



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Centre Universitaire de Mila  
Laboratoire MISC, Université Constantine 2–Abdelhamid Mehri



Institut des Sciences et de la Technologie, Département: MI  
Master 1 : STIC  
Module: Réseaux et Informatique Mobiles  
Chapitre 02: Méthodes d'accès multiples

**Dr MEGHZILI Said**

Département MI

s.meghzili@univ-mila.dz

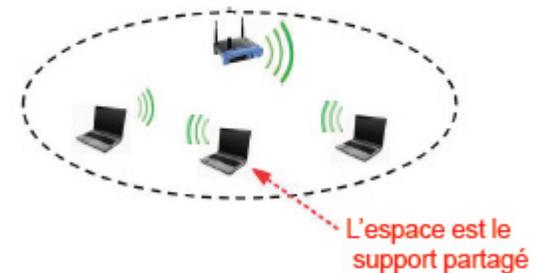
Semestre 2 2021/2022

# Introduction: liaison *point à point* vs *multipoint*

2

- *Point à Point*
  - ▣ Une liaison généralement **bidirectionnelle**
  - ▣ Partagée entre un émetteur et un récepteur
  - ▣ Liaison **dédiée**: pas de problème d'accès.
- *Multipoints*
  - ▣ Un lien **partagé** entre plusieurs stations
  - ▣ **Conflit** d'accès
  - ▣ Nécessite un **protocole** d'accès multiple

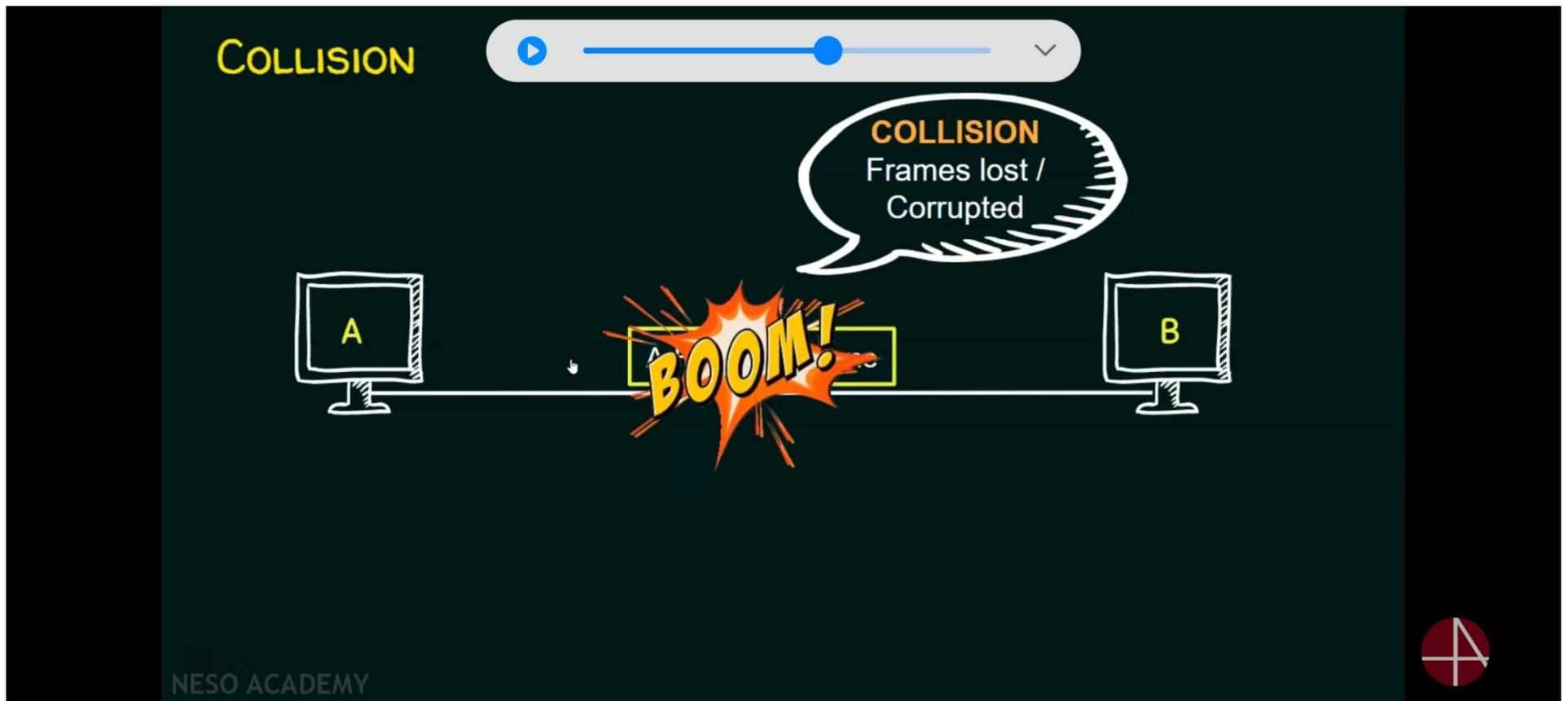
Exemple d'une liaison multipoint (WLAN 802.11)



21/03/2022

# Introduction: *Problème de Collision*

3

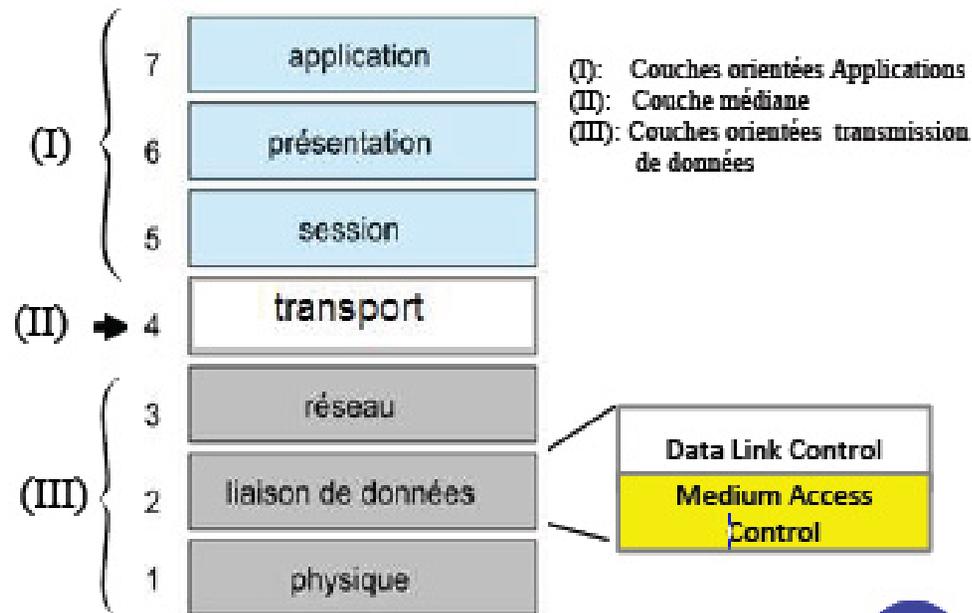


21/03/2022

# Introduction:

4

- L'accès au média de transport est géré par la sous couche **MAC** (Medium Access Control ) de la couche Liaison du modèle OSI



