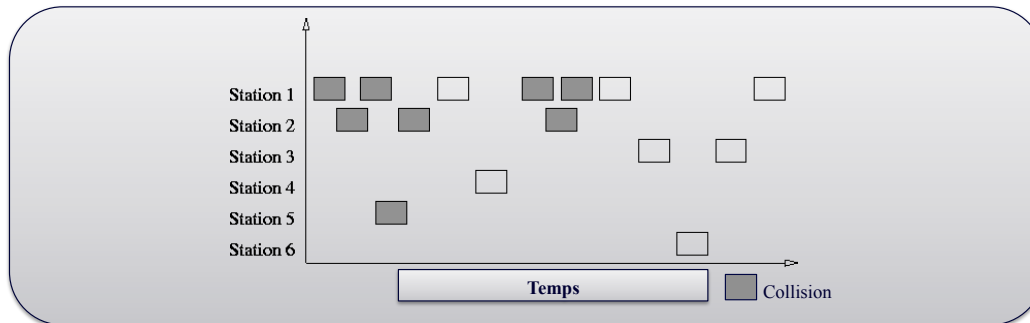
Récepteur

Traitement de l'information reçue

Si Trame correcte alors envoi d'un acquittement

Méthodes dynamiques aléatoires

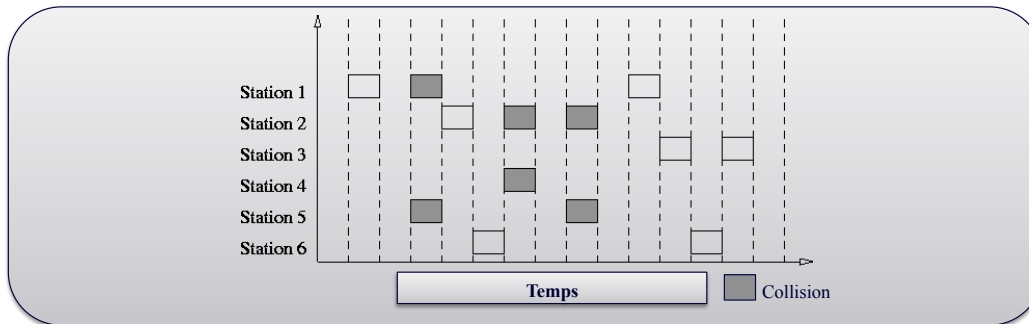
- Aloha pure [Abramson 70] (En résumé)
 - Chaque station émet sa trame quand elle devient active, sans vérifier l'état du médium
 - En cas de collision chaque station concernée se retire pendant une durée aléatoire, puis retransmet son message
 - La collision est détectée si aucun un acquittement n'est reçu au-delà d'un certain temps
 - Taux d'utilisation du canal = 18% ☹



[illegible]

- ❑ **ALOHA discrétisé (slotted Aloha) :**

- Amélioration de la méthode Aloha
 - Diviser le temps en slots constants
 - N'autoriser les émissions qu'au début du slot
 - Il n'y a pas de collision ou il y a collision complète sur le message
- Synchronisation globale : Besoin d'une horloge de synchronisation
 - Taux d'utilisation du canal 36%



Méthodes dynamiques **aléatoires**

- CSMA (Carrier Sense Multiple Access) [Metcalfe 70]
 - Réseau de micro-ordinateurs
 - Principe

Emetteur

Ecoute du canal

Si le canal est libre

Alors transmission de l'information (suivre le même principe que Aloha)

Sinon reporter la transmission

Récepteur

Traitement de l'information reçue

Si vérification aboutie alors envoi d'un acquittement

Méthodes dynamiques aléatoires

- Variantes du **report de la transmission** dans CSMA
 - CSMA non-persistent
 - Attente pendant un délai aléatoire avant de réitérer la procédure
 - CSMA persistant
 - Prolongation de l'écoute du canal jusqu'à ce qu'il soit disponible
 - CSMA p-persistent
 - Emission avec une probabilité p et diffère l'émission avec une probabilité $(1-p)$

Emetteur

Ecoute du canal

Si le canal est libre

Alors transmission de l'information (suivre le même principe que Aloha)

Sinon **reporter la transmission**

Méthodes dynamiques aléatoires

- CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)
 - Amélioration de la méthode CSMA persistant
 - Principe

Emetteur

Ecoute du canal

Si le canal est libre Alors

transmission de l'information et écoute simultanée du canal
pour détecter une éventuelle collision

Si collision détectée

Alors

① Arrêt immédiat de la transmission et notification de la
collision à toute les stations

