

IN 362 – Media Access Control protocols.

Quentin Giorgi.

“In science the credit goes to the man who convinces the world, not the man to whom the idea first occurs.” Sir Francis Darwin.

Les Méthodes d'accès au média

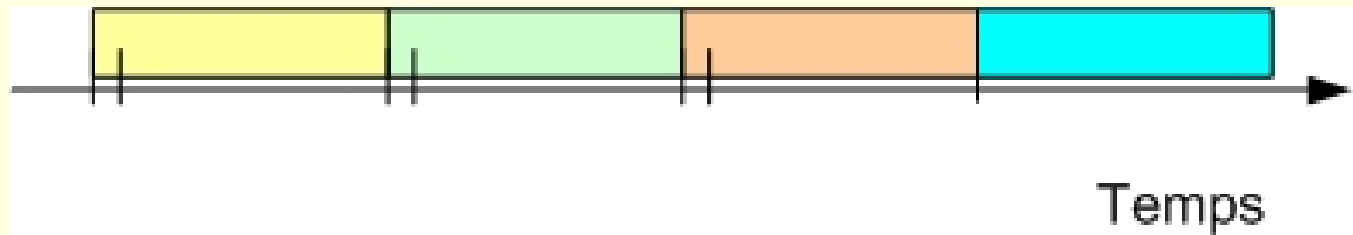
- Différentes méthodes d'allocation
 - Méthodes d'allocation statique
 - TDMA
 - FDMA
 - CDMA
 - SDMA
 - Méthodes d'allocation dynamique (packet based)
 - Accès aléatoires
 - Accès contrôlés (centralisé ou non)

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation statique
 - Allocation invariante dans le temps
 - L'accès au média est réparti « à priori » pour l'ensemble des stations/hôtes appartenant à ce réseau.
 - Nécessite une affectation hors bande du média (provisionnement, ou par signalisation).
 - Les accès à ce média se font alors sans conflit, il n'y a pas de période de « contention ».

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation statique
 - TDMA: Time Division Multiple Access
 - (AMRT Accès Multiple à Répartition Temporelle.)
 - L'accès au média est découpé en intervalles de temps réguliers (slots).
 - Un (ou plusieurs) intervalle de temps est affecté à une station, qui dispose alors du média de manière exclusive.



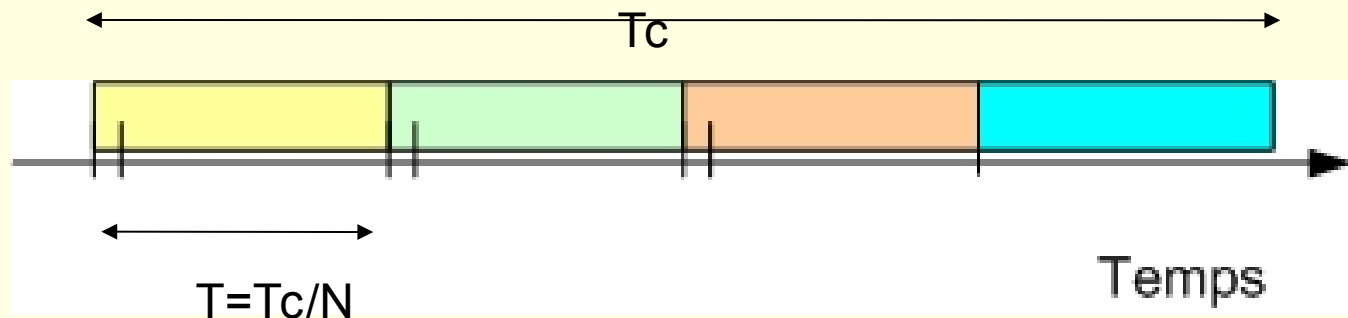
- Mieux adapté à des transmissions de trames de taille fixe
- Nécessite un temps de garde, pourquoi ?

Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique TDMA

■ Quels sont les paramètres qui induisent du délai dans la transmission d'une trame par une station ?

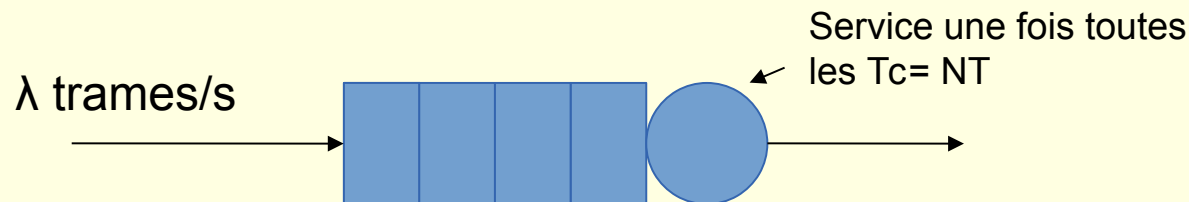
- On considère : N stations (débits possible sur le média de d bits/s, trames de p bits)
- Il faut attendre le début du slot: ($T_c/2$) si on considère que l'arrivée d'une trame est uniformément réparti.
- Le temps d'attente dans la file de trames à envoyer (trames précédentes) ?????
- Le temps d'émission unitaire d'une trame ($T = p/d$)



Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique TDMA

- On peut modéliser la file des messages à envoyer pour une station en M/D/1 (sera vu en M_Axxx pour certains)
- Il arrive pour une station $\lambda.T_c$ trames en moyenne pendant T_c (noté ρ) < 1
 - $\rho = \lambda.T_c = \lambda.N.T = \lambda.N.p/d$
- Le temps moyen d'attente dans la file est donné par la formule suivante :
 - Délai = $T_c.p/2(1-\rho) = NT.p/2(1-\rho)$
- Délai total = $NT/2 + T + NT.p/2(1-\rho) = T(1 + N/(2.(1-\rho)))$
- Délai normalisé $D/(p/d) = 1 + N/(2.(1-\rho))$



Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique TDMA

– Avantages:

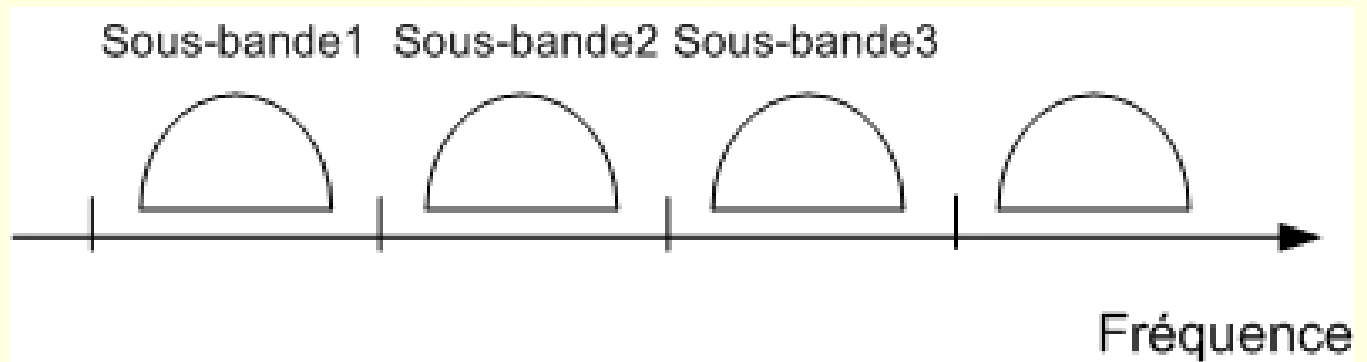
- Protocole simple
- Équitable ou possibilité de gérer des priorités (attribution de plusieurs slots de temps à une station)
- Déterminisme des communications (temps connu pour envoyer un volume d'information connu).