# Introduction: Protocoles d'accès multiple

5

--**Méthodes** d'accès ou **Protocoles** d'accès ou **Politiques** d'accès

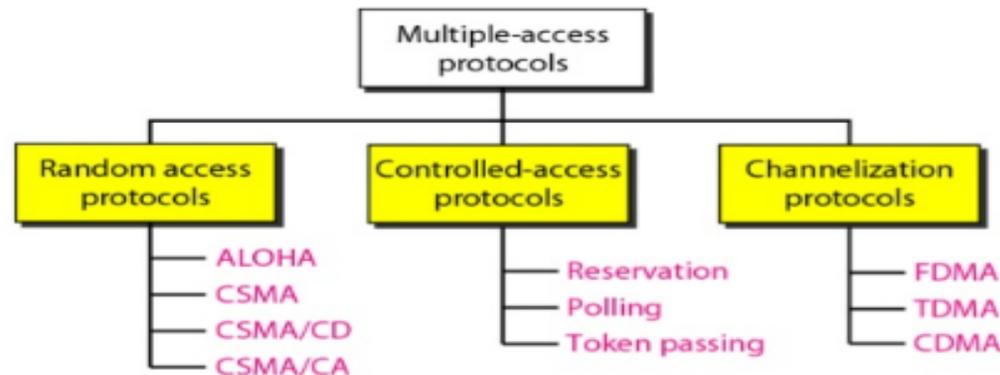
- Algorithmes qui déterminent comment les stations partagent efficacement un canal.
- Les communications entre les stations doivent utiliser un seul et unique canal.
- Comment peut-on utiliser un **canal** partagé par **plusieurs** stations?
  - (1) **Diviser** le canal et l'attribuer aux différentes stations.
    - La division peut être en **temps**, en **fréquence** ou par un **code**.
  - (2) Tolérer un accès **aléatoire**, mais gérer les **collisions** s'il y a lieu.
    - Facile avec certaine techno (filaire)
    - Plus difficile avec d'autre (sans fils)
  - (3) Contrôler l'accès par une station supérieure.
    - Une seul station contrôle (le maître)
    - Toutes les stations participent au contrôle (passage d'un **jeton**)
- Plusieurs classifications existent.



# **Classification des protocoles d'accès multiple**

# Classification des protocoles d'accès multiple

7



- Protocoles à accès **contrôlé** / par consultation
  - ▣ Coordination de l'accès au média partagé pour éviter les collisions
- Protocoles à accès **aléatoire** / par **compétition** / par **contention**
  - ▣ Permet les **collisions**
  - ▣ Doit réagir face aux collisions
- Protocoles à **partage** de canal/ par **canalisation** /par **multiplexage**
  - ▣ Division du canal en petits bouts (**temps, fréquence, code**)
  - ▣ Allocation de ressource dans un noeud pour une utilisation exclusive

# Classification des protocoles d'accès multiple

8

## Selon le type d'allocation

### □ Statique:

- Chaque émetteur a une part fixe des ressources (ex. *TDMA, FDMA, CDMA*)

### □ Dynamique:

- **Accès aléatoire:** Chaque émetteur émet quand il veut (ex. *ALOHA, CSMA*)
- **Accès déterministe:** Une station contrôle la distribution des ressources (ex. *jeton*)

## Selon la méthode d'accès

### □ Avec compétition

- Chaque émetteur essaie de prendre le contrôle du canal (ex. *ALOHA, CSMA*)

### □ Accès ordonné

- Chaque émetteur accède à son **tour** ou à sa **bande**(*TDMA, FDMA*)



# **protocoles à accès contrôlé**

- Par réservation**

- Polling**

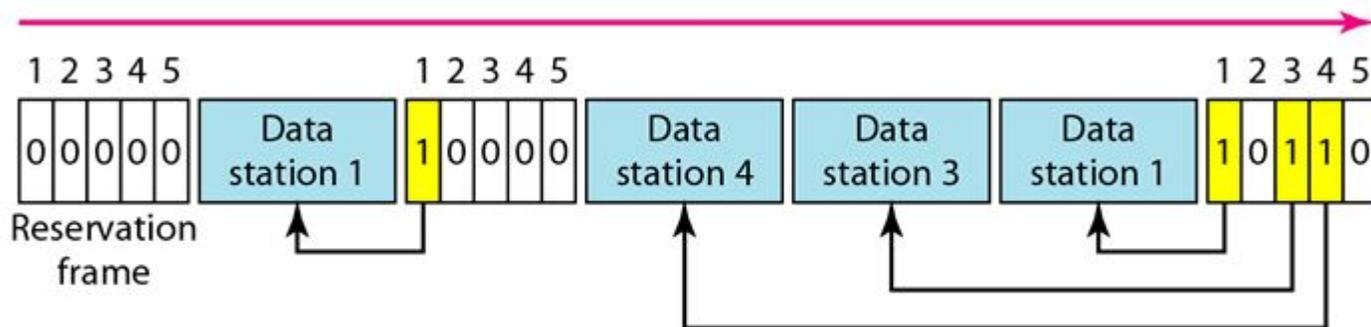
- Jeton Circulant**

# Protocoles à accès contrôlé: Méthode par réservation

10

Une station doit faire une **réservation** avant d'envoyer des données.

- Le temps est divisé en intervalles.
  - ▣ Une trame de réservation précède les trames de données envoyées dans chaque intervalle
  - ▣ S'il y a **N stations** dans le système, il y a exactement **N mini-slots** dans la trame de réservation
  - ▣ Chaque **mini-slot** appartient à une **station**.
    - Quand la station veut envoyer des données, elle fait une réservation dans sa propre slot.
  - ▣ Les stations qui ont fait des réservations peuvent envoyer des trames après la trame de réservation



21/03/2022

# Protocoles à accès contrôlé:

## Méthode par Interrogation - Polling

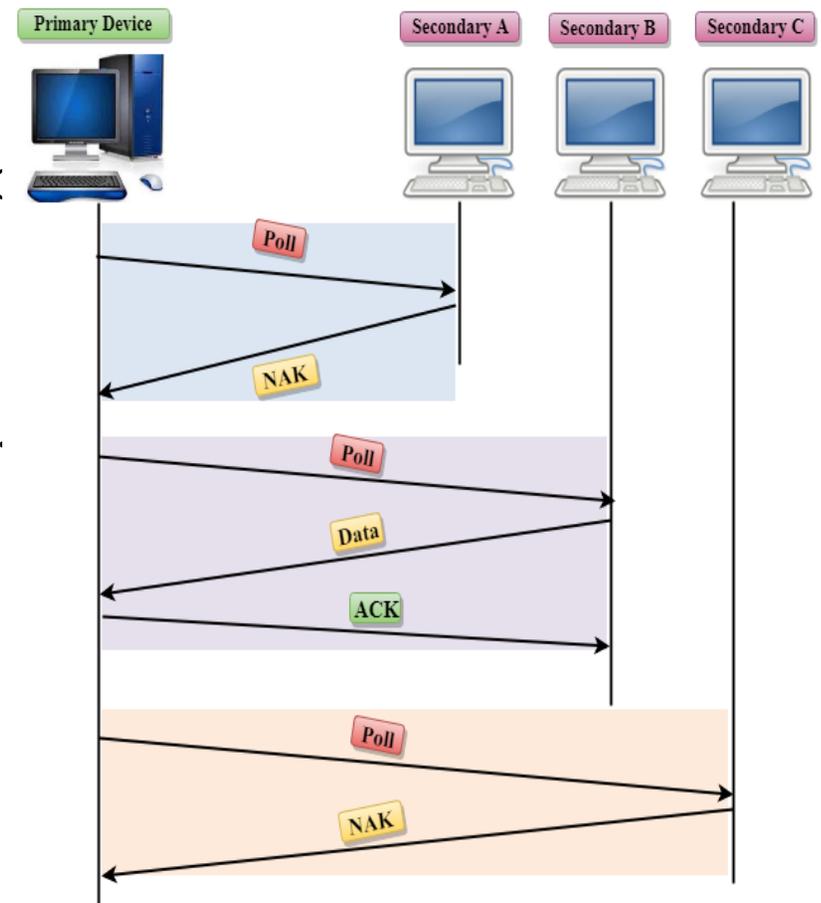
11

- Fonctionne dans une architecture maître/esclave.
  - ▣ Imposer l'ordre en désignant une station primaire (maître ou contrôleur) et les autres sont secondaires.
  - ▣ Le maître est désigné soit d'une manière statique (configuration) ou dynamique (élection)
  - ▣ La station primaire contrôle le lien et les stations secondaires suit ses instructions.
- Le maître interroge périodiquement (Polling) toutes les autres stations secondaires.
- L'échange de données se fait via le maître même si la destination finale est une station secondaire
  - ▣ Le maître donne le droit à transmettre au secondaire.
  - ▣ Le droit est donné à tour de rôle (scrutation) ou selon un ordre connu par le maître (s. embarqués)
- La station secondaire rend le droit au maître après avoir terminée la transmission

# Protocoles à accès contrôlé: Méthode par Interrogation - Polling

12

- Le processus d'envoi de données se fait selon 2 Opérations: **POLL** et **SELECT**
- **POLL:**
  - ▣ La station **primaire** demande chaque station **secondaire** si elle a des **données** à envoyer
  - ▣ Si la station secondaire a des données à transmettre, elle envoie la **trame** de données.
    - La station primaire renvoie un **ACK** après réception de la donnée.
  - ▣ Si elle n'a pas de données à envoyer, elle envoie un acquittement négatif (**NAK**).
  - ▣ La station primaire **interroge** ensuite la station secondaire suivante.