② Gestion de la collision

Sinon reporter la transmission

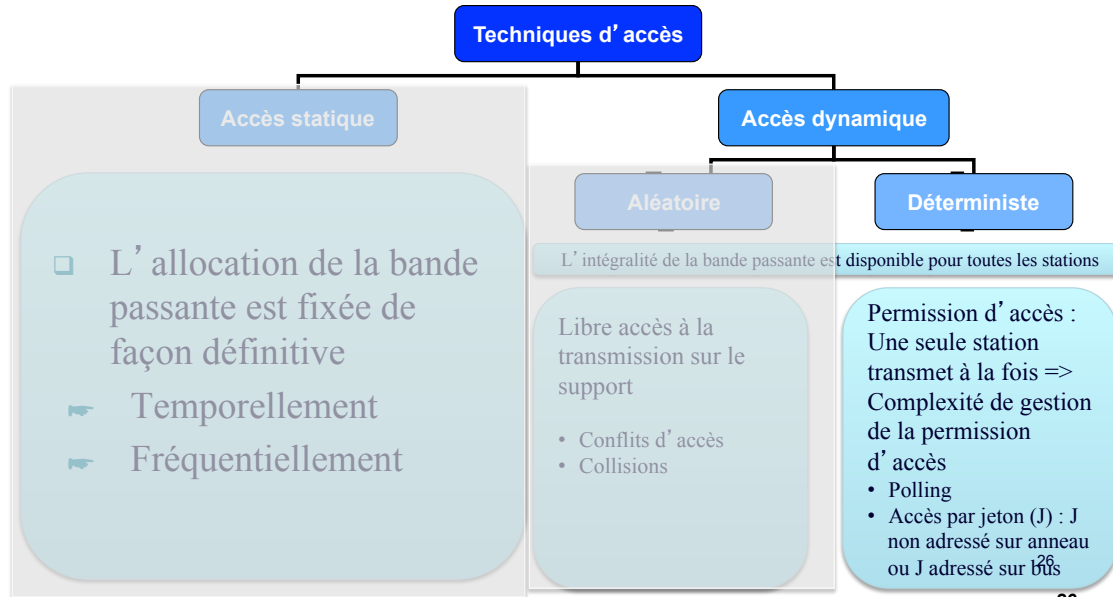


Méthodes dynamiques aléatoires

- CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)
 - Remarque : pour qu'une station puisse détecter la collision, il faut que la longueur de la trame soit au moins égale à 2 fois le temps d'aller-retour entre les stations les + éloignées
 - Exemple : Ethernet

- CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)
 - Même principe que CSMA/CD
 - A la fin d'une transmission, une station doit attendre un délai avant de transmettre à nouveau

Méthodes dynamiques





Méthodes dynamiques **déterministe**

□ Polling (élection)

- Politique d'attribution de permission d'accès centralisée
- Principe

Station primaire (SP)

Gestion de l'accès au support selon une table de scrutation

Relayage des messages vers la ou les stations destinataires (topologie en étoile)

Station secondaire (SS)

Transmission des informations autorisée par la SP

Réception des informations



Méthodes dynamiques déterministe

- Jeton adressé sur bus
 - Exemples de LAN: **Token-Bus**
 - Permission d'accès
 - Trame spéciale: jeton
 - Principe
- Topologie en bus
- diffusion de l'information sur le support

Le Jeton «passe» d'une station à l'autre selon une relation établie entre les stations du réseau

Émetteur

Gestion des @ de station (prédécesseur et successeur)

Attendre la possession du jeton adressé par le prédécesseur

Transmission de l'information sur le support

Envoyer le jeton au successeur

Récepteur

Vérifie si l'information lui est destinée

Si oui alors la traiter

Sinon l'écarter

Méthodes dynamiques déterministe

- Jeton non adressé sur anneau
 - Exemples de LAN: **Token-Ring**, **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface)
 - Permission d'accès
 - Trame spéciale: jeton
 - Topologie en anneau

Le Jeton circule librement sur l'anneau

Émetteur

Acquérir le jeton

Transmission de l'information

Attendre le retour de l'information pour la retirer de l'anneau

Remettre le jeton sur l'anneau

Récepteur

Vérifie si l'information lui est destinée

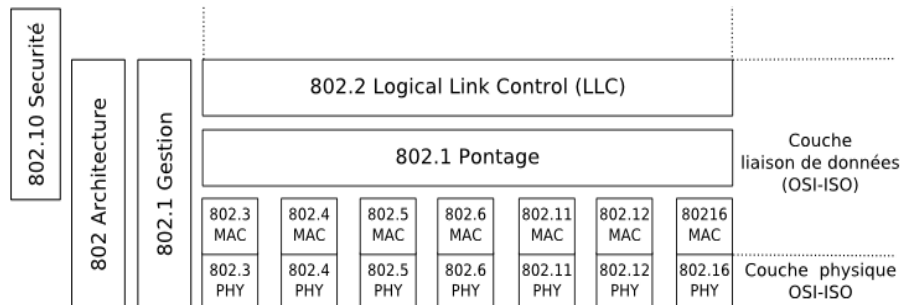
Si oui la traiter

Retransmettre l'information sur l'anneau

Normes IEEE 802

Standardisation des LANs

- IEEE 802.1 : Gestion des réseaux locaux, VLAN, authentification, etc.
- IEEE 802.2 : Couche Logical Link Control (LLC) et Media Access Control (MAC)
- IEEE 802.3 : CSMA/CD Ethernet
- IEEE 802.4 : CSMA/CA Token Bus
- IEEE 802.5 : Token Ring
- IEEE 802.6 : les réseaux à grande distance (MAN)
- IEEE 802.11 : Réseaux sans fil : infrarouge, ASFI...
- IEEE 802.12 : Réseaux locaux utilisant le mécanisme de demande de priorité
- IEEE 802.16 : Réseaux sans fil à large bande par exemple le WiMAX





Normes à voir

- ❑ 802.2 couche LLC
- ❑ 802.3 / Ethernet => CSMA/CD
- ❑ 802.5 Token ring
- ❑ 802.4 Token bus
- ❑ Fast Ethernet ou FDDI

802.5 Token ring

LLC - ISO 8802/2, IEEE 802.2				
MAC				
IEEE 802.3 ISO 8802/3 CSMA/CD Ethernet	IEEE 802.4 ISO 8802/4 Token bus	IEEE 802.5 ISO 8802/5 Token ring	ANSI X3T9.5 Fiber Distributed Data Interface	IEEE 802.6 Distributed Queue Dual Bus

Token Ring



Introduction

- Token Ring : réseau de transmission en anneau interconnectant des stations entre elles par une succession de liaisons point à point.
- Réseau déterministe, asynchrone, avec acquittement
- Plusieurs types de réseau
 - Vitesse : 1 Mbit/s, 4 Mbit/s, 16 Mbit/s
- technologie développée à l'origine par IBM
- normalisée par l'IEEE sous la norme 802.5
 - Méthode déterministe
 - Gestion du droit d'accès au support
 - Jeton sur une topologie en anneau
 - Communication point-à-point entre deux stations
 - plus complexe qu'un réseau Ethernet
 - plus cher qu'un réseau Ethernet

