

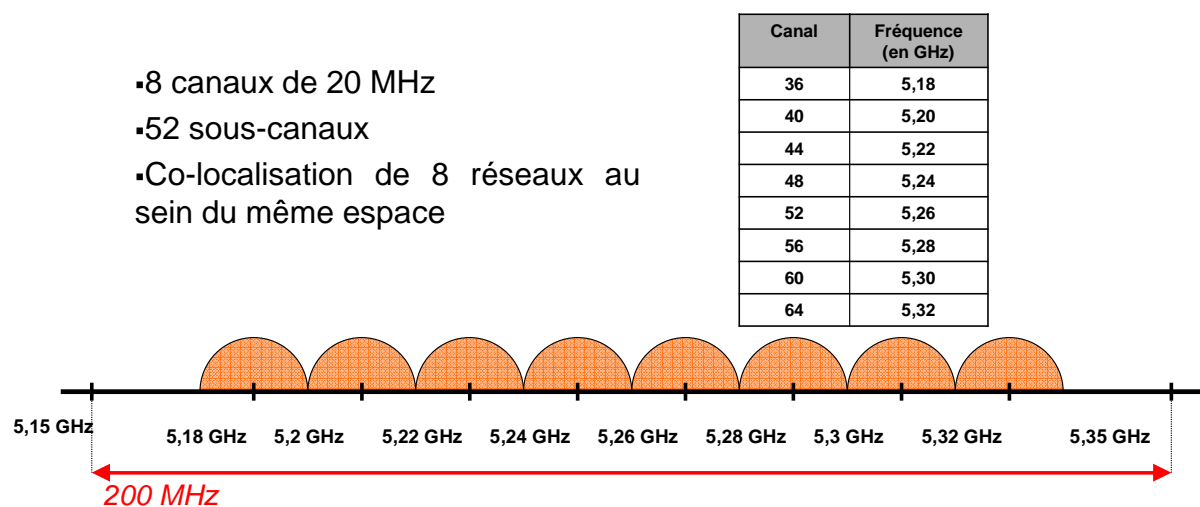
TD Guy Pujolle

TD 1 du cours Cell

On veut calculer les débits de différents réseaux WiFi, en particulier du WiFi 802.11ac

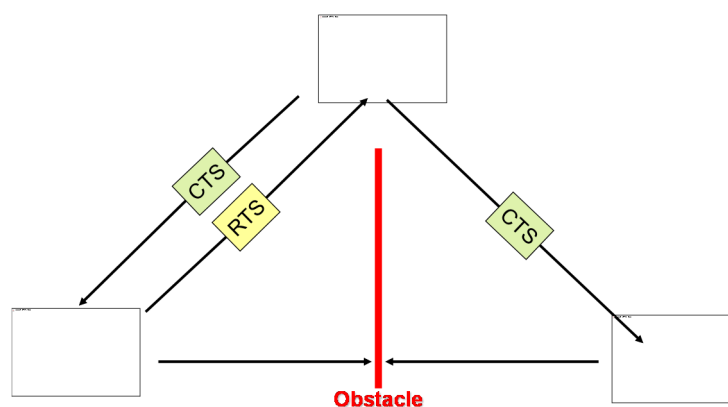
Le 802.11ac utilise la bande des 5 GHz et les canaux ont une largeur de 20, 40 et 80 Mhz et optionnellement de 160 MHz. Combien de canaux peut-on mettre sur la bande des 5 GHz si on choisit l'option 160 Hz ? Quand cette option peut-elle être utile ?

Réponse : La bande des 5 GHz fait 200 MHz de largeur et on peut donc n'y mettre qu'un seul canal. S'il n'y a qu'un seul canal possible cela empêche d'avoir un plan de fréquences. Donc cette solution est bonne lorsqu'il n'y a qu'un seul point d'accès, avec une forte demande de débit, sans autre point ac dans les environs immédiats.