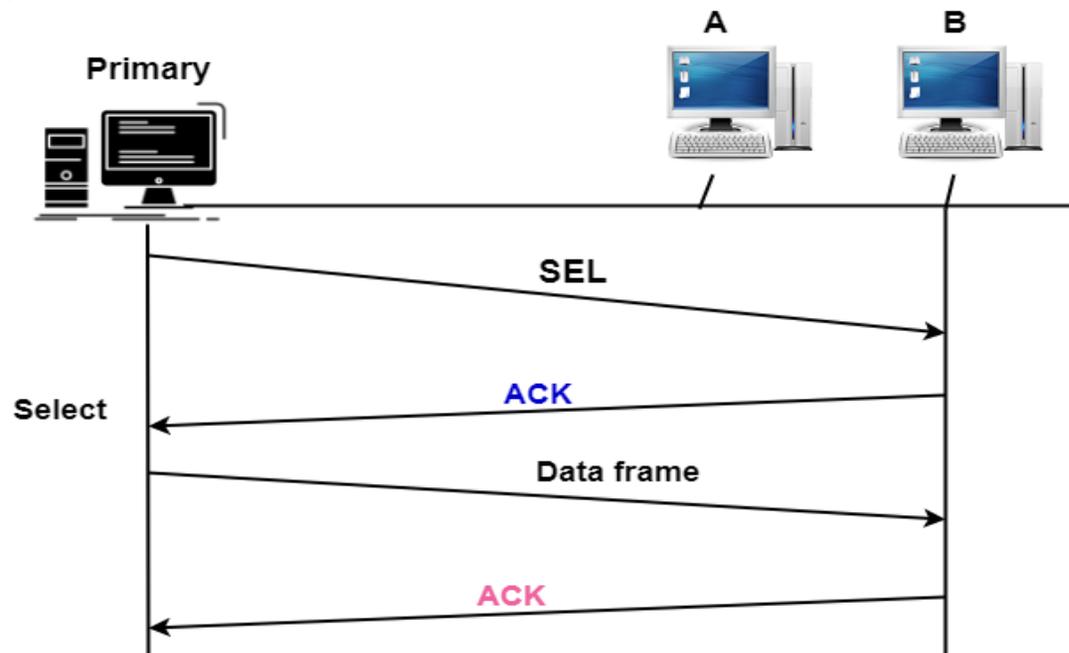


21/03/2022

# Protocoles à accès contrôlé: Méthode par Interrogation - Polling

13

- **SELECT:** Si la station **primaire** a des données à envoyer, elle envoie un **message** à toutes les **stations**.
  - Transmettre une trame **SELECT** avec l'adresse de la station secondaire concernée.
  - Attendre un acquittement (**ACK**) de la part de la station **secondaire** concernée.
- Si la station secondaire est prête à recevoir, elle renvoie un **ACK**.
- La station primaire commence la transmission.



21/03/2022

# Protocoles à accès contrôlé: Méthode par Interrogation - Polling

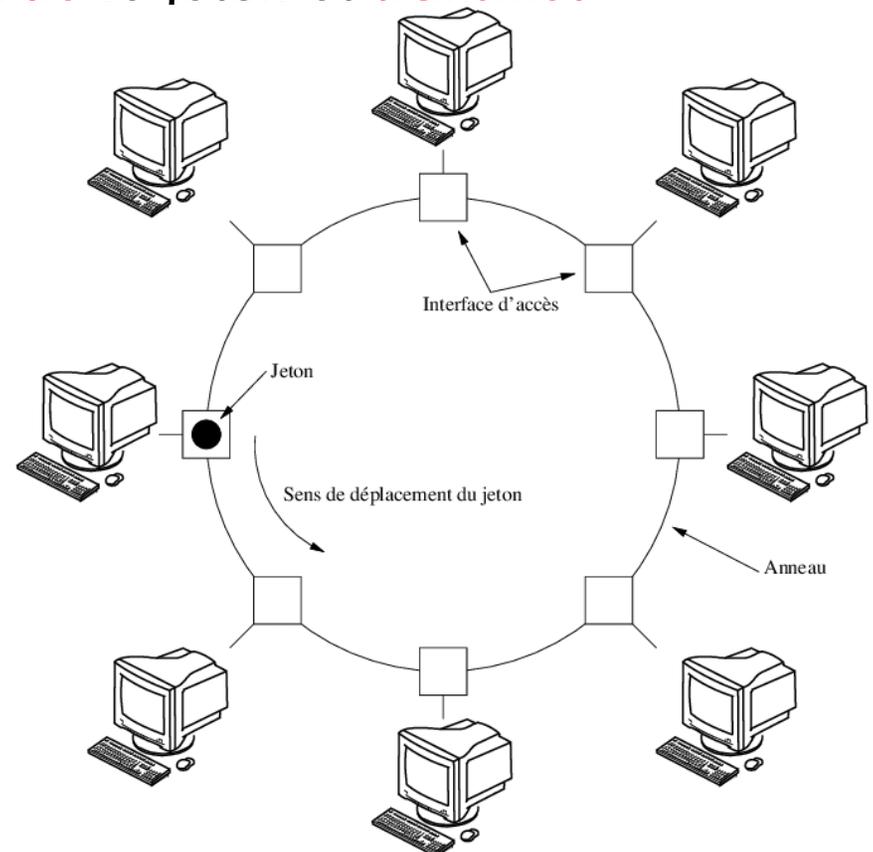
14

- **Avantages:**
  - ▣ La possibilité d'attribuer des **priorités** pour assurer un accès **plus rapide** pour quelques stations secondaires.
  - ▣ Le **temps** maximum et minimum d'accès au canal sont prévisibles et fixes.
- **Inconvénients:**
  - ▣ Grande dépendance à la **fiabilité** de la station **primaire**.
  - ▣ Utilisé seulement dans les réseaux de **petite taille**.