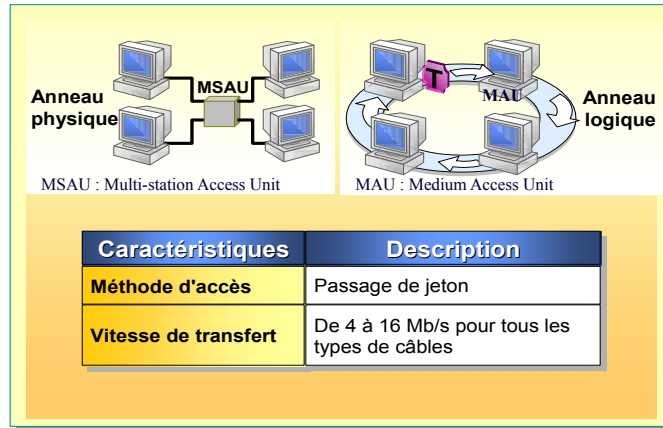


Token Ring

- ❑ Standard 802.5
 - ❑ spécifie couches PHY et MAC
 - ❑ spécifie 1 protocole de gestion de la station et de l'anneau : SMT (Station Management)
- ❑ Permet de gérer des niveaux de priorité : mécanisme de réservation du jeton
- ❑ La trame/jeton contient
 - ❑ un niveau de priorité
 - ❑ un niveau de réservation

Principe de la méthode du jeton sur anneau

- Jeton circule en permanence
 - 1 seule station le possède => évite les collisions
 - La station qui a le jeton peut émettre 1 ou plusieurs trames pendant un temps limité
 - Chaque station destinataire recopie + positionne un/plusieurs bits pour indiquer si OK ou PB
- Lorsque la trame revient, elle est retirée par l'émetteur





Principes de base

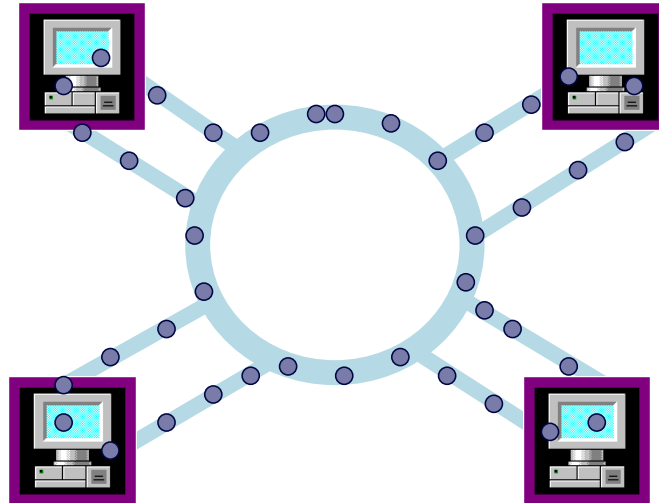
- un anneau est constitué d'un ensemble de stations reliées entre elles par des liaisons point à point
- chaque station de l'anneau se comporte comme un répéteur renvoyant les trames qui ne la concernent pas vers la station située en aval selon le sens de rotation de l'anneau
- L'anneau est un média 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 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



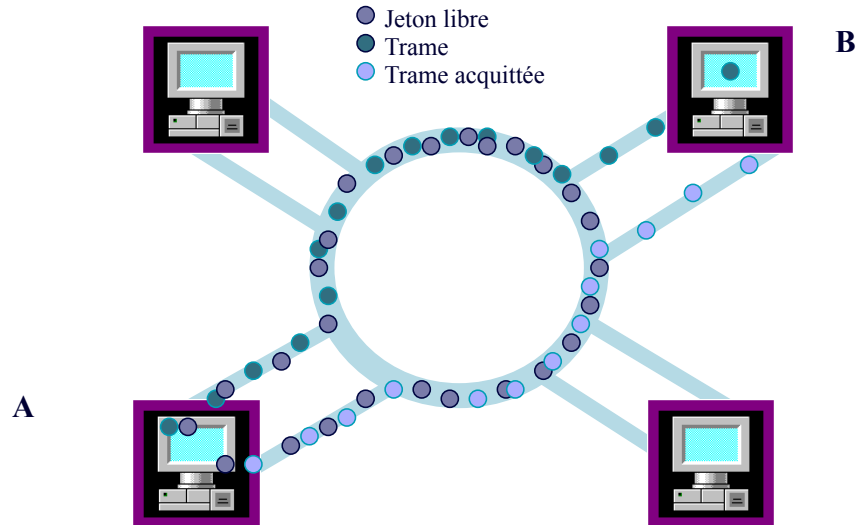
Principes de base (Suite)