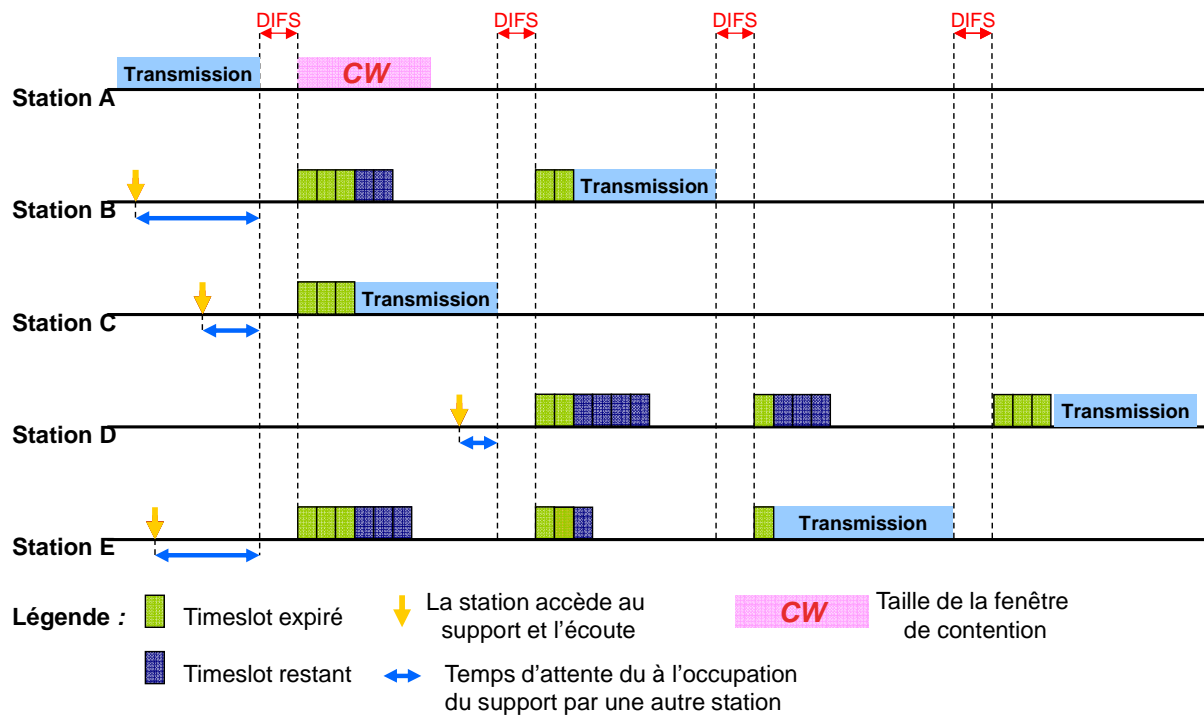
Décrivez l'utilisation du RTS/CTS

Réponse :



La technique d'accès est CSMA/CA. Faites un diagramme du CSMA/CA.

Réponse :



Peut-il y avoir une collision entre deux clients sur le même point d'accès lorsque les deux clients entendent le support libre au moment de l'écoute ? (on suppose qu'il n'y a pas de terminaux cachés).

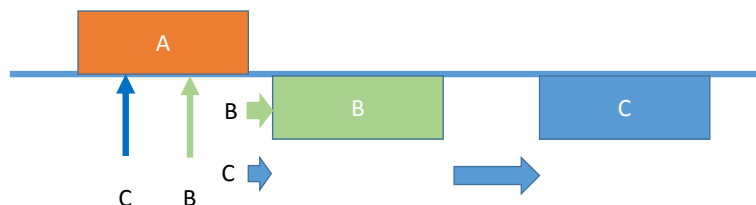
Réponse : La probabilité est complètement négligeable puisque le délai de propagation pour accéder au point d'accès est négligeable (quelques dizaines de mètres de propagation à la vitesse de la lumière). Il faudrait pour qu'il y ait une collision que les deux machines émettent dans moins que la même μs .

