

Rappels

- Les réseaux sans fil utilisent un média partagé (Air) → possibilité d'avoir des collisions.
- Les antennes ne permettent pas d'émettre et d'écouter en même temps (full duplex) → On peut pas détecter les collisions (on ne peut pas utiliser le CSMA/CD, comme dans les réseaux filaires).
- Une station n'entend pas nécessairement toutes les stations du réseau (stations cachées).

802.11 définit deux méthodes d'accès au canal de transmission :

- DCF (Distributed Coordination Function)
 - basée sur le mécanisme CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) et Acquittement positif
 - utilisée en mode Ad-Hoc et AP
- PCF (Point Coordination Function)
 - basée sur l'interrogation (Polling). L'AP contrôle l'accès au média (par interrogation des stations)
 - utilisée en mode AP **uniquement**

Les deux mécanismes peuvent coexister dans une même cellule.

Principe de l'algorithme CSMA/CA (1)

- CSMA : Carrier Sense Multiple Access
- CA : Collision Avoidance
- Une trame reçue sans collision est acquittée par une trame de contrôle spéciale (ACK frame).
- Si l'ACK n'est pas reçue, la trame est donc considérée comme perdue. La station source retransmettra la trame de données plus tard.

Principe de l'algorithme CSMA/CA (2)

- Des trames d'acquittements (ACKnowledgment frames)
- Des temporisateurs d'espacement (Inter Frame Spacing -IFS-)
- L'algorithme de Backoff pour le tirage d'un temps aléatoire d'attente.

Principe de l'algorithme CSMA/CA (3)

- Une station écoute le canal avant toute tentative d'émission.
- Si le support est libre pendant un temps **DIFS** → Émettre
- Sinon, la station calcule un temporisateur : **T_BACKOFF**
 - Chaque fois que le support est libre, T_BACKOFF est décrémenté de 1.
 - Dès que T_BACKOFF est égal à 0, la trame est émise. La station réceptrice envoie un ACK après un **SIFS**.

Principe de l'algorithme CSMA/CA (4)

Il y a une collision si :

- Deux stations ont la même valeur de temporisateur (elles ont tiré le même nombre aléatoire)
- Un ACK n'est pas reçu par l'émetteur (Hidden Terminal, Exposed Terminal, Interferences, etc.)

Principe de l'algorithme CSMA/CA (T_BACKOFF)(5)

- Temps divisé en timeslots (Tranches canal)
- Fenêtre de contention CW ($CW_{min} \leq CW \leq CW_{max}$) un nombre de timeslots.
- Le temporisateur est calculé selon la formule :
 $T_BACKOFF = \text{rand}(0, CW) \times \text{timeslot}$
- A chaque collision, la taille de CW double.

L'algorithme de Backoff

L'algorithme de backoff est exécuté :

- Quand la station écoute le support avant la première transmission d'un paquet et que le support est occupé.
- Après chaque retransmission (Suite à une collision)
- Après une transmission réussie.

Pour comprendre l'algorithme du CSMA/CA, il faut connaître ce qu'est l'inter-Frame Spacing (IFS). C'est un mécanisme d'espacement entre deux trames. Ce sont en fait des périodes d'inactivité sur le support de transmission qui permettent de gérer l'accès au support pour les stations ainsi que d'instaurer un système de priorités lors d'une transmission.

Il existe quatres types d'IFS :

- ➊ Short Inter-Frame Spacing (SIFS) : est le plus court des IFS. Il est utilisé pour séparer les différentes trames transmises au sein d'un même dialogue comme par exemple, entre des données et leurs acquittements ou entre différents fragments d'une même trame ou pour tout autre transmission relative à un même dialogue (question-réponse).
- ➋ DCF Inter-Frame Spacing (DIFS) : est le temps que doivent attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode DCF. La valeur du DIFS est égale à celle d'un SIFS augmentée de deux timeslots.

- ❶ PCF Inter-Frame Spacing (PIFS) : est le temps que doit attendre les autres stations avant d'émettre un paquet en mode PCF. La valeur est inférieure au DIFS, pour permettre de favoriser ce mode. Le mode PCF est expliqué dans la partie suivante.
- ❷ Extended Inter-Frame Spacing (EIFS) : est le plus long des IFS. Lorsque une station reçoit une trame erronée, elle doit attendre pendant un EIFS l'acquittement de cette trame.

Le SIFS permet de favoriser l'acquittement des paquets. Le temps d'attente avant de transmettre un acquittement est moins long que celui pour transmettre un paquet. Donc, l'envoi d'acquittement sera préféré par rapport à l'envoi d'un nouveau paquet.