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

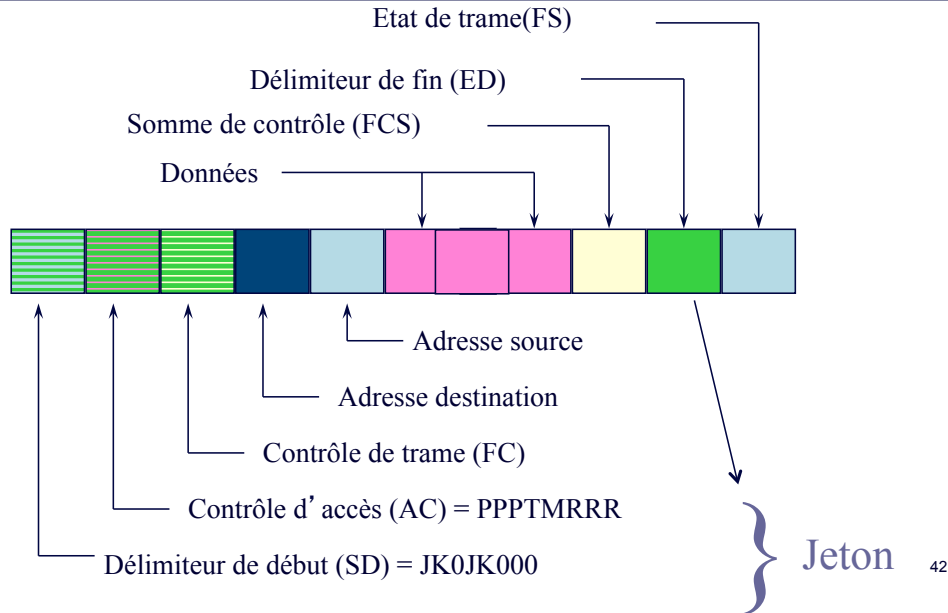
Principes : circulation du jeton



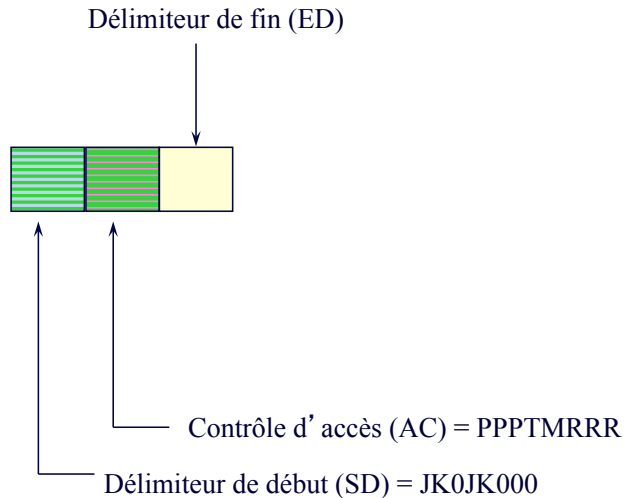
Principes : capture du jeton et trames



Format de la trame IEEE 802.5



Format du jeton IEEE 802.5



} Jeton

Les champs de la trame (suite)

JK0JK000

Début de trame (SD : Starting delimiter)
. symboles spéciaux JK.

PPP TM RRR

Contrôle d'accès (AC : Access control)
. 3 bits de priorité (000<111)
. 3 bits de réservation de priorité
. T : 0 = jeton ; 1 = trame
. M : mis à 0 à l'émetteur, à 1 par le moniteur (Trames folles)

FF ZZZZZZ

Contrôle de trame (FC : Frame control) définit le type de la trame
FF : 00 = MAC-PDU ; 01 = LLC-PDU
. 00 000010 - Beacon : détection d'un problème
. 00 000011 - Claim token : élection moniteur
. 00 000100 - Ring purge : ré-initialisation de l'anneau
. 01 rrr ppp - Trame LLC : L_PDU



FC: trame de contrôle

- 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.
- 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, ...).

Les champs de la trame (suite)

Adresse (SA & DA : Source & destination address)

- . format d'adresse IEEE 802
- . diffusion et routage

Détection d'erreur (FCS : frame control sequence)

- . uniquement détection
- . $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Fin de trame (ED : ending delimiter)

- . I : 1 = trame intermédiaire d'une multi-trame; 0 = mono-trame ou dernière trame d'une multi-trame
- . E : 1 = trame erronée ; 0 = trame correcte

J	K	1	J	K	1	1	E
---	---	---	---	---	---	---	---

Etat de la trame (FS : frame status)

- . initialisé à 0 par l'émetteur
- . A : 1 = adresse reconnue par le récepteur
- . C : 1 = trame copiée par le récepteur
- . rr : bits inutilisés

A	C	rr	A	C	rr
---	---	----	---	---	----



Token Ring (algorithme)

- Le champ AC de la trame contient deux sous-champs qui permettent de mettre en œuvre un système de priorités entre les stations de l'anneau.
 - Champs P : priorité actuelle du jeton
 - Champs R : priorité réservée par une station pour le prochain jeton.
- A l'initialisation, P et R ont pour valeur 1 (priorité la plus basse).
- D'autre part, chaque station i gère deux variables :
 - p_i : priorité de la station i
 - s_i : priorité sauvegardée et à restituer
- La modification de la priorité du jeton et la prise du jeton suivent les règles des trois algorithmes suivants :
 1. **Algorithme de réservation de la priorité** : la station i examine les champs P et R de la trame de données qui passe au niveau de son répéteur :
 - Si $p_i > R$ alors $\{s_i := R ; R := p_i\}$;
 2. **Algorithme de remise du jeton** : lorsqu'une station reçoit sa propre trame avec $R \neq 1$, elle remet le jeton sur l'anneau avec une nouvelle priorité telle que $P := R$.
 3. **Algorithme de reprise du jeton** : une station i ne peut prendre qu'un jeton tel que $p_i = P$ et elle émet alors une trame telle que : $P := p_i ; R := s_i$; sa variable s_i est remise à 1 }



Token Ring (en résumé)

- ❑ Quand une trame passe
 - ❑ Si Priorité (station) > réservation => réservation
- ❑ Quand un jeton passe
 - ❑ Si Priorité (station) = Réservation,
 - ❑ prend le jeton + émet une trame
- ❑ La station peut émettre plusieurs trames de priorités identiques
- ❑ Rq: ne peut émettre que si elle est sûre qu'elle a le temps (Timer Holding Token)



Protocole SMT (Station ManagemenT)

- ❑ Gestion centralisée
 - ❑ Moniteur Actif (Active Monitor).
 - ❑ Autres stations en veille (Standby Monitor), capable de détecter une défaillance
=> reprennent le contrôle
- ❑ Initialisation du réseau :
 - ❑ Stations demandent le jeton (écoute + émission d'1 trame + attente) => moniteur actif génère 1 jeton
- ❑ Reprise sur erreur jeton + trames
 - ❑ Qd une trame passe => Bit M à 1 + tempo. (détruit trame folle (M=1))
 - ❑ Absence du jeton => Purge du réseau + remet un nouveau jeton
 - ❑ Trame «orphelines» ou trop courtes => éliminées + purge
 - ❑ Jeton non retiré est supprimé et remise d'un jeton de priorité basse
- ❑ Standby Monitor : s'identifie auprès de leur voisin => en cas de panne du moniteur

Le rôle du monitor

Rôle de la station “monitor” :

- . génère la premier jeton !
- . gère le “buffer” élastique.
- . surveille la rotation du jeton.
- . détruit les trames folles : bit M du champ FC.