# Protocoles à accès contrôlé: Méthode à jeton circulant

15

- Les stations sont disposées formant un **anneau** (voir Figure)
- Un **jeton** circule d'une station à une autre
- La station qui veut transmettre **garde** le jeton et **transmet**.
- La **libération** du jeton peut être:
  - ▣ Après la **fin** de la transmission (jeton **ordinaire**)
  - ▣ Après un **laps** de temps connu à l'avance (jeton **temporisé**)



# Protocoles à accès contrôlé:

## Méthode à jeton circulant

16

- **Avantages:**
  - ▣ Garantie de **bande passante** pour chaque station
  - ▣ Garantie des **délais bornés** (pour les jetons temporisés)
  - ▣ Bien adapté aux réseaux industriels et embarqués.
- **Inconvénients:**
  - ▣ Une station qui fonctionne mal peut **monopoliser** le jeton (**famine!**)
  - ▣ Effet négatifs de périodes transitoires de **perte** de jeton
  - ▣ Inefficacité en cas de charge faible.
  - ▣ Tâches d'administration supplémentaires qui affecte la performance du réseau
    - Création et maintenance de l'anneau (logique)
    - Contrôle et régénération du jeton



# **protocoles à accès aléatoire (Par compétition)**

**-ALOHA**

**-CSMA/CD**

**-CSMA/CA**

# Protocoles à accès aléatoire

## Principe:

18

- Toute **station** peut envoyer à tout instant **sans réservation** préalable.
- Pas de **coordination** entre les **noeuds**.
- Si deux stations ou plus transmettent **en même temps** := **Collision**.
  - ▣ Comment **détection** les **collisions** ?
  - ▣ Comment réagir face aux collisions (ex. transmission retardée) ?
- Plusieurs méthodes existent. Nous prenons en détail :
  - ▣ ALOHA
  - ▣ CSMA: Carrier Sense Multiple Access :
    - CSMA/CD : CSMA with Collision Detection
    - CSMA/CA : CSMA with Collision Avoidance

# protocoles à accès aléatoire

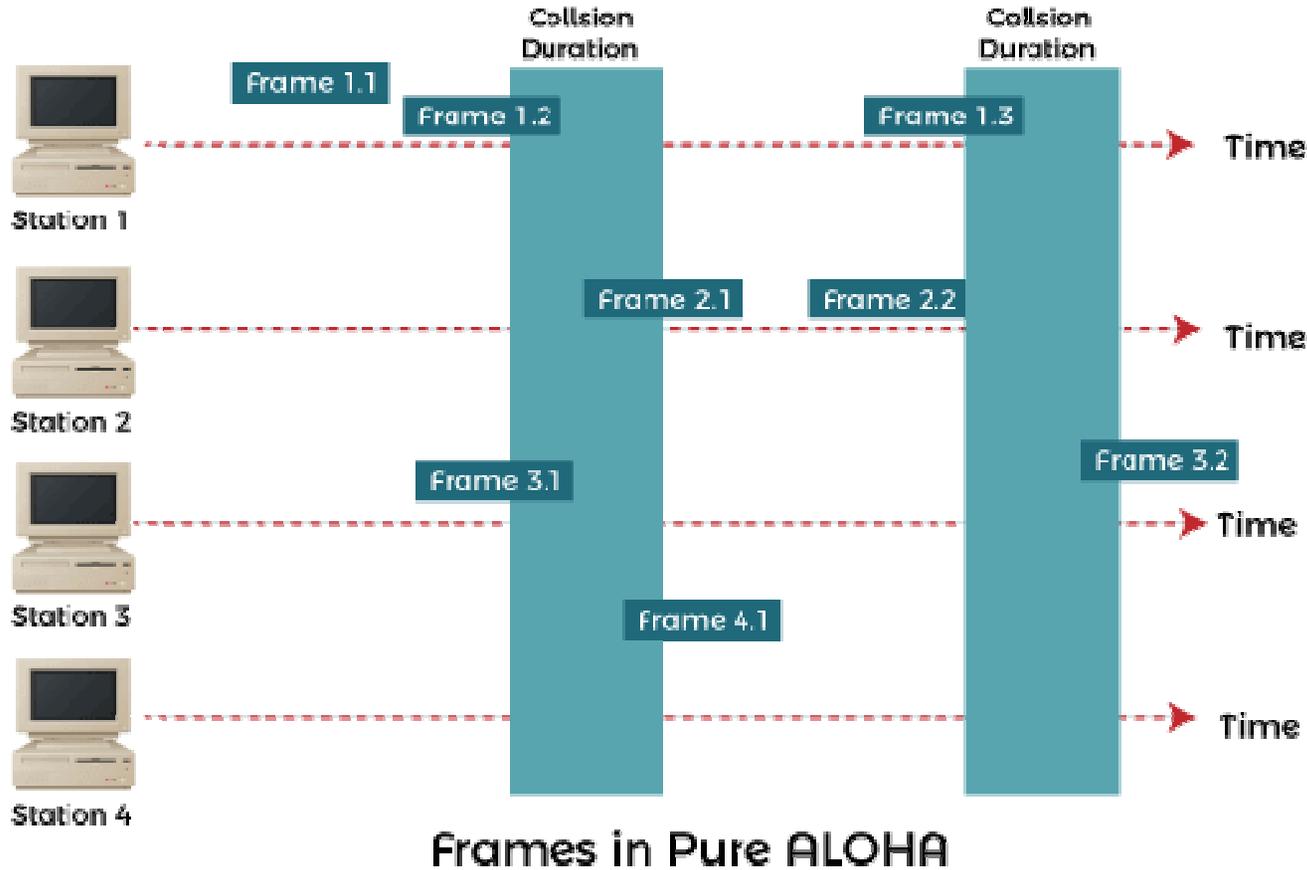
## Méthode ALOHA:

19

- ❑ La première méthode d'accès développée à l'Univ. d'Hawaï au début des 70's.
- ❑ Deux variantes **ALOHA pure** et **ALOHA à tranche** (Slotted)
- ❑ ALOHA pure
  - ❑ Si une station a des informations à émettre alors:
    - ❑ **Envoi immédiat** sans se préoccuper des autres
    - ❑ Si collision alors: **Retransmettre** ultérieurement
- ❑ Avantages
  - ❑ Complètement décentralisé
  - ❑ Aucune synchronisation préalable à une émission
- ❑ Inconvénients
  - ❑ **Perte** de l'information suite à une **collision**
  - ❑ Perte dans la **bande passante** puisque la transmission des trames en collision n'est pas **interrompue**
  - ❑ Débit vers **0**: si nombre de station augmente