- En 802.11, une station voulant émettre écoute le réseau. Si le réseau est encombré, la transmission est différée.
- Dans le cas contraire, si le média est libre pendant un temps donné (appelé *DIFS* pour Distributed Inter Frame Space), alors la station peut émettre.
- De manière optionnelle, la station peut transmettre un message appelé Ready To Send (noté *RTS* signifiant prêt à émettre) contenant des informations sur le volume des données qu'elle souhaite émettre et sa vitesse de transmission.
- Le récepteur (généralement un point d'accès) répond par un Clear To Send (**CTS**, signifiant Le champ est libre pour émettre), puis la station commence l'émission des données.

- A réception de toutes les données émises par la station, le récepteur envoie un accusé de réception (*ACK*) après un temps d'attente plus court (*SIFS*).
- Toutes les stations avoisinantes patientent alors pendant un temps qu'elles considèrent être celui nécessaire à la transmission du volume d'information à émettre à la vitesse annoncée. La Figure suivante résume ce fonctionnement.
- Du fait que le protocole RTS/CTS ajoute à la charge du réseau en réservant temporairement le support, il est généralement réservé aux plus gros paquets, dont la retransmission s'avérerait lourde du point de vue de la bande passante.

- En modulation DSSS, les valeurs de SIFS et DIFS sont de $10\mu\text{s}$ et $50\mu\text{s}$ respectivement. Les formats des trames de contrôle sont les suivants :

Format RTS



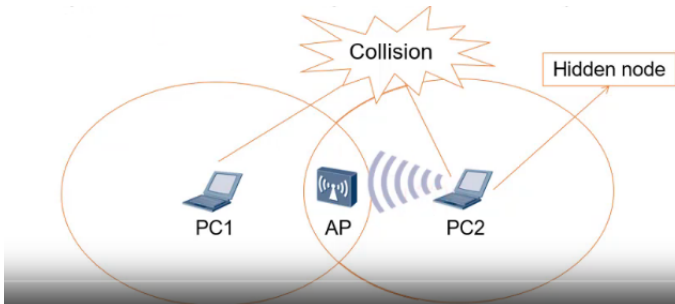
Format CTS



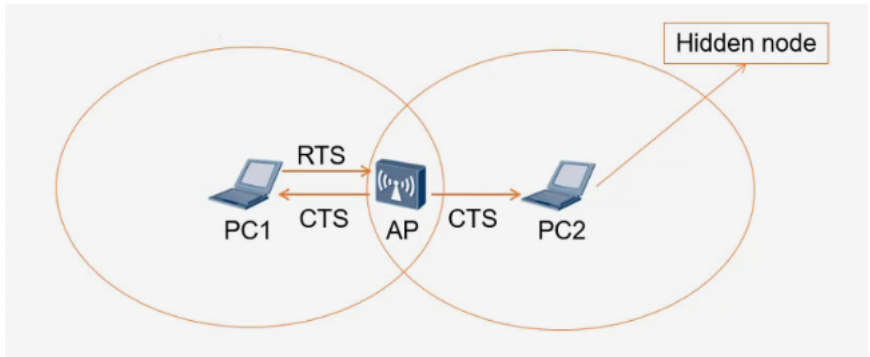
Format ACK



- En WI-FI, deux stations communiquant avec le même récepteur ne s'entendent pas forcément pour savoir si le média est libre ou non. Par exemple :

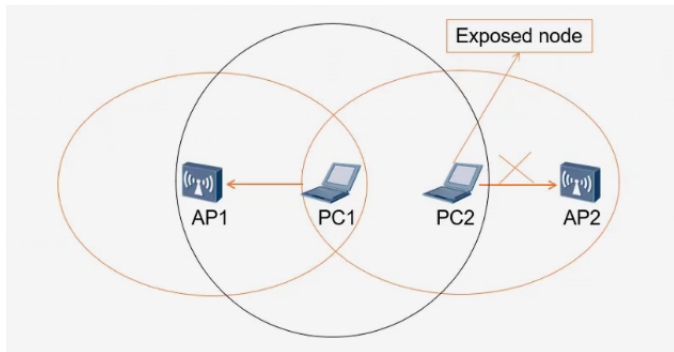


- A device can send RTS/CTS frames to reserve the transmission channel before sending data frames.