– Inconvénients:

- Manque d'efficacité si trafic en rafale.
- Mauvaise utilisation de la bande passante.
- Les équipements doivent être synchronisés.
- Principalement utile avec des trames de taille fixe.

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation statique
 - FDMA: Frequency Division Multiple Access
 - (AMRF Accès Multiple à Répartition Fréquentielle.)
 - La bande passante disponible est découpée en sous-bandes
 - Une sous bande est affectée de manière exclusive à une station qui peut émettre tout le temps sur cette sous-bande de fréquences.



Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique FDMA

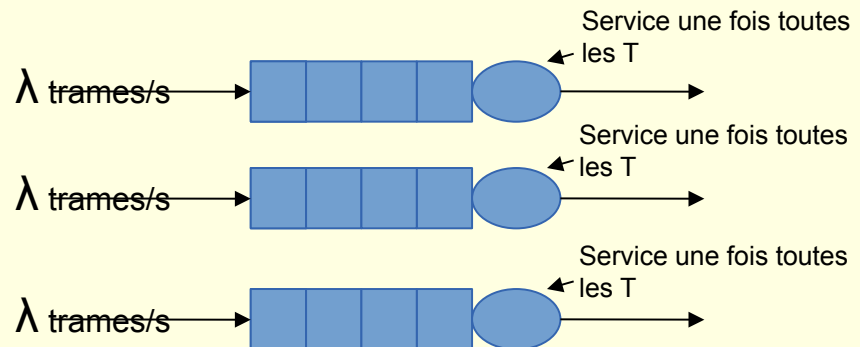
- Quels sont les paramètres qui induisent du délai dans la transmission d'une trame ?
 - On considère : N stations (débits possible sur le média de d bits/s (donc max d/N bits/s pour chaque station), trames de p bits
 - La transmission peut avoir lieu tout de suite s'il n'y a pas de trame dans la file.
 - Le temps d'attente dans la file de trames à envoyer (trames précédents) ?????
 - Le temps d'émission unitaire d'une trame ($T = Np/d$)

Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique FDMA

On peut modéliser la transmission par N files M/D/1 des messages à envoyer si les trames sont de taille fixe (sera vu en MA411 pour certains)

- Il arrive donc $\lambda.T$ trames en moyenne pendant T noté ρ ($\rho < 1$)
 - $\rho = \lambda.T = \lambda.Np/d$
- Le temps moyen d'attente dans la file est donné par la formule suivante :
 - Délai = $T.\rho/2(1-\rho)$
- Délai total = $T + T.\rho/2(1-\rho) = T(1 + \rho/2(1-\rho))$
- Délai normalisé $D/(p/d) = N/2.(1 + 1/(1-\rho))$

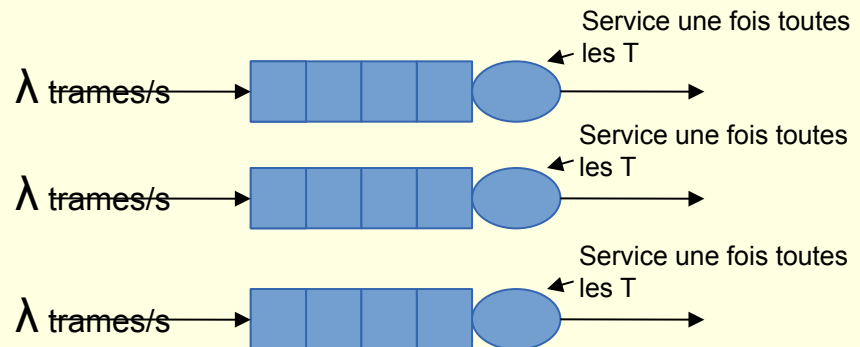


Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique FDMA

On peut modéliser la transmission par N files M/D/1 des messages à envoyer si les trames sont de taille fixe (sera vu en MA411 pour certains)

- Il arrive donc $\lambda.T$ trames en moyenne pendant T noté ρ ($\rho < 1$)
 - $\rho = \lambda.T = \lambda.Np/d$
- Le temps moyen d'attente dans la file est donné par la formule suivante :
 - Délai = $T.\rho/2(1-\rho)$
- Délai total = $T + T.\rho/2(1-\rho) = T(1 + \rho/2(1-\rho))$
- Délai normalisé $D/(p/d) = N/2.(1 + 1/(1-\rho))$



Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation statique FDMA

— Avantages:

- Protocole simple
- Équitable
- Déterminisme des communications (temps connu pour envoyer un volume d'information connu)
- Ne nécessite pas de synchronisation entre les stations.
- Ne nécessite pas de trame de taille fixe

— Inconvénients:

- Nécessite un filtrage en fréquence pour recevoir les communications --> station centrale.
- Mauvaise utilisation de la bande passante.
- Peu performant (pire que TDMA ?)
- Gaspillage inter-bandes (la bande passante est une ressource limitée).

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation statique
 - CDMA: Code Division Multiple Access
 - Toutes les stations peuvent transmettre en même temps, en utilisant l'ensemble du média (fréquence)
 - L'information est étalée (en fréquence) par l'utilisation de codes (chipping sequence).
 - Chaque station à son propre code (orthogonaux entre eux)
 - Les récepteurs doivent connaître ce code pour retrouver le message d'origine.

Les Méthodes d'accès au média

Méthodes d'allocation statique CDMA

– Exemple simpliste de code :

- Ici code sur 4 unités.
- $A_k = \{-1, 1, 1, -1\} = \{a_i\} \quad 1 \leq i \leq 4$
- $B_k = \{1, -1, 1, -1\} = \{b_i\} \quad 1 \leq i \leq 4$
- $C_k = \{1, 1, -1, -1\} = \{c_i\} \quad 1 \leq i \leq 4$

– Avec : $\sum a_i^2 = 4$ et $\sum a_i * b_i = \sum b_i * c_i = \sum a_i * c_i = 0$

Quand une station A veut emettre

- « 1 » $\rightarrow a_i^* = a_i \quad 1 \leq i \leq 4$
- « 0 » $\rightarrow a_i^* = -a_i \quad 1 \leq i \leq 4$
- Rien $\rightarrow a_i^* = 0$

Les Méthodes d'accès au média

■ CDMA: Code Division Multiple Access

On considère que les signaux s'ajoutent (et sont synchrones)

Signal Résultant R observé

$$r_i = a_i^* + b_i^* + c_i^*$$

Pour en déduire ce qui est envoyé par chaque station le receptrer doit utilisé le code (exemple A)

$$R.A_k = \sum r_i a_i = \sum (a_i^* + b_i^* + c_i^*) a_i = \sum (a_i^*) . a_i$$

$$\text{Si } R.A_k < 0 \rightarrow \text{« 0 »}$$

$$\text{Si } R.A_k > 0 \rightarrow \text{« 1 »}$$

$$\text{Si } R.A_k = 0 \rightarrow A \text{ n'a rien envoyé.}$$

Les Méthodes d'accès au média

- SDMA: Space Division Multiple Access
 - Toutes les stations peuvent transmettre en même temps, en utilisant l'ensemble du média (fréquence)
 - L'utilisation d'antenne directive permet de répartir le média en plusieurs parties.
 - Utilisable lors de communication avec un point central

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation statique
 - Les méthodes d'allocation statiques ne sont pas adaptées si:
 - le nombre de stations varie (ex: réseau locaux d'entreprise) ou est trop important (épuisement des ressources (slots, sousbandes, codes)).
 - Le trafic généré par les stations est irrégulier, en rafale.
 - Ces méthodes restent adaptées si:
 - Le nombre de station est fixe ou limité.
 - Les débits sont constants ou peu variable.
 - Ces méthodes peuvent être utilisées conjointement (FDMA, TDMA, SDMA)

Les Méthodes d'accès au média

- Remarques:

- Ne pas confondre avec:

- TDD (Time Division Duplex), permet d'utiliser le média pour des communications bidirectionnelles en utilisant deux périodes distinctes, généralement dans le cas de réseau coordonné par un point central.
 - ex: DECT.
 - FDD (Frequency Division Duplex), permet d'utiliser le média pour des communications bidirectionnelles, en utilisant deux gammes de fréquence (uplink/downlink)
 - Ex: GSM.

Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation dynamique

- Les méthodes d'allocation dynamique du média permettent de s'affranchir des inconvénients des méthodes statiques, et notamment permettent de s'adapter aux topologies dynamiques
 - insertion/suppression de stations,
 - Mouvements des stations
 - trafic irrégulier, etc..
- Les méthodes dynamiques peuvent être contrôlées ou non (point central, jeton, réservation), avec ou sans contention.

Les Méthodes d'accès au média

■ Méthodes d'allocation dynamique

■ Contention :

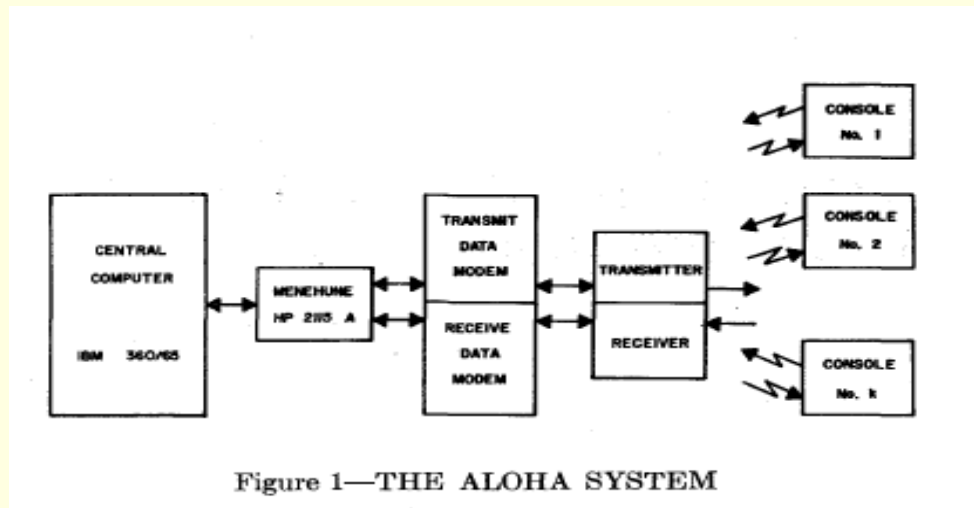
- Une méthode d'accès est à contention (avec conflits) quand une station qui émet une trame n'est pas certaine qu'une autre n'est pas en train ou ne sera pas en train d'émettre une trame qui viendra empêcher la bonne transmission.
- Le protocole doit prévoir un moyen de résoudre cette contention, c'est à dire que si une mauvaise transmission (collision ?) arrive, les stations désirant émettre trouvent tout de même un instant ultérieur leur permettant d'émettre avec succès.
- NOTE : Si la probabilité de collision est faible, les méthodes de résolution de contention à mettre en œuvre peuvent être moins coûteuses que d'utiliser des méthodes sans contention

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation dynamique
 - Les méthodes d'allocation dynamique du média doivent prendre en compte les points suivants :
 - Génération des trames : Chaque station peut vouloir émettre de façon indépendante.
 - Taille des trames : fixe ou non
 - Rétro-action (feedback) du média : Une station peut être capable de collecter de l'information concernant sa transmission (soit par écoute du canal, soit par acquittement explicite de la station destination)
 - Synchronisation des stations : nécessaire ou non.
 - Type de média : avec ou « sans » erreurs, etc..
 - Connectivité : les stations sont elles toutes connectées en mode broadcast, tout le temps, les connections sont elles bidirectionnelles ?

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation dynamique (aléatoires)
 - ALOHA : Norman Abramson
 - “THE ALOHA SYSTEM: another alternative for computer communications” 1970.
 - Utilisation de FDD pour le flux montant/descendant.
 - Contention possible que sur le flux montant.

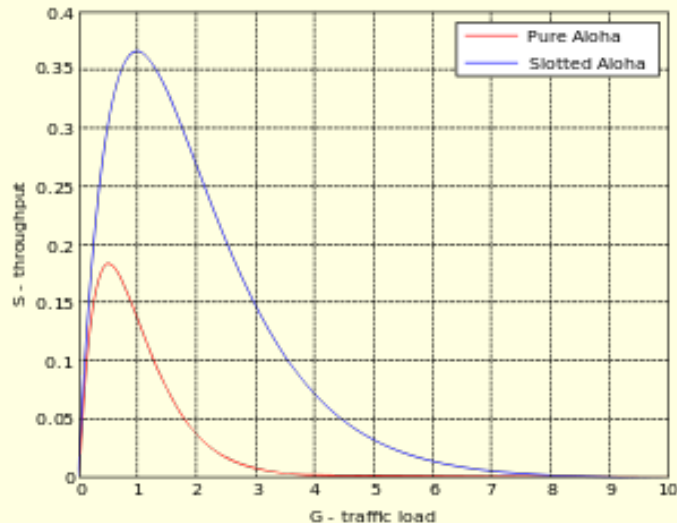


Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation dynamique (aléatoires)
 - ALOHA : Norman Abramson
 - Décrit le principe de base du partage d'un canal entre plusieurs stations, principe des systèmes à contention.
 - Chaque « console » peut émettre quand elle le veut ! Ne nécessite pas de synchronisation entre les consoles.
 - Les trames possèdent un code de détection d'erreurs permettant au récepteur de savoir si la transmission s'est déroulée correctement (ou s'il y a eu collision)

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation dynamique (aléatoires)
 - ALOHA (pur)
 - Une station envoyant un message de durée fixe T à t_0
 - Il se produit une collision si une autre station envoie un message entre $t_0 - T$ et $t_0 + T$



Rentabilité faible, débit effectif max 18% (canal peu occupé)
s'effondre avec la charge.

Illustration wikipedia.

Les Méthodes d'accès au média

- La minute mathématiques ! (1/2)
 - N utilisateurs sur le réseau emettent une trame sur un interval T (T durée d'émission d'une trame) avec un taux d'arrivée λ
 - Soit pour tous les utilisateurs $\rho = N\lambda T$ tentatives d'envoi de trames pendant T
 - L'arrivée d'événements indépendants est modélisée par une loi de poisson.
$$P(X=k) = (\rho^k e^{-\rho}) / k !$$

Probabilité de transmission avec succès d'un trame:

(pas d'autre trame pendant 2T)

$$P(X=0) = e^{-2\rho}$$

Or pendant T on a $\rho = N\lambda T$ tentatives de trames, qui sont transmis correctement avec une probabilité $e^{-2\rho}$.