☞ purge de l'anneau.

Election de la station monitrice :

- . chaque station qui désire être monitrice émet une trame “claim token” avec son adresse en paramètre.
- . elle détruit toutes trames “claim token” d'adresse plus petite
- . elle laisse passer toutes trames “claim token” d'adresse plus grande.
- . la station dont la trame “claim token” a fait un tour, est élue !
- . c'est celle de plus grande adresse.

Token bus : anneau à jeton adressé

Norme IEEE 802.4

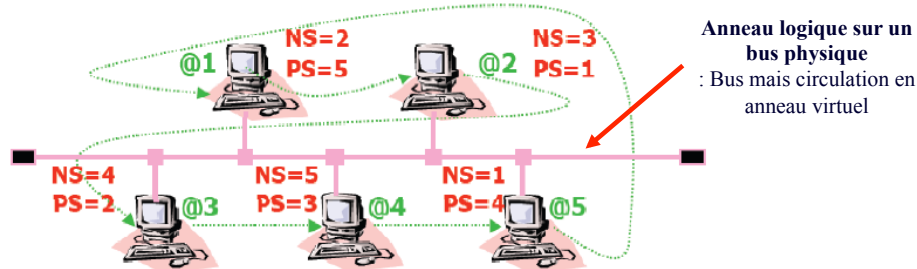
Token Bus normalisé: Norme IEEE 802.4

- Développé par Datapoint

- Normalisation de la méthode d'accès à jeton sur bus
 - Méthode déterministe
 - Gestion du droit d'accès au support
 - Jeton sur une topologie en bus

Token Bus : Principe

- Anneau virtuel
 - Circulation du jeton : le jeton circule de la station ayant la plus faible adresse à celle ayant la plus forte adresse
- Chaque station doit connaître
 - NS (suc) : Next Station address
 - PS (Préd) : Previous Station address



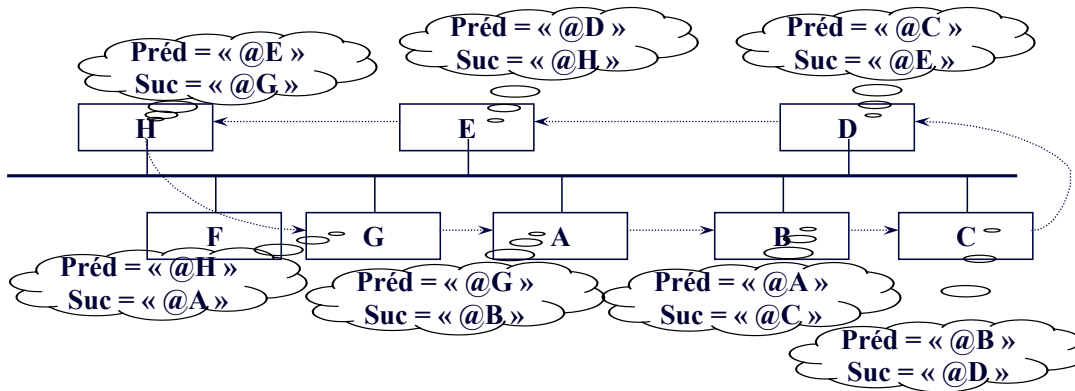


Token Bus : Principe

- Priorité dynamique contenue dans le message
 - 4 niveaux de priorités
 - La station ayant le jeton émet (si les timers de priorité l'y autorisent) dans l'ordre décroissant de priorité jusqu'à expiration de son temps d'accès au médium. Le jeton est alors passé à la station suivante.

- Accès plus rapide au médium

Principe: exemple d'anneau virtuel



Anneau logique sur un bus physique



Principe

- ❑ Toutes les stations perçoivent le message (bus) mais seule celle dont l'adresse est contenue dans le jeton reçoit effectivement la trame
- ❑ Une station qui a des données à émettre attend le jeton, émet ses données puis passe le jeton à la station suivante dans l'anneau
- ❑ Une station qui n'a rien à émettre se contente de réémettre le jeton en positionnant l'adresse de son successeur
- ❑ Chaque station peut émettre (pendant un temps maximum) lorsque le jeton lui parvient

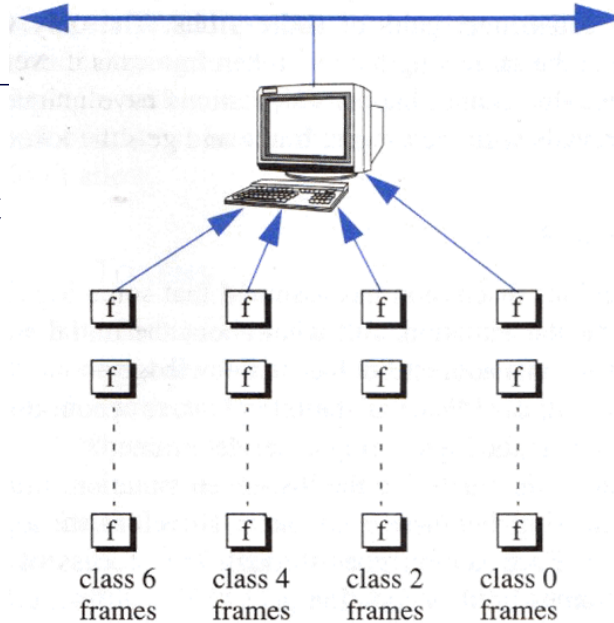


Token Bus

- Trames ~ Token Ring
- Bande passante allouée en utilisant un jeton temporisé
- TRTmax : Temps maximum de rotation du jeton (Token Rotation Time (TRTmax))
- priorités : 4 classes de priorité : $0 < 2 < 4 < 6$
 - à chaque classe \Rightarrow TRTmax
- THT (Token Holding Timer) : Temps max que peut prendre une station pour émettre la trame de + haute priorité
- si le jeton revient avant son temps maximal (+ temps pris pour émettre les données des classes plus prio.), la station peut envoyer des trames de cette classe \Rightarrow expiration du tempo
- si le jeton revient après, pas de trames de cette priorité, on relâche le jeton.
- Priorité contenues dans les trames (champ FC (Frame Control))