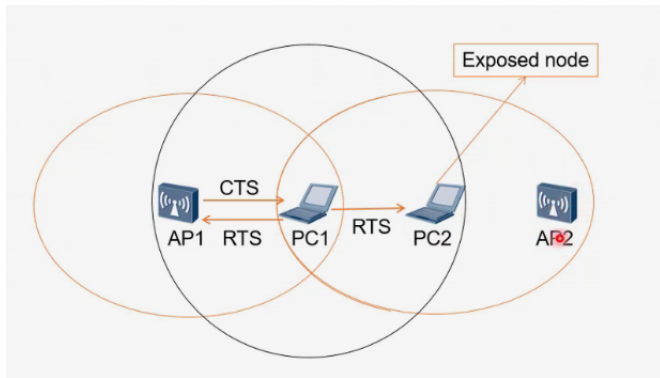


Exposed Node

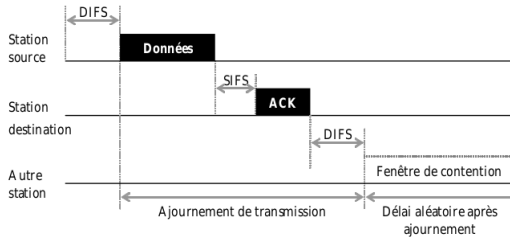
- An exposed node is within the communication range of the transmitter but out of the communication range of the receiver.



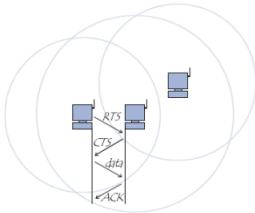
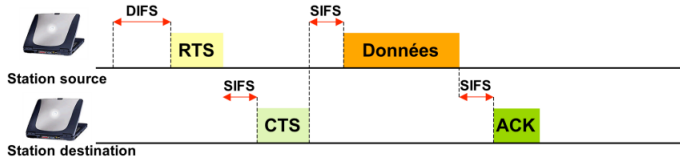
Exposed Node : Solution with RTS/CTS



CSMA/CA without RTS/CTS/ACK



CSMA/CA Algorithm with RTS/CTS/ACK



Backoff Algorithm

- Les différentes stations en attente d'émission risquent de créer de collisions si on n'utilise pas une technique de gestion lorsque le support sera à nouveau libre. Ce procédé de redémarrage s'appelle l'algorithme de backoff.
- Chaque station calcule un délai aléatoire compris entre 0 et 7 "time slot" (unité de temps la plus petite, variant suivant la norme physique) et décrémente ce timer dès que le support est libre.
- La station atteignant la valeur 0 la première pourra transmettre ses informations, les autres bloquent leur temporisateur et recommencent dès que le support est de nouveau libre.

Backoff Algorithm

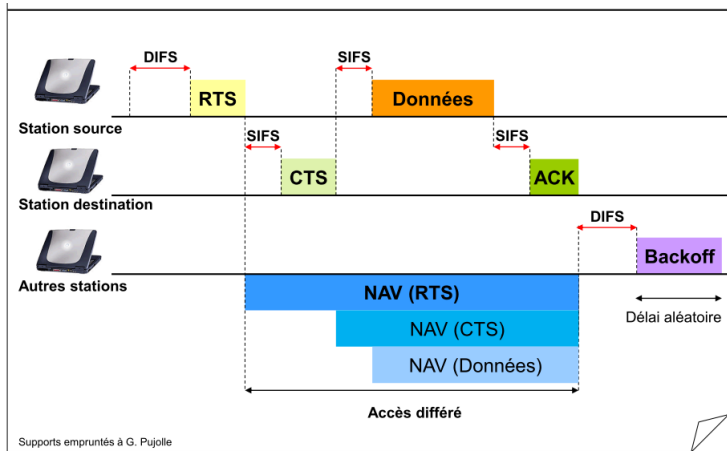
- Si deux stations ont la même valeur de timer, une collision se produira.
- Ces stations devront régénérer alors un nouveau compteur, compris cette fois entre 0 et 15 (puis entre 0 et $2^n - 1$ où n est le nbr de retransmission).
- Cet algorithme permet aux stations d'accéder au support avec la même probabilité, mais sans garanti de délai.