L'algorithme de Backoff lorsqu'une collision risque de se produire est le suivant :

On tire une valeur entière M avec $0 \leq M < 2^N$ ou N est le nombre de fois successive où un tirage du backoff a été effectué pour l'émission d'une même trame. Montrer ce qui se passe lorsque deux trames risquent pour la première fois de rentrer en collision suite à l'écoute pendant qu'une trame est en train d'être émise.

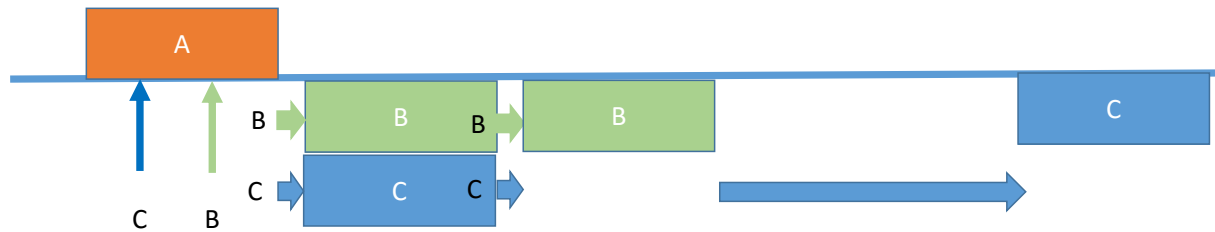
Réponse : deux cas de figure

- 1- les deux temporisateurs sont 0 ou bien 1 et il y a une collision
- 2- les deux temporisateurs sont différents (0 et 1 ou bien 1 et 0)



Montrer ce qui se passe ensuite si une collision s'est produite.

Réponse : cas par exemple où les deux trames entre en collision après avoir tiré 0 puis la trame B tire encore 0 alors que la trame C tire 2.

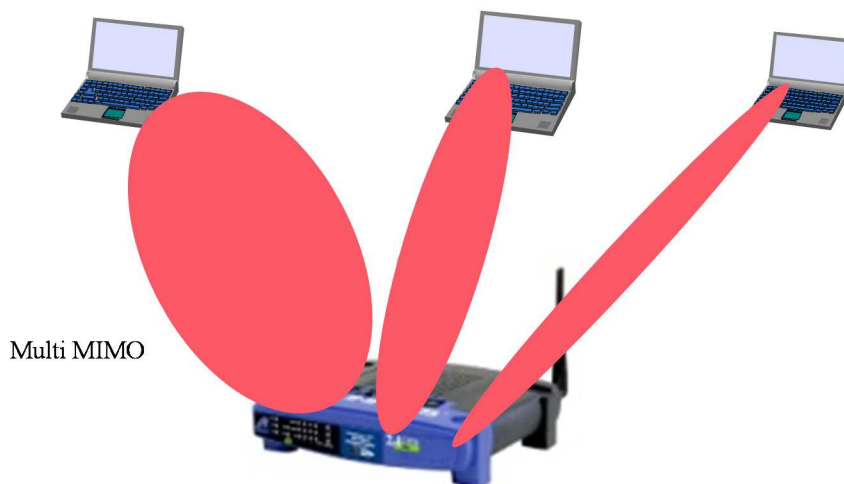


On suppose que le réseau WiFi utilise la technique MIMO. Supposons un MIMO de type 3x3 (3 antennes vers 3 antennes). Utilise-t-on des fréquences différentes ?

Réponse : Non c'est la même fréquence qui est utilisée.

Donner un exemple de MU-MIMO [Multi-user MIMO](#)

Réponse : exemple avec trois transmissions simultanées (une 1x1, une deuxième 2x2 et une troisième 3x3)



Quel est le débit du réseau WiFi 802.11ac avec une antenne unique et l'utilisation d'un codage 256QAM 5/6 avec une largeur de bande de 80 MHz. Il y a un temps incompressible entre deux trames, le SGI (Short Guard Time), qui est de 400ns dans IEEE 802.11ac. Avec les overheads la capacité perdue représente 100Mbit/s.