# protocoles à accès aléatoire

## Méthode ALOHA pure:



# protocoles à accès aléatoire

## Méthode Slotted ALOHA:

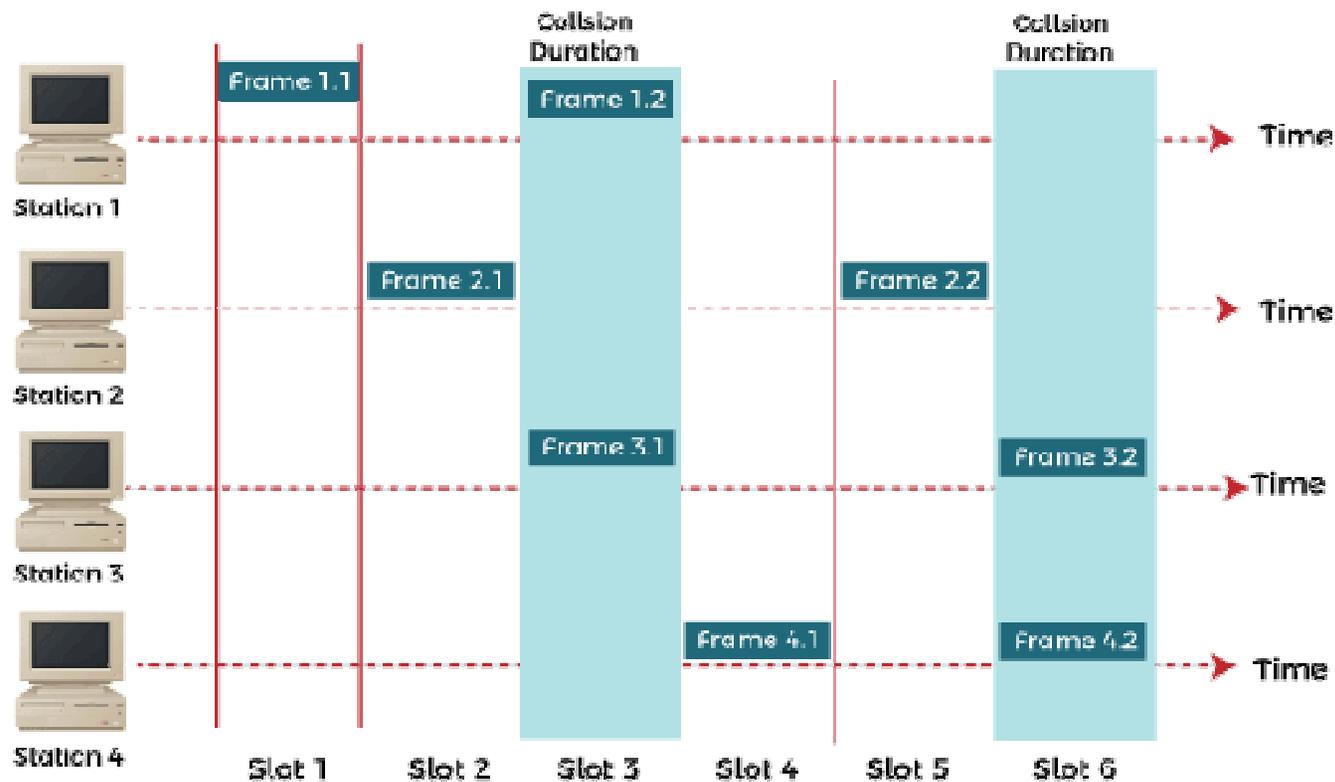
21

- ❑ Slotted ALOHA
  - ❑ C'est une amélioration de l'ALOHA où le temps est subdivisé en des intervalles (tranches) correspondant à la transmission de morceaux de messages de tailles égales
  - ❑ Une émission n'est permise qu'au début d'une tranche
    - ❑ Lorsqu'une collision se produit, elle est limitée à une tranche ainsi si une partie d'un message a été correctement transmise, elle le sera durant le reste de la tranche
  - ❑ On arrive ainsi à doubler le débit
  - ❑ Cette technique est coûteuse à mettre en œuvre étant donné que les communications doivent être **synchronisées**

# protocoles à accès aléatoire

## Méthode Slotted ALOHA:

22



Frames in Slotted ALOHA

# protocoles à accès aléatoire

23

## ALOHA pure vs slotted ALOHA

- Simple et pas de synchronisation
    - Pas d'intervalles.
  - Une probabilité de collision élevée (voir Fig. 2)
    - un paquet envoyé à  $t_0$  entre en collision avec les paquets envoyés entre  $t_{0-1}$  et  $t_{0+1}$ .
  - Rendement très mauvais en cas de charge élevée
    - TROP de collisions
- Nécessite une synchronisation des horloges
    - pour répéter les débuts des slots
  - Moins de collisions par rapport à ALOHA pure
    - un paquet envoyé à  $t_0$  n'entre en collision qu'avec les paquets envoyés à  $t_0$ .
  - Rendement reste très mauvais
    - Gestion de la synchronisation

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA:

24

- Le principe est de ne pas transmettre si le support est **occupé** (contrairement à ALOHA)
  - ▣ Faire l'**écoute** du canal
- Les méthodes CSMA utilisent la technique du **Backoff**
  - ▣ **Retarder** la transmission (en cas de collision) d'une **durée** calculée **aléatoirement**
- **Algorithme de Back-off**
  - ▣ Chaque station **tire** aléatoirement un **délai** d'attente **T** compris entre **[0, CW]**
    - **CW** est la taille d'une fenêtre de contention (un certain nombre de slots)
    - L'équation est:  $0 < T \leq 2 \text{ pui}(k)$  , **k** : est le nombre de **collisions** déjà détectées.
  - ▣ Attendre pendant **T** slots avant de revérifier si le support est **libre**.
  - ▣ La durée d'un slot (Slot Time) est définie de telle sorte que la station est toujours capable de déterminer si une autre station a accédé au support au début du slot précédent.
    - Exemple: pour **Wifi** :  $\text{Time\_slot} = 20 \mu\text{s}$

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CD:

25

- Utilisée dans les réseaux filaires : **Ethernet** – IEEE 802.3
- Ecouter le canal, s'il est **libre** alors transmettre immédiatement
  - ▣ Sinon attendre qu'il soit libre, par des écoutes **périodiques**
- Faire de l'écoute en même temps que la transmission
  - ▣ La différence entre le signal émis et celui reçu indique une collision
- En cas de collision:
  - ▣ Arrêter la transmission.
  - ▣ Envoyer des données de bourrage.
  - ▣ Attendre un temps aléatoire (**Backoff**) et réessayer.

# Protocoles à accès aléatoire

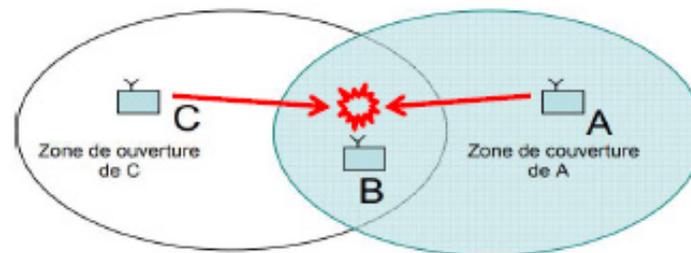
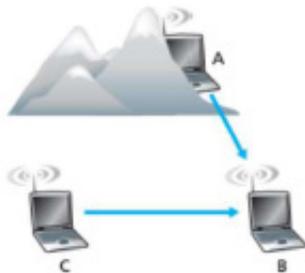
## Méthode CSMA/CA:

26

- CSMA/CD ne peut pas être utilisée dans les réseaux sans fil.
  - ▣ Détection de collision (l'écoute) pendant la transmission impossible, car:
    - Dans le sans fil la transmission empêche l'écoute de la même fréquence.
    - Pas de garantie que toutes les stations s'entendent entre elles (problème de la station cachée)

### Problème des stations cachées

- ▣ Il se produit quand deux stations ne peuvent pas s'entendre l'une et l'autre.
  - La distance qui les sépare est trop grande.
  - Un obstacle les empêche de communiquer entre elles mais avec des zones de couverture qui se recoupent.



les stations A et C s'autorisent à émettre des paquets à B

21/03/2022

# protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA:

27

- Utilisée dans les réseaux sans fil. **WiFi, IEEE 802.11**
- Fonctionne selon le mécanisme des **IFS – Inter Frame Spacing**