Algorithme du backoff

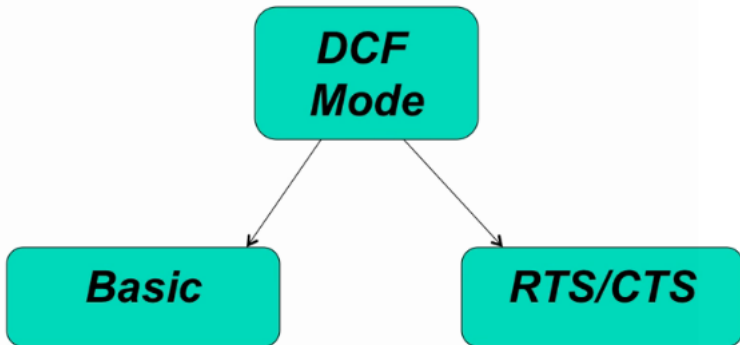
- Chaque station tire aléatoirement un délai d'attente T compris entre $[0, CW]$
- CW est la taille d'une fenêtre de contention (un certain nombre de slots)
- L'équation est : $0 < T \leq 2^k$, k est le nombre de collisions déjà détectées. Attendre pendant T slots avant de vérifier si le support est 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 : $\text{Time_slot} = 20 \mu s$

- La valeur de SIFS :Fixée par la couche physique.
- Calculée de telle façon que l'émetteur est capable de commuter en mode réception et pouvoir décoder le paquet entrant.

Backoff Algorithm



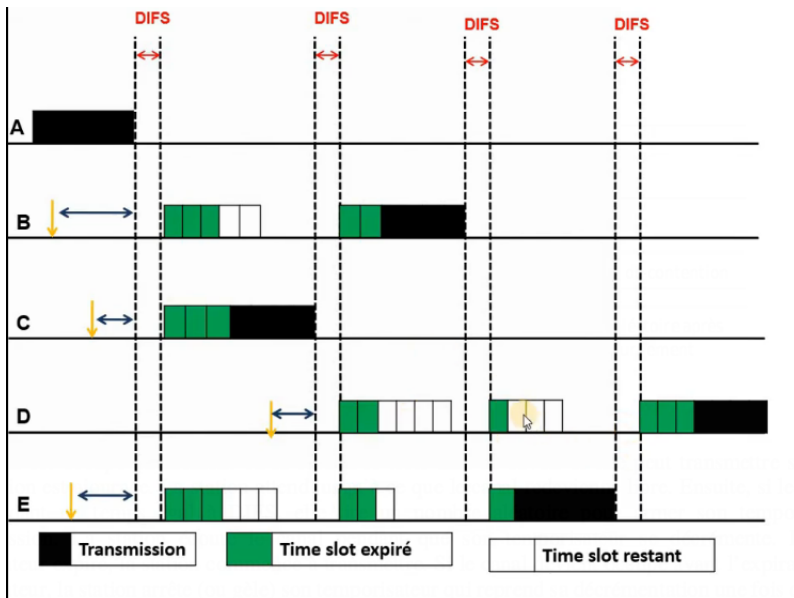
Distributed Coordination Function (DCF):



L'algorithme du backoff est exécuté dans les cas ci-dessous :

- Lorsque la station écoute le support avant la première transmission d'un paquet et que le support est occupé
- Après chaque retransmission (collision)
- Après une transmission réussie

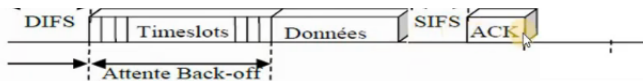
Backoff Algorithm explained



Efficacité de CSMA/CA

- On veut calculer le débit applicatif d'une liaison wifi .
- On suppose une station qui émet à 11 Mégabit/s
- La taille des données 1500 octets
- Taille (Entête + Ack) = 48 octets
- Des données de synchronisation (préambule) pour l'envoi des trames et des ACK d'une durée de 192 μ s
- Backoff : moyenne de $16 * 20 \mu$ s = 320 μ s (attente de 16 slot time de 20 μ s chacun)
- DIFS = 50 μ s
- SIFS = 10 μ s

Backoff Algorithm explained



- 1500 octets (12 kbits) à 11 Mbit/s → temps émission: 1 ms = 1000 μ s
- Entête + Ack= 48 octets à 11 Mbit/s → $\sim 40 \mu$ s
- Backoff : moyenne de $16 \cdot 20 \mu$ s = 320 μ s
- DIFS = 50 μ s
- SIFS = 10 μ s
- Données de synchronisation (préambule) d'une durée de 192 μ s
- Temps de transmission :

DIFS + Back off + SYN_DATA + T données + SIFS + SYN_ACK + ACK + entêtes)

$$50 + 320 + 192 + 1000 + 10 + 192 + 40 = 1804 \mu\text{s}$$

- **Débit effectif:**

$$1500 \cdot 8 / 1804 = 12000 / 1804 \mu\text{s} = 6,57 \cdot 10^6 \text{ bit/s}$$

- *DIFS* : Distributed Coordination Function IFS : Temps d'écoute du support avant d'émettre.
- *SFIS* : Short IFS : temps d'écoute du support avant d'envoyer les ACK (ACKnowledgment)
- $SIFS < DIFS$