Réponse : Il y a transmission de 8 bits par Hz et donc 640 Mbit/s avec un taux de 5/6 : 533 Mbit/s. Il faut enlever les overheads, ce qui donne un débit de 433 Mbit/s.

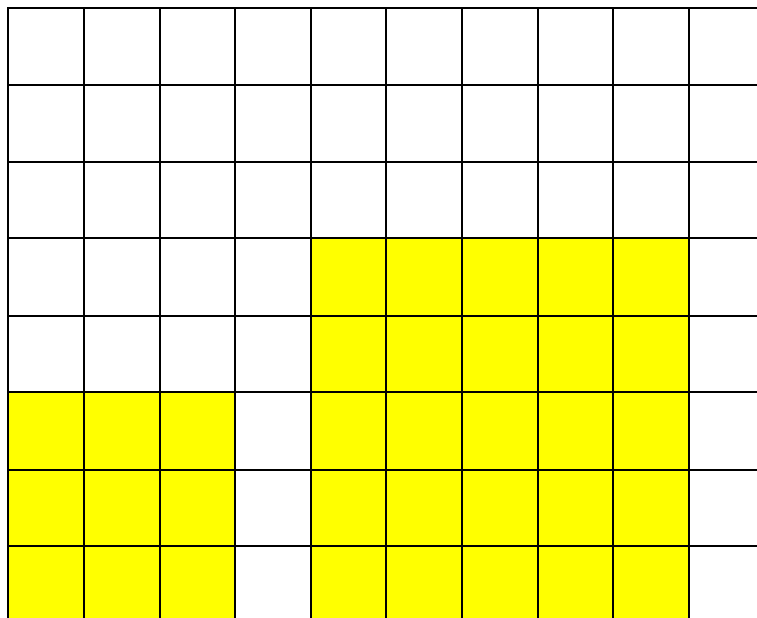
Classer les technologies en fonction de la portée, du moins loin au plus loin en supposant que les émissions utilisent la même puissance et des antennes omnidirectionnelles (qui émettent dans toutes les directions) – a, b, g, n, ac, ah, af, ad

Réponse : ad, puis ac et a et n, puis b, g puis ah, puis af

TD 2 du cours Cell

On veut comparer les deux solutions LTE et WiFi dans un stade. Le stade comprend 80 000 places qui couvrent chacune 1 m². On souhaite que chaque client ait un débit d'au moins 1 Mbit/s en permanence.

On suppose un réseau de mobile de type LTE, réalisé avec une grande antenne que l'on veut comparer avec une solution utilisant des petites cellules (small cells) qui recouvrent la cellule de la grande antenne. Nous voulons comparer le débit global des deux solutions. Le schéma ci-dessous donne une idée de la couverture d'une grande antenne qui pourrait être remplacée par 100 petites antennes (10 petites cellules sur 10 petites cellules). On suppose qu'une petite cellule peut connecter 40 spectateurs du stade.



Pouvez-vous donner quelques avantages et inconvénients importants des deux solutions suivantes concernant le WiFi :

1- les antennes Wi-Fi sont centralisées et grâce à des antennes directives, elles mettent en place des cellules

2- les antennes Wi-Fi sont distribuées régulièrement dans le stade ?

Réponse.

Centralisation : Pas besoin de beaucoup de câbles pour desservir les points d'accès WiFi. Flux montants très complexes et qui interfèrent.

Distribution : Besoin de beaucoup de câbles pour atteindre chaque point d'accès. Peu d'interférences si la puissance des points d'accès est réglée pour que les cellules utilisant la même fréquence suivent un plan de fréquence classique.

Si on utilise des points d'accès WiFi, il faut les relier vers un contrôleur. Le coût du déploiement des câbles (fibre optique) est très cher. Il faut le minimiser. Comment peut-on faire ?

Réponse : Utiliser un réseau mesh ou ad-hoc.