Soit $\rho e^{-2\rho}$ trames transmis correctement pendant T

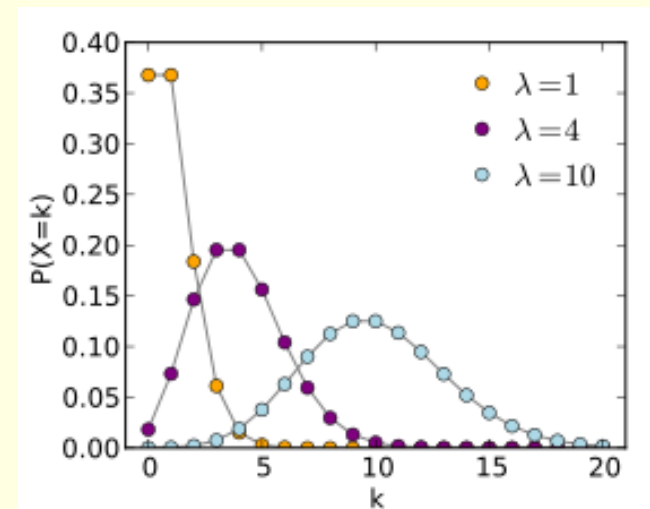
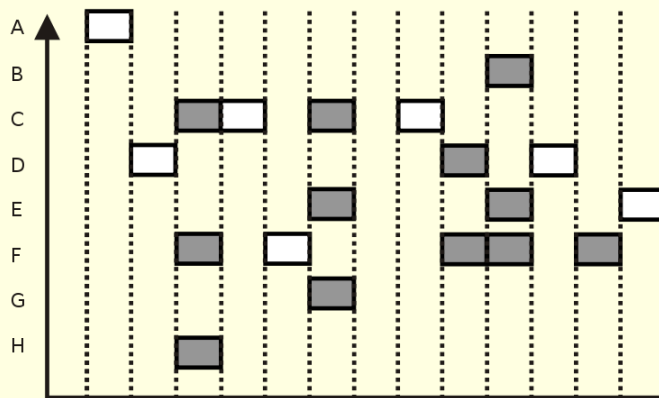


Illustration wikipedia.

Les Méthodes d'accès au média

- Slotted ALOHA (discrétisé)
 - « Aloha packet system with an without slots and capture »
L.G Roberts.
 - Permet de doubler la capacité du pur ALOHA
 - Une station ne peut émettre qu'à des instants définis.



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

Il se produit une collision que si plusieurs stations veulent émettre dans l'intervalle $[t_0 - T, t_0]$

Les stations doivent être synchrones

Illustration wikipedia.

Les Méthodes d'accès au média

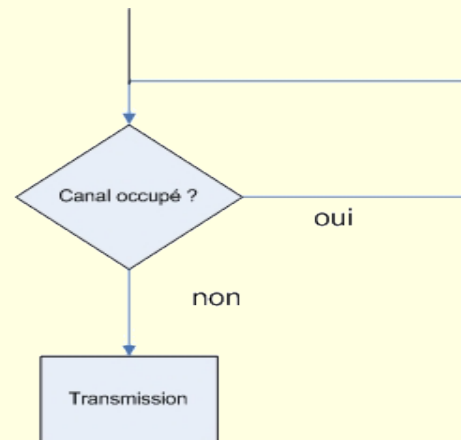
■ CSMA

■ Carrier Sense, Multiple Access.

- Carrier = présence de signaux sur le média (pas « porteuse » au sens modulation).
- Protocoles à écoute de porteuse.
- Principe:
 - Si une station veut émettre elle écoute d'abord la porteuse
 - Si la porteuse est libre, le message est transmis.
 - Sinon la station attend que le canal soit libre puis transmet le message (plusieurs options possibles)
 - Si une collision arrive, le message doit être retransmis.
- Avantage: la durée de vulnérabilité est de l'ordre du temps de propagation du signal (effet capture du media)

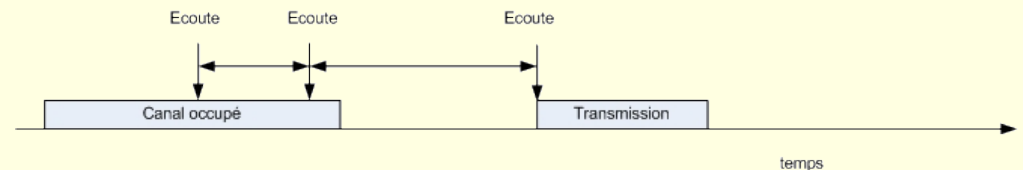
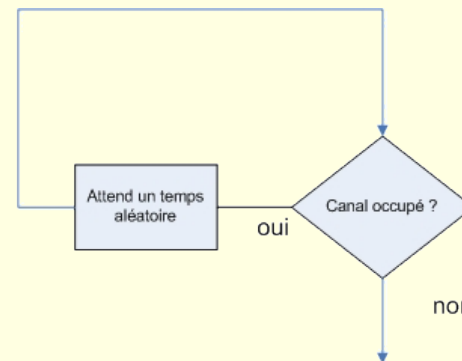
Les Méthodes d'accès au média

- CSMA
 - Comportement de l'émetteur lorsqu'il découvre le canal occupé.
 - CSMA 1persisant



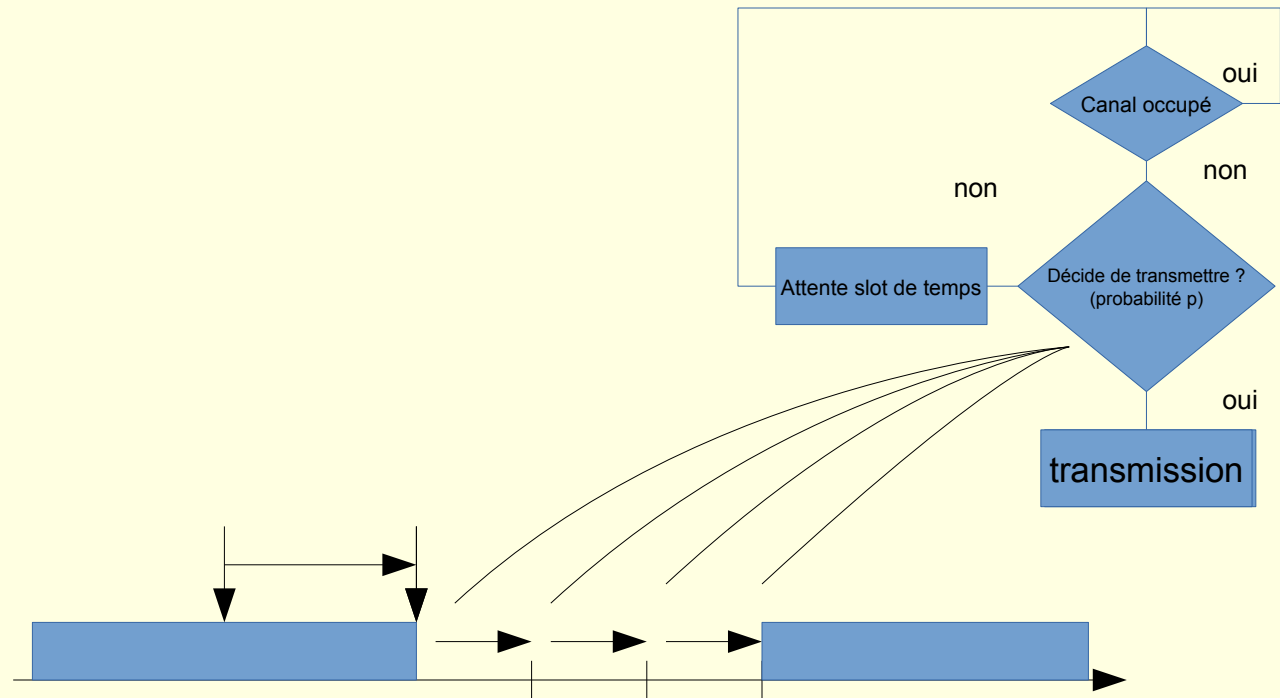
Les Méthodes d'accès au média

- CSMA
 - CSMA non-persistent



Les Méthodes d'accès au média

- CSMA
 - CSMA p-persistent
 - Canal alloué en slots de temps



Les Méthodes d'accès au média

- CSMA

- Remarques:

- L'écoute de la porteuse permet de réduire la durée de vulnérabilité de l'ordre du temps de propagation. Plus ce temps sera élevé, plus il y aura de collisions.
 - → calcul de la durée de vulnérabilité ?
 - Même si ce délai est très court il peut toujours y avoir des collisions (1-persistant) ou des erreurs sur le média, en aucun cas le message est assuré d'être reçu correctement.