Token Bus

- Ce sont les trames qui sont priorisées pas les stations



Fast Ethernet

Réseaux Locaux à haut débit : FDDI (Fiber Distributed Data Interface)



Réseaux Locaux à haut débit : FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Motivation :

Faiblesses des Réseaux locaux classiques

- débit limité (10 Mbit/s)
- Support de type coax. ou paire torsadée

Utilisation de la fibre optique

=> augmentation des débits (100 Mbit/s)

=> augmentation des distances (jusqu' à 200 km et 1000 stations)

Contexte d' utilisation :

- Réseau « backbone » (fédérateur) : interconnexion de réseaux locaux
- Réseau local à haut débit : interconnexion de stations et de machines « puissantes »

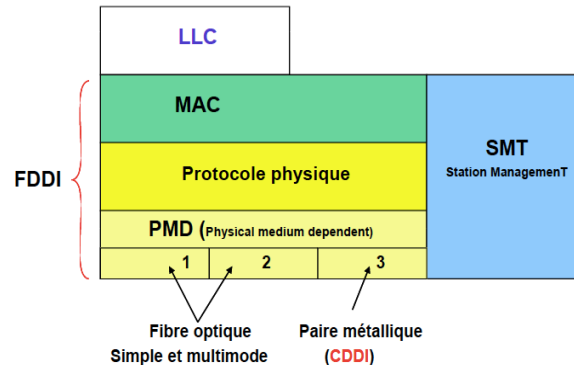


FDDI

- Accès par jeton temporisé avec priorité
- Garantie de délai d'accès aux applications multimédia et temps réel
- Optimisation des temps de réponse pour les trafics aléatoires selon priorité
- Distinction de trafics
 - Périodique (ou synchrone ou isochrone)
 - Ex. La voix téléphonique, la vidéo
 - Apériodique (ou asynchrone ou anisochrone) avec ou sans priorités
 - Ex. transfert de fichier, messagerie...
- Il n'y a pas une station monitrice, chaque station participe à la surveillance.

FDDI

- ❑ Normes ANSI puis ISO
- ❑ Supports : fibre optique multimode ou monomode (et même paire torsadée)
- ❑ Topologie : 2 anneaux
- ❑ Protocole d'accès (MAC) : jeton temporisé
- ❑ Protocole de gestion (SMT) (Station Management)
- ❑ PHY : ss-couche physique indép. du support
- ❑ PMD : ss-couche spécifique : contrôleurs, récepteurs pour la fibre optique, attachement des stations à l'anneau ...



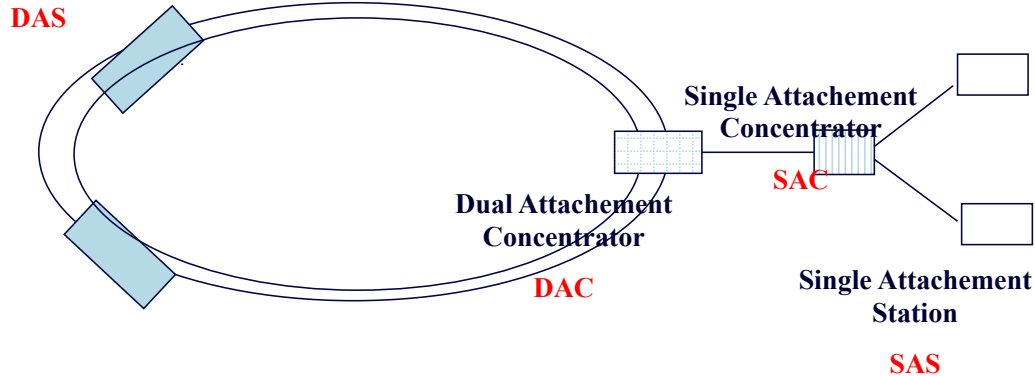


FDDI

- Topologie : Un double anneau
 - primaire : transmission des données
 - secondaire : en secours
- contre-rotatif : reconfiguration en cas de rupture du câblage
- Offre 2 classes de trafic :
 - Trafic synchrone (bande passante garantie)
 - asynchrone.
- Il existe 2 classes de station :
 - Station à simple attachement (SAS: Single Attachment Station) Reliée par 2 fibres optiques, utilisant un concentrateur qui peut être à simple ou double raccordement (SAC, DAC).
 - Station à double attachement (DAS: Double Attachment Station) Reliée directement à l'anneau principal par 4 fibres optiques.

TOPOLOGIE

Dual Attachment Station



- « Dual counter-rotating ring of Trees » : paire d'anneaux logiques sur lesquels sont reliées des cascades de concentrateurs et de stations esclaves qui forment des arbres
- Double Anneau : reconfiguration en cas de pannes d'une station ou du réseau
 - Anneau pour données + anneau de secours

LES DIFFERENTS TYPES DE STATION

- 3 types de stations (nœuds) selon leur rattachement à l'anneau primaire (Trunk Ring)
 - DAS (Dual Attachment Station - Station de Classe A): la station est reliée sur les deux anneaux possède deux ports A et B pour le raccordement direct au Trunk Ring et au moins une entité MAC
 - SAS - Station de Classe B - la station est reliée sur le 1^{er} anneau raccordée via un concentrateur, une seule entité MAC, reliée par un port S (Slave)
 - Concentrateur : ne possède pas d'entité MAC
 - DAC : dual attachment concentrator, (relié sur les deux anneaux) possède les deux ports A et B et autant de ports M (Master) que de SAS/ SAC gérées
 - SAC : Single Attachement Concentrator (reliée sur le 1^{er} anneau)
- port A : émission, port B : réception





Fiabilité et Reconfiguration

- Topologie en anneau permet d'isoler les pannes
- Lien en panne : rebouclage grâce à l'anneau secondaire
- Station DAS peuvent être passives (switch interne relie les deux ports) => transfert direct vers la station suivante
- Concentrateurs peuvent supprimer de l'anneau une station en panne
- Reconfiguration aisée en particulier grâce au deuxième anneau

Structure de la trame FDDI

- 2 types de trame
 - La trame « jeton » : Trame extrêmement simple , (jeton réduit: réserve l'émission de données de la classe asynchrone à un groupe de stations)
 - La trame FDDI : Elle ressemble beaucoup à la trame 802.5 (Token Ring).