On suppose donc que pour éviter d'avoir un câblage trop important les points d'accès WiFi sont reliés en réseau mesh. Quel est le nombre de cellules pour des réseaux mesh à 1 saut et à 2 sauts (cf. figure avec en jaune deux exemples)?

Réponse : 9 et 25 cellules.

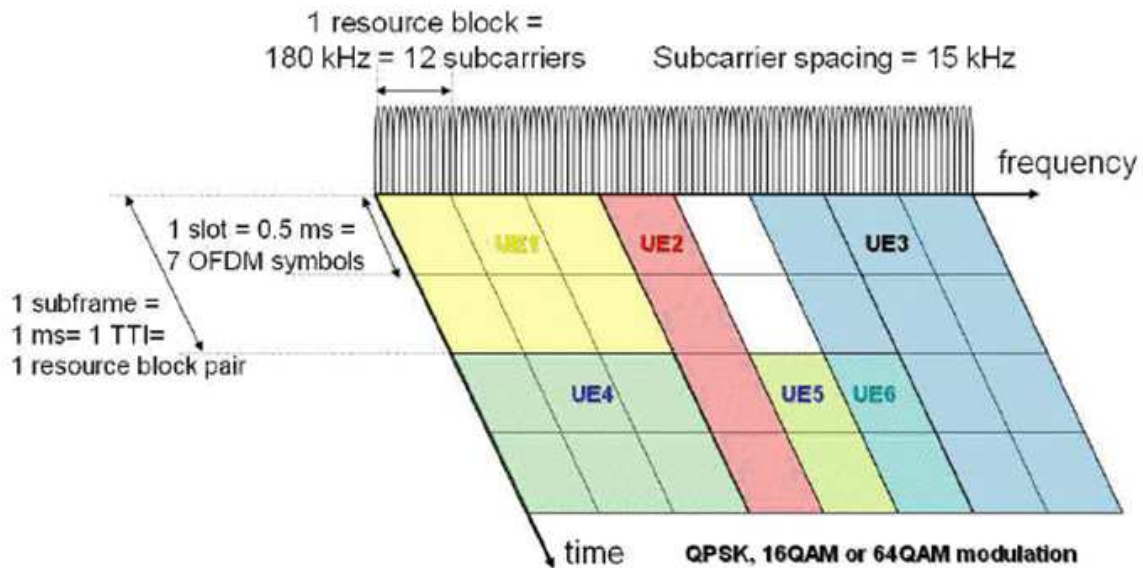
Dans le LTE on peut utiliser du FDD (*Frequency Division Duplexing*) qui demande 2 bandes de fréquences distinctes pour l'émission (upload) et la réception (download) et le TDD (*Time-Division Duplex*) qui utilise une seule bande de fréquence avec des ressources dynamiquement allouées à l'émission ou à la réception des données (multiplexage temporel).

Réponse : Le TDD permet d'adapter plus facilement les besoins des canaux montants et descendants mais la synchronisation est beaucoup plus complexe entre les canaux montants et descendants.

Comment peut-on faire du TDD sur de l'OFDMA ?

Réponse : l'ensemble des sous-porteuses définies par la modulation OFDMA peuvent être utilisées pour émettre et recevoir avec une répartition de la bande passante entre les débits montants et descendants qui est définie par l'opérateur mobile

L'OFDMA du LTE se présente sous la forme suivante :



Les tranches de temps élémentaires sont de 66,7 μ s dans le LTE et il faut 7 tranches pour former un slot qui avec les overheads représente 0,5 ms. Une ressource correspond à 180 KHz (12 sous porteuses) et à un slot de 0,5 ms. L'espace entre les ressources est de 15 kHz. Combien y a-t-il de ressources par slot pour un canal de 5 MHz ?

Réponse : Sur 5 MHz cela fait 25 ressources pour chaque tranche de 66,7 μ s.

1 slot de 0,5ms fait 7 tranches.

Donc 25 clients toutes les 0,5 ms.

Combien de clients peuvent être connectés simultanément à un instant précis, ces clients étant actifs, c'est-à-dire en émission ou en réception.