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CD

- CSMA with Collision Detection.

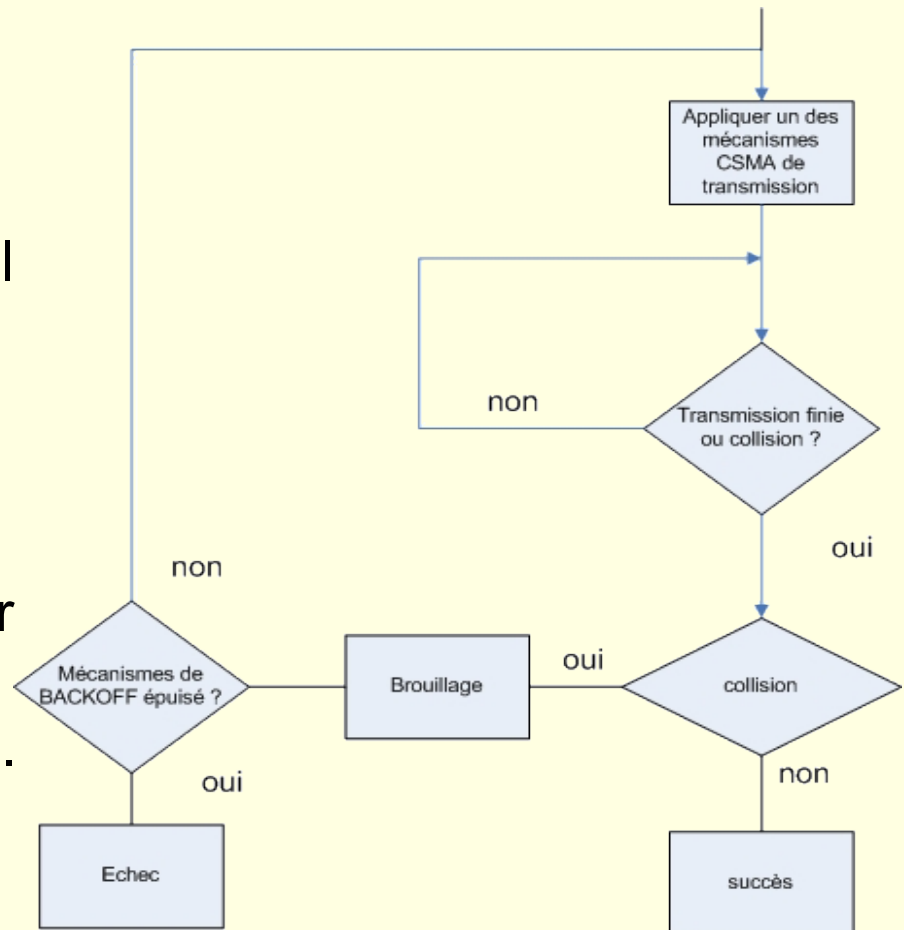
- Permet de détecter les collisions et de réagir au plus vite pour éviter d'occuper le média inutilement.
 - Suppose un média où il est possible pour une station d'écouter en même temps que d'émettre.
 - Principe de base d'Ethernet. (sera revu en détail à ce moment).

Les Méthodes d'accès au média

■ CSMA/CD

■ CSMA with Collision Detection.

- Ecoute du média pendant émission, s'il y a une collision les signaux écoutés ne correspondent pas à ce qui est envoyé.
- Brouillage pour forcer la détection par toutes les stations en cause.



Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CD

- CSMA with Collision Detection.

- Mécanisme de Backoff (Binary Exponential Backoff ou truncated BEB).
 - Permet de relâcher le média en laissant le média libre pendant un intervalle de temps aléatoire.
 - BEB permet d'ajuster ce temps en fonction du nombre de tentatives de transmissions infructueuses (nombre relatif au nombre de stations désirant émettre en ce moment).
 - Afin de se rapprocher d'un comportement p persistant, une station tire un nombre au hasard entre $[0, 2^{k-1}[$, k nombre de retransmissions.

Les Méthodes d'accès au média

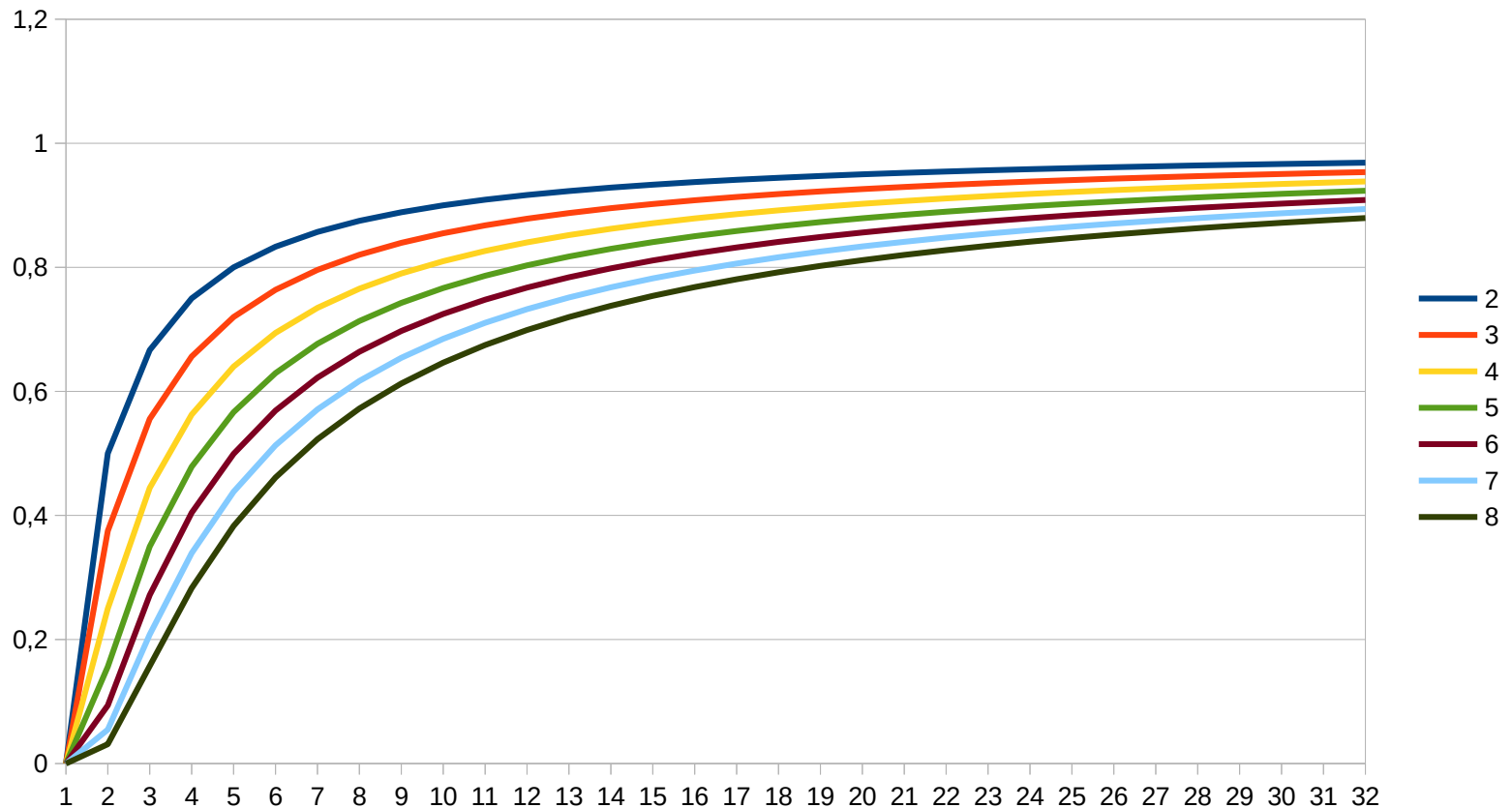
- CSMA/CD, la minute mathématiques.
 - Avec un backoff, Quelle est la probabilité de pouvoir envoyer une trame sans créer de nouvelles collisions en fonction de N (nb de slots) et k nombre de clients qui veulent émettre à la fin de l'écoute active (fin d'une trame précédent) ?