La Trame FDDI Norme ANSI X3T-9.5 (trame similaire à norme 802.5 Token-Ring)

DONNEES	1 octet	1 octet	1 octet	6 octets	6 octets	0 à 1 octet	4 octets	1 octet	1 octet
	SD	AC	FRAME CONTROL	MAC DESTINATION	MAC SOURCE	DATA	FCS	ED	STATUT FRAME

JETON	SD	AC	FRAME CONTROL	END
--------------	----	----	------------------	-----

Structure de la trame FDDI

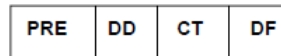
PRE : Préambule

DD : délimiteur de début (code JK)

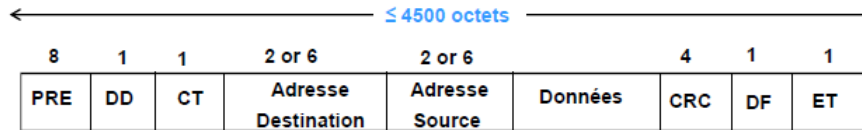
CT : contrôle trame

DF : Délimiteur de fin (code IT)

ET : état de trame

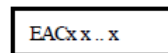


Format du jeton



Format de trame de données

Etat-trame



E : indique s'il y a eu erreur de transmission ou non
A : indique si l'adresse de destination a été reconnue ou non
C : indique si la trame a été recopiée par son destinataire ou non
x.x : extension des bits d'état

Structure de la trame FDDI

Champ
contrôle

CLFFZZZZ

C : indique si la trame est synchrone ou asynchrone

L : indique si les adresses sont sur 2 ou 6 octets

FF : indique si c'est une trame LLC ou une trame de contrôle MAC

ZZZZ : bits de contrôle

CLFFZZZZ	Signification
10000000	Jeton normal
11000000	Jeton restreint
1L000011	Demande de jeton
1L000010	Feu d'alarme
0L01rPPP	Trame asynchrone avec la priorité PPP
1L01 rrr	Trame synchrone (rrr : réservé pour extension future)

restreint : accessible à 1 groupe
non restreint : accessible à tous



Le niveau MAC

- Utilisation d'un jeton temporisé sur une topologie en boucle
- Principe :
 - émission : reconnaissance et capture du jeton puis émission d'une ou de plusieurs trames
 - remise du jeton : dès que la station a terminé sa transmission
 - retrait des trames : par l'émetteur
 - réception et positionnement des bits E (erreur), A(@) et C (copie) idem Token Ring



Protocole de Jeton Temporisé

- Objectif : garantir un délai maximum d'accès à l'anneau pour le trafic synchrone (plus prioritaire) de $2 \cdot TTRT$ et en moyenne de $TTRT$
- $TTRT$: Target Token Rotation Time, temps de rotation cible, négocié entre toutes les stations et connu de toutes
- SA_i : Temps alloué à la station i pour son trafic synchrone par le protocole SMT

$$\sum_i SA_i = 2 \cdot TTRT$$

- Temporisateur TRT : Token Rotation Timer, réarmé à chaque remise du jeton et initialisé à $TTRT$ (durée réelle de rotation du jeton)
- Temporisateur THT : Token Holding Time, armé à l'arrivée du jeton et initialisé à TRT (Durée de rétention du jeton par une station)



Stratégie d'émission

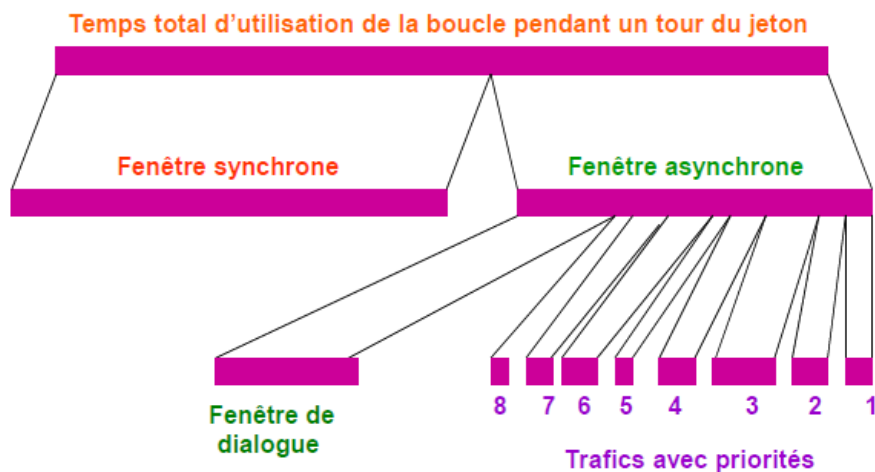
- Si le Jeton arrive avant expiration de TRT (le jeton est en avance)
 - $THT := TRT$
 - La station émet son trafic synchrone Sai (Temps alloué à la station i)
 - La station émet du trafic asynchrone par ordre de priorité pendant le temps THT
- Sinon (le jeton est en retard)
 - La station émet son trafic synchrone Sai
 - Elle n'émet pas de trafic asynchrone
- A l'initialisation de l'anneau, chaque station, en fonction de ses contraintes temporelles propose un TTRT.
- On prend le TTRT le plus faible.