### Le mécanisme IFS

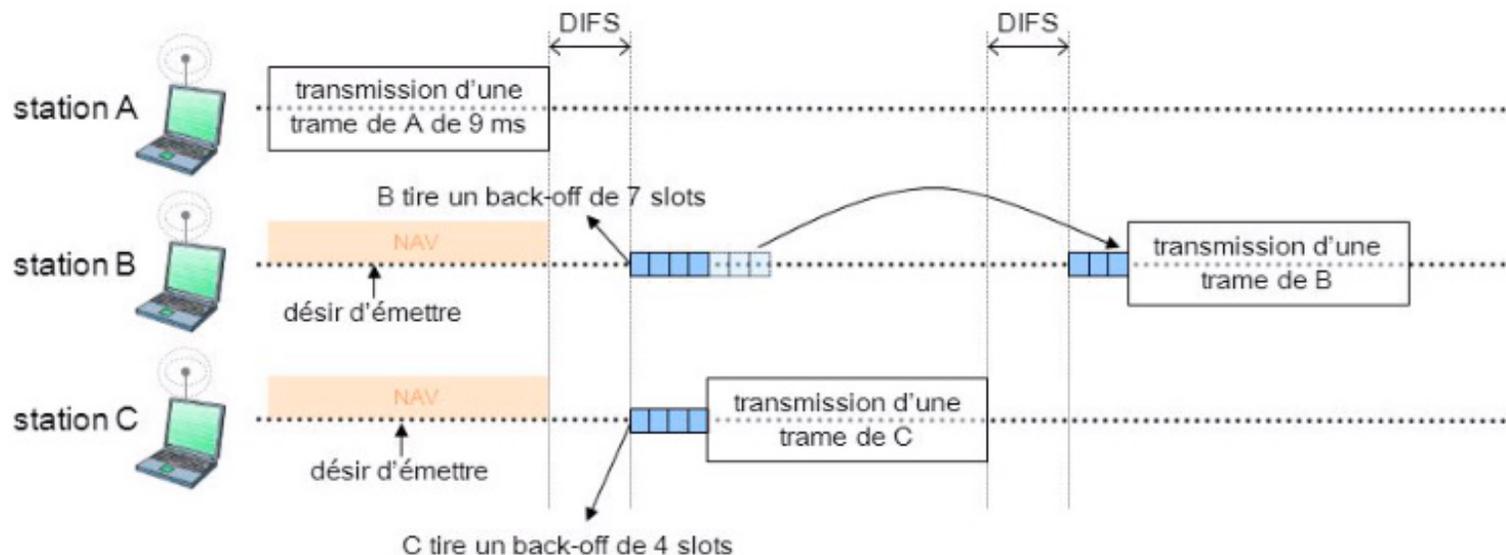
- Un mécanisme d'espacement entre deux trames.
- Un **IFS** est une période d'**inactivité** sur le support de transmission
- Quatre types d'**IFS** :
  - **SIFS** - Short Inter-Frame Spacing (Le plus court des IFS)
    - Utilisé pour séparer les trames transmises au sein d'un même dialogue (données et leurs ACK).
  - **DIFS** - DCF Inter-Frame Spacing :
    - Le temps que doivent attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode DCF.
    - Sa valeur est égale à celle d'un SIFS augmentée de deux time slots.
  - **PIFS** - PCF Inter-Frame Spacing :
    - Le temps que doit attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode PCF.
    - Sa valeur est inférieur au DIFS, pour permettre de favoriser ce mode.
  - **EIFS** - Extended Inter-Frame Spacing (le plus long des IFS)
    - Le temps qu'une station doit attendre l'ACK d'une trame erronée reçue.

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA:

28

- ❑ **Scénario 1:** (Election de la station qui transmettra)



- ❑ La station **A** émet
- ❑ Les stations **B** et **C** souhaitent émettre.
- ❑ Elles **écoutent** le support, mais il est **occupé**, donc elles **attendent** qu'il se **libère**.
- ❑ Une fois, le support **libre**, elles attendent le **temps** d'un **DIFS**.
- ❑ Chacune attend le temps calculé par l'algorithme du **Backoff**.
- ❑ La station **C** a tiré un temps **moins long**, donc c'est elle qui émet avant la **station B**.

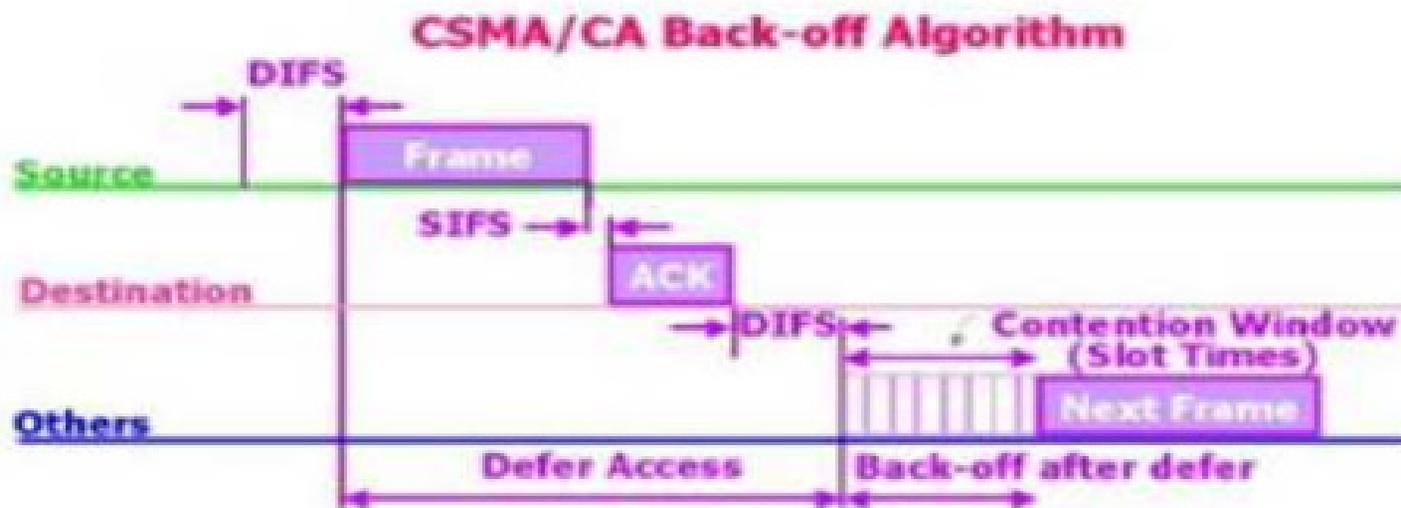
21/03/2022

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA:

29

- **Scénario 2:** (Transmission d'un **paquet** suivi de son **ACK**)



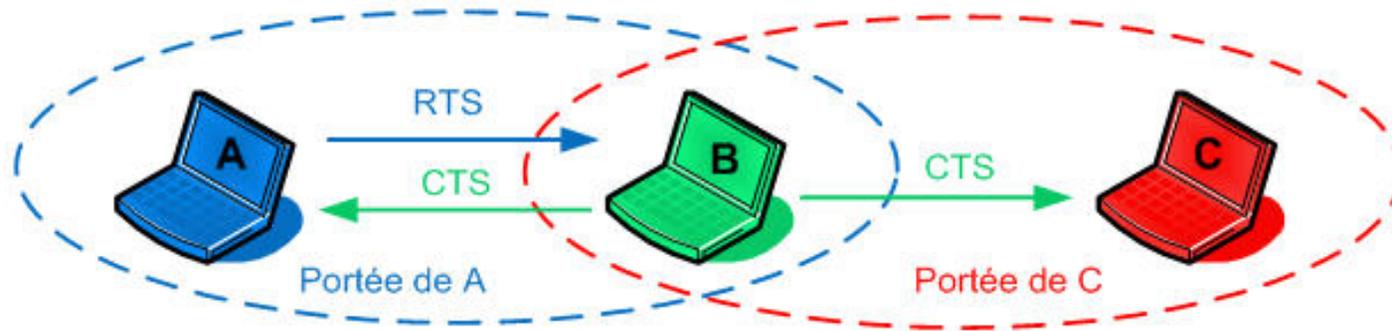
- L'envoi de l'ACK d'un paquet est favorisé
  - ▣ Le temps d'attente avant de transmettre un **ACK** est moins long que celui pour transmettre un paquet.

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA + RTS/CTS:

30

- Le principe est de réserver le support entre deux stations avant tout envoi de données.
  - Ce mécanisme permet d'éviter le problème de la **station caché**.