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CD La minute mathématiques (1/2).
 - Cas possibles : N^k
 - Cas favorables : il faut que une (et une seule) station parmi les k stations, tire le plus petit numéro :
 - K possibilités
 - Après toutes les $k-1$ autres stations peuvent tirer n'importe quel numéro supérieur.
 - Ex. Rang 1
 - K possibilités pour le plus petit numéro
 - $(N-1)^{k-1}$ possibilités pour les autres
 - Rang2
 - K possibilités pour le plus petit numéro
 - $(N-2)^{k-1}$ possibilités pour les autres
 - Nombre de cas favorables :
$$k \cdot \sum_{(i \text{ de } 0 \text{ à } n-1)} i^{k-1}$$
 - Probabilité de succès :
$$k/N^k \cdot \sum_{(i \text{ de } 0 \text{ à } n-1)} i^{k-1}$$

Les Méthodes d'accès au média

■ CSMA/CD, la minute mathématiques (2/2).



Les Méthodes d'accès au média

■ CSMA

■ Durée minimale de trame

- Pour détecter une collision, une station en émission doit recevoir un signal perturbé pendant qu'elle est toujours en cours d'émission
- Cela impose une taille minimale de combien d'octets ?
 - Débit = B .(bits/s)
 - Vitesse du signal = v (m/s)
 - Distance max entre 2 stations d (m).



Les Méthodes d'accès au média

■ CSMA/CA

■ CSMA with Collision Avoidance.

- Permet d'éviter les collisions dans le cas où le média ou les technologies utilisées ne permettent pas de détecter les collisions (ex: 802.11, sera revu en détail à ce moment).
- Lorsqu'une station veut émettre, elle écoute le média, s'il est libre pendant un temps défini (IFS), elle peut émettre immédiatement.
- Si le média est occupé, elle attend jusqu'à ce qu'il soit libre pendant un temps IFS, puis attend via un mécanisme de backoff avant de pouvoir émettre.
- Les trames sont acquittées explicitement.

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CA
 - CSMA with Collision Avoidance.
 - Evite que plusieurs stations en attente sur le même événement soient en conflit à la fin de cet événement.

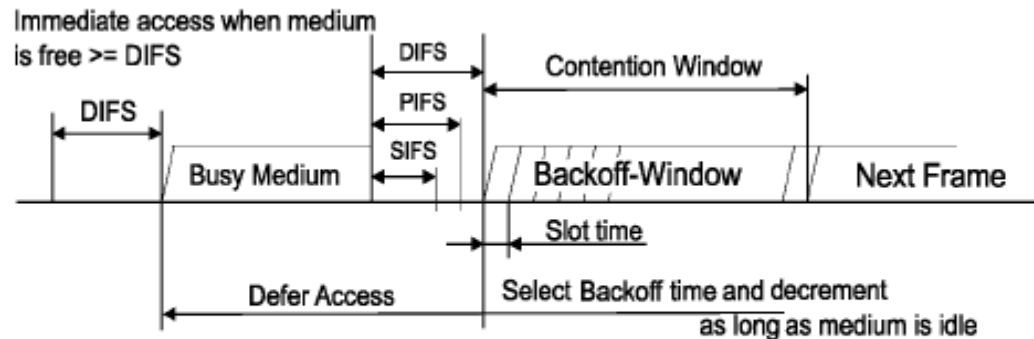


Figure 9-5—Basic access method

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CA
 - CSMA with Collision Avoidance.
 - Utilisation de mécanismes de plus haut niveau (trames spécifiques RTS/CTS) afin d'assurer une résistance accrue aux problèmes de la station cachée.
 - Utilisation de la fragmentation pour permettre l'envoi de plus petites trames (probabilité plus faible d'interférences)
 - On peut jouer sur les IFS pour émettre en priorité.
 - Collision avoidance, ne signifie pas qu'il n'y a plus de collisions...

Les Méthodes d'accès au média

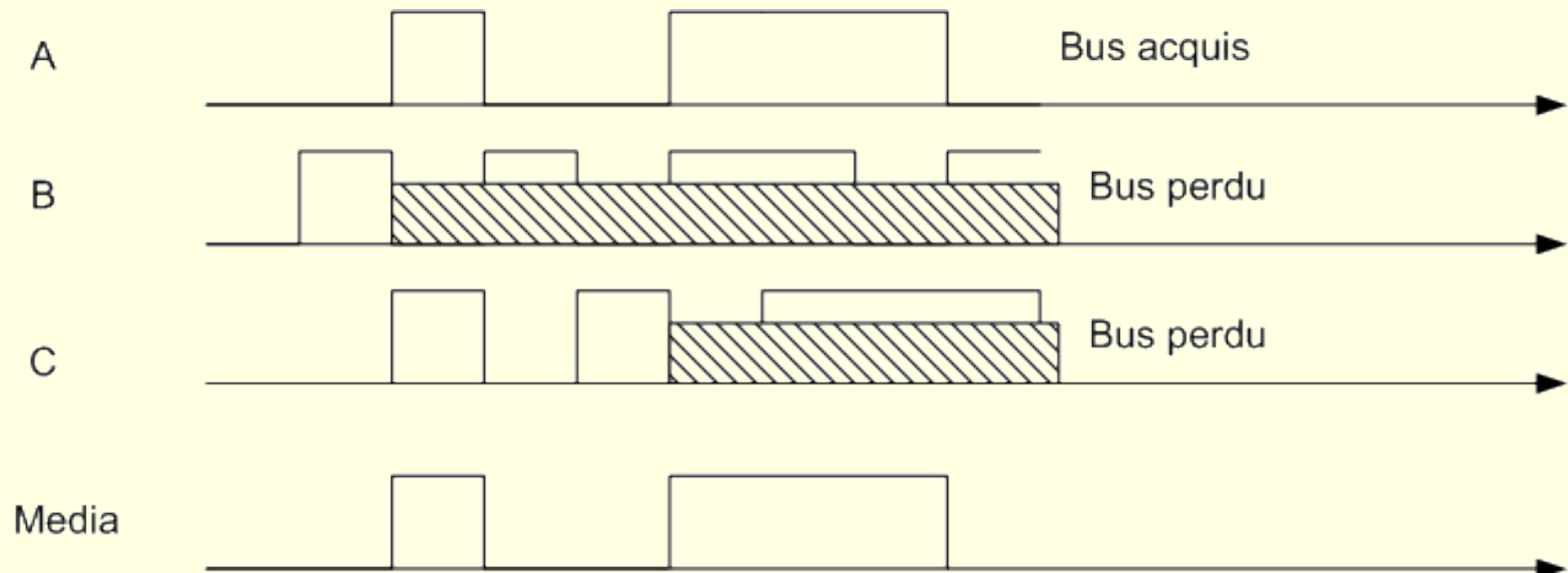
- CSMA/CR (with collision Resolution)
 - CSMA/BA - CSMA with bitwise arbitration (utilisé dans les réseaux CAN)
 - Protocole utilisant les collisions de manière à offrir des fonctionnalités avancées (déterminisme, priorité, etc..)
 - CSMA/BA Nécessite des stations synchronisées au niveau de l'émission des bits du signal.
 - Arbitrage non destructif (les collisions ne sont plus destructives), nécessite un codage de l'information permettant de réaliser une opération logique bit à bit.
 - ex CAN: « WIRED AND », l'émission simultanée d'un « 1 » et « 0 » provoque un « 0 » sur le média.