Jeton Temporisé

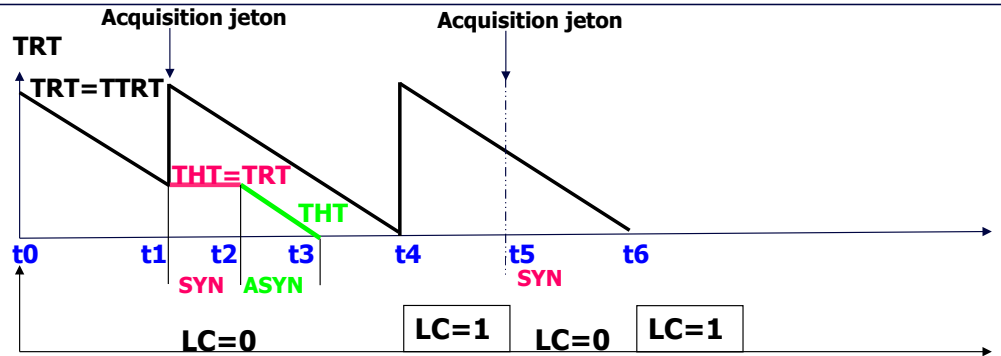
- ❑ **Les temporisateurs:** Le mécanisme du jeton temporisé est contrôlé par quatre variables d'état
- ❑ **Target Token Rotation Time (TTRT) :** qui est défini pendant la phase d'initialisation de l'anneau et représente le temps d'attente maximal du jeton pour une station (au bout duquel la station doit recevoir le jeton). Cette valeur est négociée lors de l'ouverture entre 4 ms et 167 ms.
- ❑ **Late_counter (LC):** autorise (LC=0) ou interdit (LC=1) l'émission de données de la classe asynchrone.
- ❑ **Token Rotational Timer (TRT):** qui est déclenché par chaque station dès qu'elle capte le jeton. Le maximum du TRT est égal à TTRT.
- ❑ **Token Holding Timer (THT) :** Mesure le temps d'émission de données de la classe asynchrone

Décomposition du temps d'accès à la boucle FDDI



Le temps séparant deux passages successifs du jeton dans toutes les stations est inférieur à $2 \cdot \text{TTRT}$

Jeton Temporisé



- t_0 : la station initialise ses variables ($TRT=TTRT, THT=0, LC=0$)
- t_1 : arrivée du jeton, la station possède des données asynchrones et synchrones à transmettre.
 - THT =(temps d'émission des données asynchrones) est initialisé au temps restant
 - $TRT=TTRT$
 - La station émet ses données synchrone(THT n'est pas décrémenté), puis les données asynchrones durant THT .
- À l'échéance de TRT (t_4), le jeton n'étant pas de retour, la variable LC est positionnée et TRT est réinitialisé.
- t_5 : Le jeton arrive, seules les données synchrones peuvent être émises($LC=1$)
 - ◆ TRT n'est pas réinitialisé ($LC=1$)
 - ◆ LC réinitialisé ($LC=0$);



Station Management (SMT)

- ≠ Token Ring, pas de station prioritaire (Décentralisé) . Les stations sont toutes à même de détecter les anomalies
 - Expiration du temps de Transmission
 - Jeton en retard (2 fois de suite)
- Initialisation
- Claim Process (Recherche de jeton) :
- Les stations négocient TTRT temps de rotation cible
 - chacune propose le sien
 - le TTRT retenu est le min
 - la station considérée possède le jeton
 - chaque station mémorise le TTRT
- Beacon Process (réinitialisation)
- Permet de vérifier la connexité de l' anneau (pas de coupure de boucle)
- Chaque station émet en permanence des trames Beacon
- A la réception
 - Si ce sont les siennes elle arrête
 - Sinon elle copie l'adresse et les répète



Procédures de surveillance de la boucle FDDI

- Contrôle de la boucle
 - Le jeton peut se perdre suite à une panne de la station qui l'a retiré
 - ou suite à des erreurs de transmission subies par le jeton lors de sa transmission.
- Contrôle décentralisé de la boucle : toute station réinitialise la boucle si :
 - Elle détecte que le temps de rotation du jeton dépasse $2 * TTRT$
 - Elle détecte que sa trame ne lui revient pas au bout d'un délai égal à celui qu'il faut pour faire un tour complet de la boucle
- Détection de coupure de boucle
 - Toute station détecte que la boucle est coupée si rien ne lui parvient au bout d'un délai supérieur celui pour faire un tour complet de la boucle
 - La station transmet en continu une trame feu d'alarme
 - La station arrête de transmettre la trame feu d'alarme quand sa trame feu alarme lui revient. Elle lance ensuite la procédure de réinitialisation de la boucle



Le niveau Physique

- Transmitters : diodes laser
- Lien : max 60km, extension 100km SONET (réseau public - Synchronous Optical NETwork)
- Rapidité de Modulation : 125 Mbauds
- Nbr Maximal de Stations : 500 (\Rightarrow 1000)
- Lg max du câble : 100 km (\Rightarrow 200)
- distance entre les stations :
 - 2 km fibre multimode
 - 500 m en fibre low cost
 - jusqu'à 60 km en fibre monomode
 - < 100 m en paire torsadée
- Les supports (\neq couches PMD)
 - MultiMode Fiber MMF-PMD
 - LowCost Fiber LCF-PMD
 - CDDI : paires torsadées
 - ...



Le niveau Physique

- Transmission en bande de base
- Codage 4B/5B : 1 symbole \Rightarrow 5 bits
- Transmission NRZI :
 - une transition pour un 1
 - pas de transition pour 0
 - En un intervalle : 2 bits
- Codage pour éviter les suites de 0
- Pas de signal d'horloge envoyé ; synchronis. par préambule
- Vitesse d'horloge : 62,5 MHz ($100 \cdot 5/4 \cdot 0,5$)
- (Manchester : 2 transitions par symbole \Rightarrow 20 MHz pour Ethernet)



Conclusion

- Pbs :
 - coût des composants optiques
 - Complexité gestion des stations FDDI
 - structure en anneau
 - Limitation du débit
 - Concurrence Ethernet
 - Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
 - Echec FDDI II (trafic isochrone)

Fin

N'oublier pas le cartable numérique pour la
prochaine séance de TD