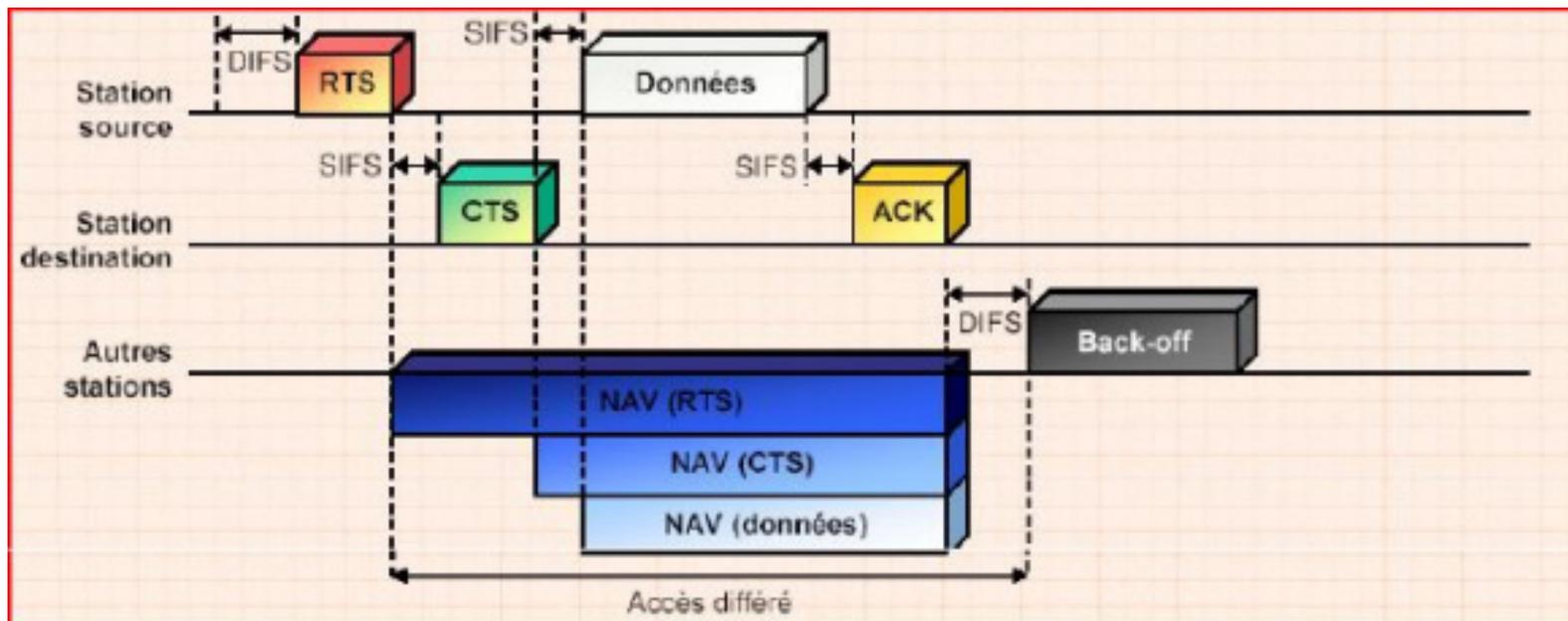


- Si A veut envoyer des données à B, elle émet une requête *Request to Send* (RTS)
  - **RTS** sera reçue par toutes les stations à sa **portée**.
  - **RTS** contient la source (**A**), le destinataire (**B**) et la **durée** estimée de la transaction.
- A la réception du RTS, la station B émet un *Clear to Send* (CTS) si elle est **prête** et que le support est **libre**.
- La station **C** ne reçoit que le CTS. Cependant, le CTS porte les mêmes informations que le RTS.
  - La station **C** ne transmettra pas pendant la période de temps spécifié dans le **CTS**.

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA + RTS/CTS:

31



- Toutes les stations à portée des deux stations qui communiquent, attendent que la source ait **émis** son paquet et que le destinataire ait **acquitté** le paquet.
- Les deux trames RTS et CTS sont **courtes** (20 octets pour RTS et 14 octets pour CTS) et rencontrent donc **une faible probabilité de collisions**.

# Protocoles à accès aléatoire

## Méthode CSMA/CA:

32

### CSMA/CA avec ACK vs CSMA/CA avec reservation

- Avec ACK
  - ▣ Ne prend pas en considération le problème des stations cachées
- Avec réservation
  - ▣ Il y a un surcoût occasionné par la transmission des trames de signalisation RTS/CTS
  - ▣ Utilisé quand les trames de données ont une taille importante
    - Le surcoût trop important dégrade la performance et l'utilisation est limitée par un seuil de déclenchement.



# Protocoles à partage de canal/ par canalisation /par multiplexage

**-FDMA**

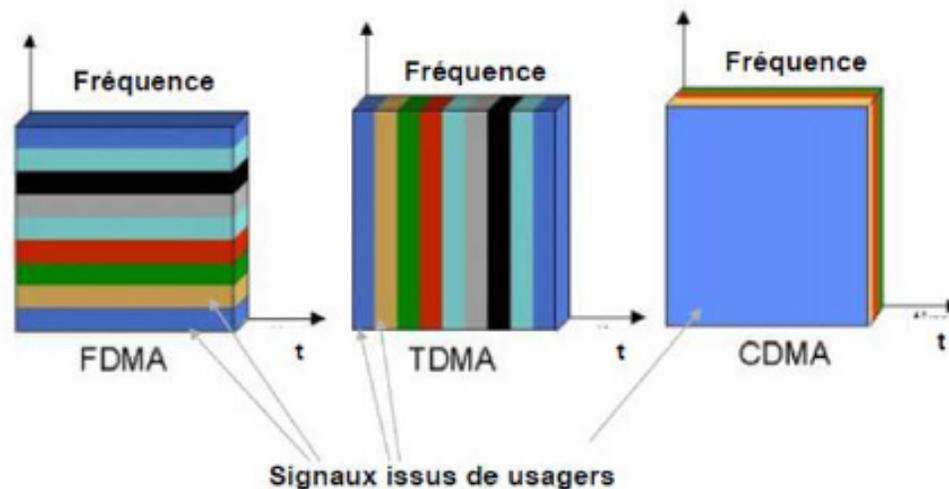
**-TDMA**

**-CDMA**

# Méthodes par Multiplexage (canalisation)

34

- Partager le canal entre les stations (en **temps**, en **fréquence**, etc.)
- Trois formes de multiplexages:
  - ▣ Multiplexage fréquentiel (FDMA)
  - ▣ Multiplexage temporel (TDMA)
  - ▣ Multiplexage de code (CDMA)

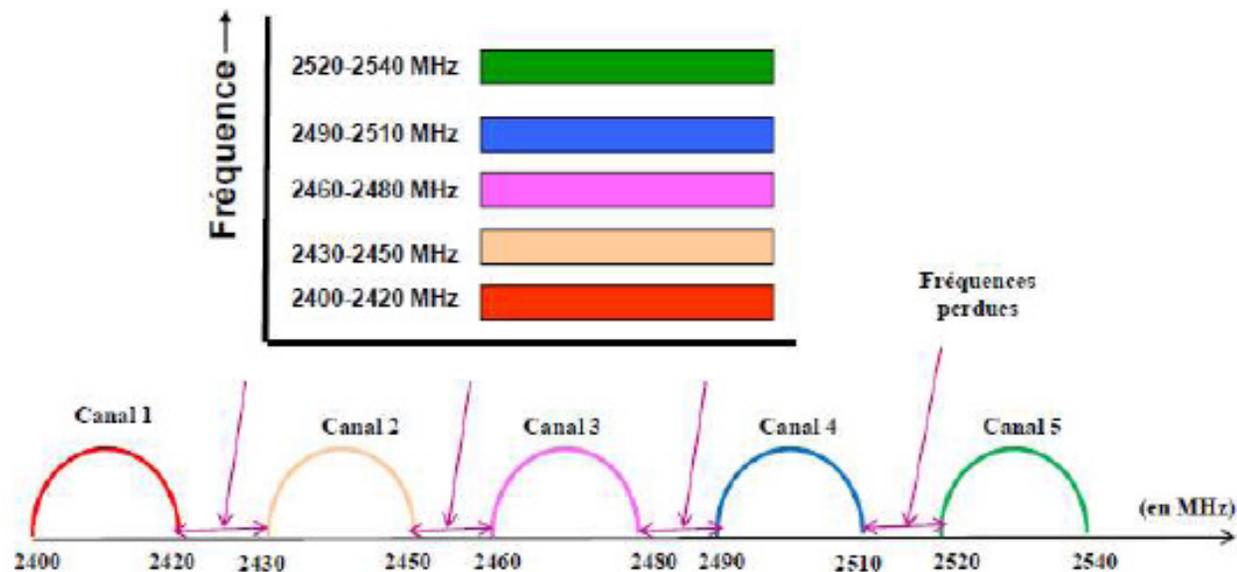


# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage fréquentiel (FDMA)