Réponse : Si les trames font 4 ms on peut donc allouer 200 clients au total.

Quel est le débit d'un client élémentaire ?

Réponse : Le débit d'un client élémentaire avec N bits par Hz toutes les 0,5ms donne le débit $N \times 90 = 90 N$ bit/s. Si $N=8$ cela fait 720 bits

Quel est le débit par client avec 1 ressource par trame ?

Il y a 250 trames par seconde, donc le débit par client est de : $720 \times 250 = 180\,000$ bit/s = 180 Kbit/s

Quel est le débit total de l'antenne?

Réponse: Débit total : 180 Kbit/s x 200 clients = 36 Mbits/s

Si l'antenne utilise un MIMO 3x3 quel est le débit ?

Réponse : Débit avec un MIMO 3X3 = $36 \times 3 = 108$ Mbit/s. Il faut noter que le débit réel est certainement un peu inférieur car il y a quelques interférences entre les trois canaux.

Si l'antenne dispose de 4 canaux de 20 MHz chacun, quel serait le débit ?

Réponse : Pour une fréquence de 80 MHz, le débit total est de $108 \times 4 = 432$ Mbit/s

En utilisant une technique SDMA en plus que devient le débit ?

Réponse : pour 4 ou 8 directions $432 \times 4 = 1\,732$ Mbit/s ou $432 \times 8 = 3\,456$ Mbit/s

Pour faire passer une parole téléphonique en VoLTE comment faut-il s'y prendre ?

Réponse : Le VoLTE est de la VOIP sur la partie « données » du LTE.

Est-il possible de faire passer une VoLTE sur une tranche de temps élémentaire ?

Réponse : Oui il est possible de faire passer une VoLTE sur une tranche de temps élémentaire qui représente une capacité de 25 Kbit/s.

Les contrôleurs WiFi sont de deux types : contrôleur de bas niveau et contrôleur de haut niveau (que l'on appelle encore contrôleur applicatif). Pouvez-vous donner quelques services qui peuvent être rendus par des deux catégories de contrôleur ?

Réponse : Pour la première catégorie, il y a des services de type « gestion des fréquences » ou « gestion de la puissance » ou détection des points d'accès pirates par écoute. Dans la deuxième catégorie on trouve des services de gestion des utilisateurs comme l'authentification, la correspondance avec un profil, l'utilisation d'une imprimante, l'utilisation d'un webmail, etc.

Dans un stade, on peut mettre 4 fréquences LTE (20 MHz) et utiliser 8 directions ce qui donne un débit de presque 3,5 Gbit/s. S'il y a 4 opérateurs, le débit total atteint 14 Gbit/s.

On veut comparer ce débit avec celui d'une solution WiFi. On suppose que chaque cellule WiFi correspond à un WiFi de capacité 100 Mbit/s par cellule en utilisant un 802.11ac. Quel est la capacité globale du stade ?

Réponse : il y a 2000 cellules et donc 200Gbit/s. Il est à noter que si l'on utilisait du 802.11g, la capacité serait insuffisante par cellule qui doit atteindre 40 Mbit/s.

On revient au réseau mesh pour éviter de poser trop de câble. Quel débit arrive sur l'antenne centrale ? Est-ce possible ?

Réponse : dans le cas d'un seul saut, il y a 9 cellules de 40 utilisateurs donc le débit demandé est de 40×9 Mbit/s = 360 Mbit/s. Cette valeur ne peut être atteinte que par un réseau 11.ac.

Pour deux sauts, le débit serait de $25 \times 40 = 1000$ Mbit/s = 1 Gbit/s. Nous sommes à l'extrême limite de la technologie ac et en débit réel 1Gbit/s ne passera pas. Il faut donc éliminer cette solution et prendre une solution de réseau mesh à un saut.

On met un contrôleur derrière les points d'accès WiFi. Le contrôleur peut-il limiter le débit des clients ? comment ?

Réponse : Oui en jouant sur TCP (retarder les acquittements)