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CR

- CSMA/BA.

- Si les premiers bits sont l'adresse (identifiant) de la station, les stations d'adresse les plus faibles sont les plus prioritaires.

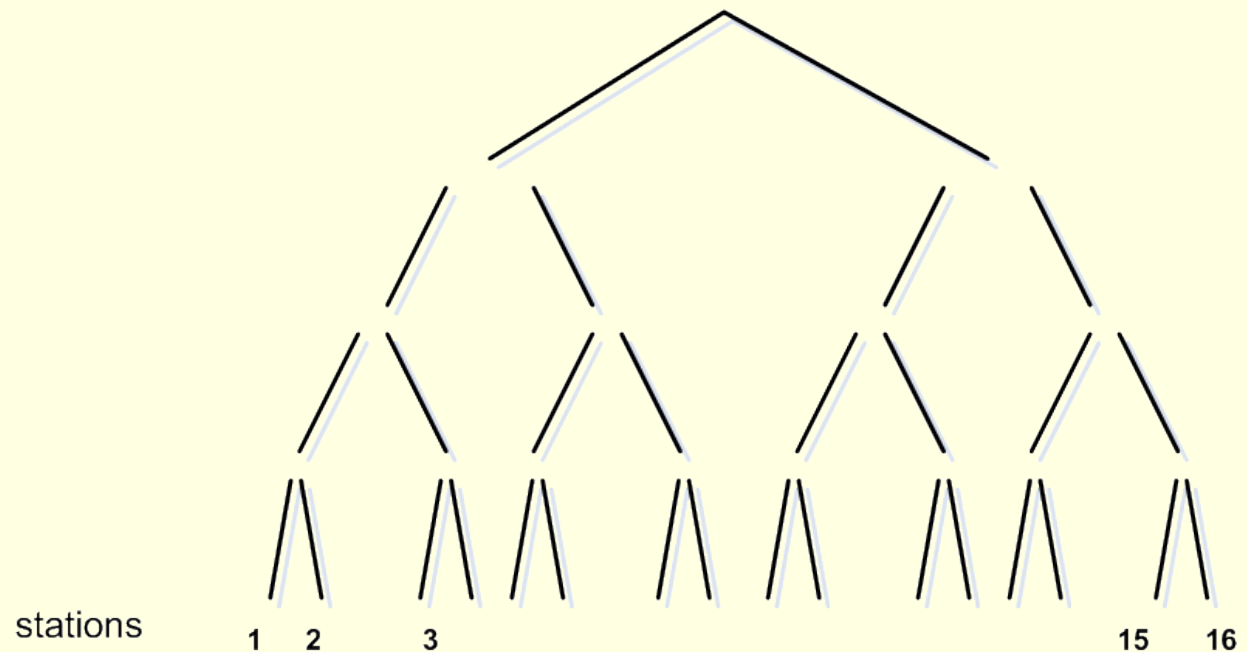


Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CR
 - CSMA/DCR - CSMA with Deterministic Collision Resolution.
 - « Real-Time Communications over Broadcast Networks: the CSMA-DCR and the DOD-CSMA-CD Protocols » G. LE LANN & N. Rivière.
 - Protocole permettant de limiter la contention provoquée par des collisions.
 - Chaque station (avec son indice) se considère comme une feuille de l'arbre, en cas de collision, chaque station effectue le même algorithme localement.

Les Méthodes d'accès au média

- CSMA/CR
 - CSMA/DCR - CSMA with Deterministic Collision Resolution.
 - Fonctionnement.

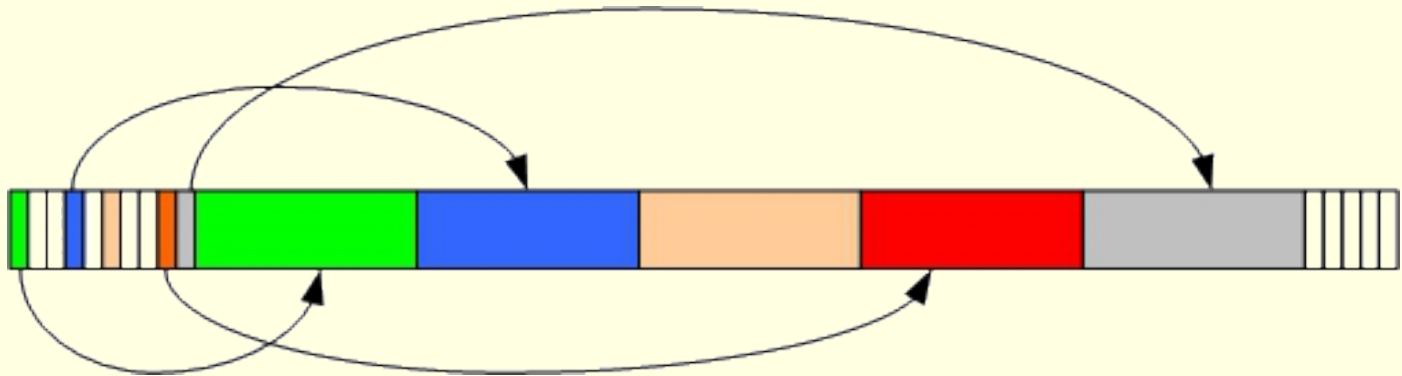


Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation dynamique (contrôlées)
 - Méthodes à réservation.
 - L'accès au média se fait en deux périodes:
 - Une première période de signalisation (réservation), soit à contention, soit sans contention. (période courte)
 - Une deuxième période de transfert de données (dans les slots de temps réservés) où une station à l'accès exclusif au média.
 - Les stations doivent se synchroniser (début de périodes).

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes à réservation.
 - R-TDMA (Reservation TDMA)
 - Un mini-slot est réservé pour chaque station pour indiquer si elle veut émettre ou non, si oui elle réserve un slot (dans l'ordre des stations)



Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes à réservation.