35

- L'intervalle de fréquence est subdivisé en **canaux**.
- Chaque émetteur utilise un canal **tout le temps** de la transmission
  - ▣ Pour une bande de fréquence de 2400 MHz à 2540 MHz à subdiviser en 5 canaux, on a:



- Il faut prévoir des canaux de **garde**
  - ▣ Les canaux de gardes sont des fréquences perdues (inconvenient de cette technique)

# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage fréquentiel (FDMA)

36

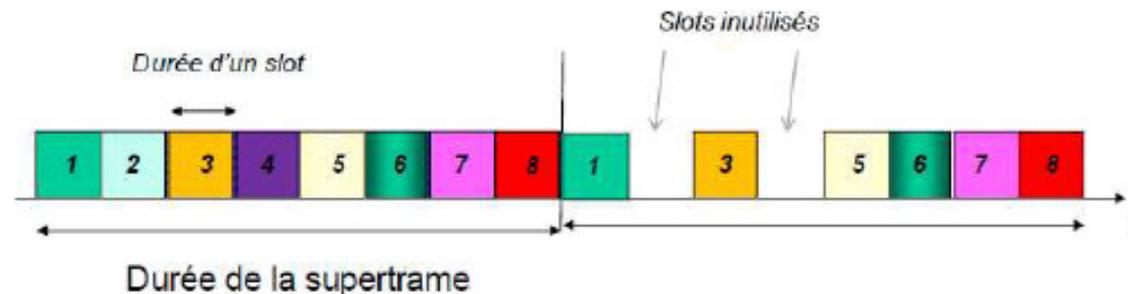
- *Avantages*
  - **Réutilisation** des fréquences
  - *Pas besoin de synchronisation (par rapport à TDMA)*
  - Partage **équitable** entre les émetteurs
    - *Convenable dans le cas du trafic constant*
- *Inconvénients*
  - Les bandes de **gardes** sont des fréquences **perdues**.
  - *Débit de transmission dépend de la bande du canal (division de la bande)*
  - *Mauvaise exploitation de la bande*
    - *Un canal alloué ne peut pas être réutilisé même si la station qui l'utilise ne transmet pas*
- *N.B. différentes variante de **FDMA** existent, ex. **OFDMA**.*

# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage temporel (TDMA)

37

- Le temps est divisé en des **super-frames**.
- Chaque super-trame est divisée à son tour en des **slots** de taille fixe.
- Les slots sont partagés entre les différents émetteurs selon l'algorithme RR (**Round Robin**).



- Différentes variante de *TDMA* existent:
  - ▣ TDMA synchrone
    - Chaque station a le même nombre de slots.
    - Peu adapté au trafic diversifié.
  - ▣ TDMA statique
    - Chaque station a un nombre de slots selon ses besoins (équitable)

# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage temporel (TDMA)

38

- Avantages
  - ▣ Bonne exploitation de la bande de fréquence
    - Pas de bande perdue (comme dans FDMA)
- Inconvénients
  - ▣ Nécessite la **synchronisation des horloges** des émetteurs

# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage de code (CDMA)

39

- Plusieurs émetteurs émettent sur la **même bande** en **même temps**.
- Chaque station utilise un code propre à elle.
  - ▣ Code est une **suite de n bits** connue de l'émetteur et le récepteur
- Chaque bit (1 ou 0) de la suite de données est multiplié par le code avant de l'envoyer.
  - ▣ Pour chaque **bit** on envoie **n bits** (étalement du spectre)
- À la réception, la station multiplie le signal reçu par son code pour restituer le **signal original**

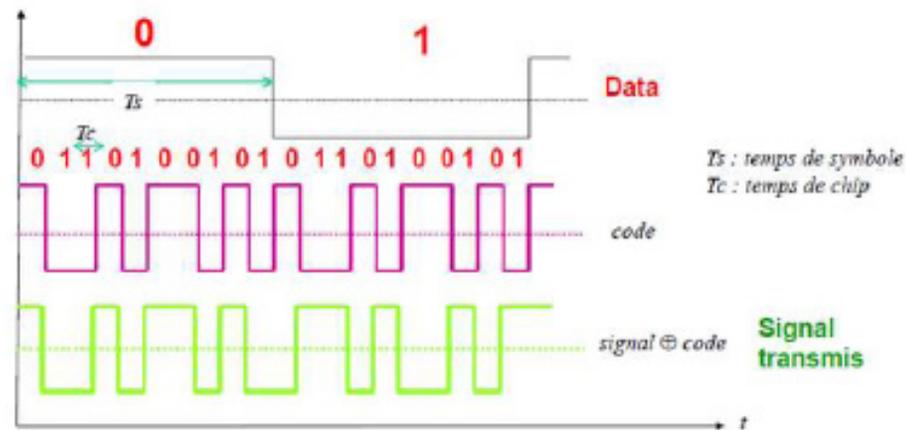
# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage de code (CDMA)

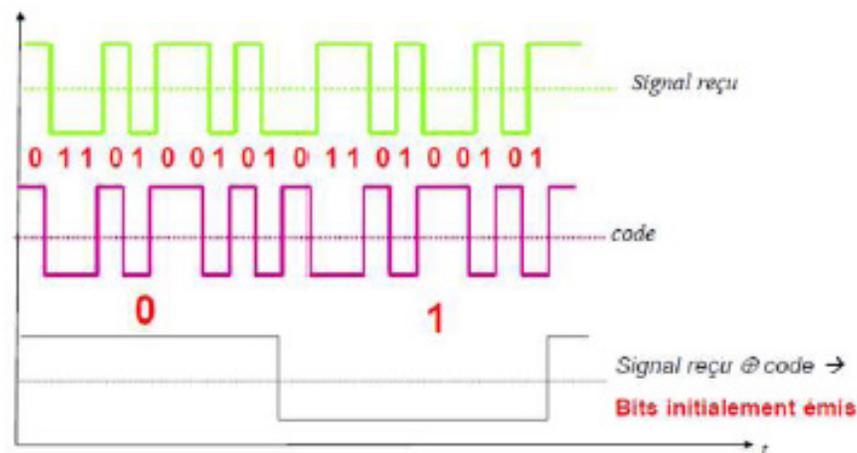
40

- Exemple: Pour une suite de données  $D = 01$  et un code de station de  $C = 0110100101$

A l'émission



A la réception



# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage de code (CDMA)

41

- Les codes utilisés par les émetteurs doivent être orthogonaux deux à deux
  - ▣ Deux codes CA et CB sont orthogonaux si leur produit scalaire est nul

$$C_A \cdot C_B = \sum (C_{A,i} \times C_{B,i}) = 0$$

Exemple :  $C_A = \langle 1, -1, -1, 1, -1, 1 \rangle$  et  $C_B = \langle 1, 1, -1, -1, 1, 1 \rangle$

1	-1	-1	1	-1	1
1	1	-1	-1	1	1
<hr/>					
1	-1	1	-1	-1	1

→ Somme = 0

- Les signaux s'additionnent sur le canal
  - ▣ Les récepteurs reçoivent une sorte de bruit.
- Le récepteur cible (contient le code d'émission) peut restituer le signal original.

# Méthodes par Multiplexage

## Multiplexage de code (CDMA)

42

- Avantages
  - ▣ Plusieurs transmissions sont possibles en même temps sur la même bande de fréquence
  - ▣ Extension (ajouter d'émetteurs) facile
  - ▣ Sécurité de données (utilisation des codes)
- Inconvénients
  - ▣ Consommation de la bande passante (étalement du spectre)
  - ▣ Nécessité de fournir plus de codes différents plus il y a des émetteurs

# Questions ?