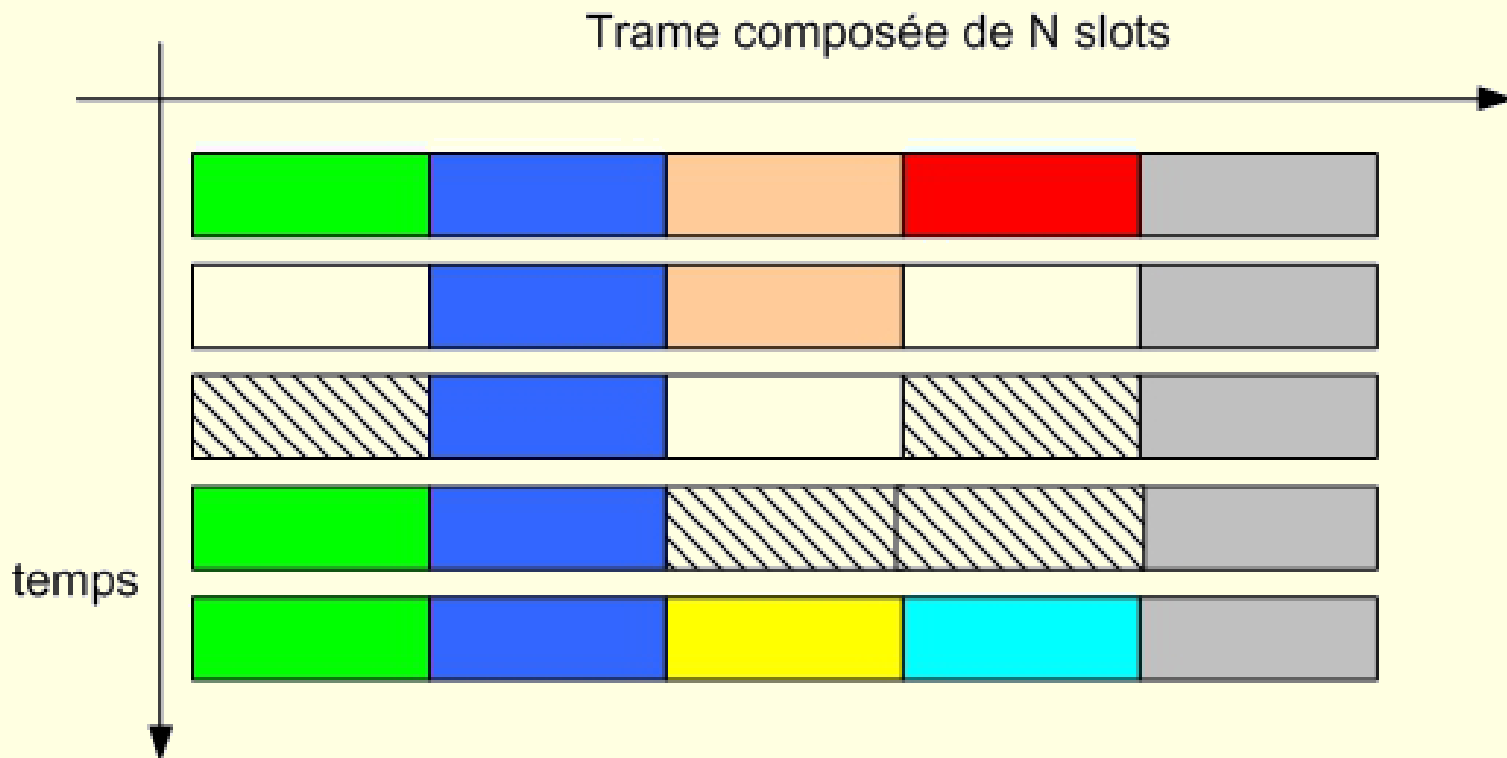
- R-ALOHA

- R-ALOHA (média découpé en slots de temps) une période est formée de plusieurs slots, chaque station peut émettre dans un slot de temps.
 - Une fois que la station a réussi à émettre dans ce slot, elle en devient propriétaire jusqu'à qu'elle n'ait plus rien à émettre.
 - Les stations sont à nouveau en compétition pour un slot (contention), quand le slot correspondant de la trame précédent était inutilisé (vide ou collision).

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes à réservation.

- Exemple:



Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation contrôlées
 - Protocole à jeton.
 - L'accès au média est contrôlé par la possession d'un « jeton » logique. Chaque station possédant le jeton à l'accès exclusif au média pendant un slot de temps, puis remet en jeu le jeton.
 - Exemple: l'anneau à jeton.
 - Topologie logique d'anneau.
 - Une topologie physique en bus peut être une topologie logique en anneau en spécifiant un successeur et prédécesseur.

Les Méthodes d'accès au média

- Anneau à jeton (token ring)
 - Principe:
 - Un coupleur réseau possède deux modes de fonctionnement:
 - Répétition du signal (chaque bit reçu est recopié sur le média)
 - Emission, le coupleur émet les informations contenues dans un buffer interne(couches sup.) l'émetteur est en charge de purger l'anneau de la trame émise.
 - Le basculement entre les modes est lié à la prise de jeton.
 - Chaque anneau possède une station moniteur qui supervise la circulation du jeton et des trames sur l'anneau. (le rôle peut être réalloué dynamiquement)

Les Méthodes d'accès au média

- Anneau à jeton (token ring)
 - Les problèmes à résoudre:
 - Détection de la perte du jeton.
 - Si aucun jeton pendant une période T , le moniteur force la purge de l'anneau et génère un nouveau jeton.
 - Trame orpheline ou invalide
 - Le moniteur positionne un bit à 1 de toute trame qui le traverse, s'il reçoit une trame avec ce bit positionné, il purge l'anneau et génère nouveau jeton.
 - Gestion des coupures
 - Chaque station surveille sa voisine et la perte du moniteur.

Les Méthodes d'accès au média

- Méthodes d'allocation contrôlées

- Méthodes centralisées

- Maître/esclave ou polling.
 - Une station centrale joue un rôle particulier et donne explicitement l'accès au média aux esclaves (selon une règle fixe (round robin, etc..)).
 - L'accès est totalement contrôlé par la station centrale (maître) émission/réception, il n'y a pas de contention.
 - Il peut y avoir plusieurs maîtres Ex: « The I²C-BUS specifications » Philips.

Les Méthodes d'accès au média

- Exemple: RFID - Query Tree Protocol
 - Un lecteur et N tags, les tags ne peuvent pas émettre sans sollicitation.
 - Le lecteur parcourt l'arbre des IDs des tags, soit en profondeur, soit en largeur.
 - Exemples: 5tags 001,010,100,110,111.
 - File initiale «0», «1»
 - 1^{ère} requête «0» → collision 001,010.
 - Enfile «00» et «01»
 - Défile la 2^{ème} requête «1» → collision 100,110,111
 - Enfile «10» et «11»
 - Défile la 3^{ème} requête «00» → réponse 001
 - Défile la 4^{ème} requête «01» → réponse 010
 - Défile la 5^{ème} requête «10» → réponse 100
 - Défile la 6^{ème} requête «11» → collision 110,111
 - Enfile «110» et «111»
 - Défile la 7^{ème} requête «110» → réponse 110
 - Défile la 8^{ème} requête «111» → réponse 111

Les Méthodes d'accès au média

- Exemple: RFID - Binary Tree Protocol
 - Un lecteur et N tags, les tags ne peuvent pas émettre sans sollicitation.
 - Chaque tag génère un compteur aléatoire 0 ou 1.
 - Les tags à « 0 » peuvent émettre.
 - S'il y a collisions les tags en cause génèrent à nouveau un nombre aléatoire 0 ou 1 . Les autres incrémentent leur compteur.
 - S'il n'y a pas de collision les tags décrémentent le compteur.