

I. Introduction :

Les réseaux locaux basés sur la technologie IEEE 802.11 ont pris une ampleur telle qu'ils sont déployés un peu partout dans notre entourage quotidien (aéroports, hôtels, gares, campus, etc.). Ce déploiement est favorisé par la maturité atteinte par le standard grâce aux travaux des groupes 802.11 chargés de rendre le standard plus compétitif (QoS, sécurité, haut débit).

Le groupe de travail 802.11 e répond aux challenges de garantie de la qualité se service (QoS) aux applications temps réel en définissant de nouveaux mécanismes d'accès au médium. Le draft résultant des travaux du groupe 802.11 e propose deux nouveaux mécanismes : EDCA et HCCA.

Dans ce chapitre nous nous intéresserons plus particulièrement à la gestion de la QoS et ses contraintes dans les réseaux IEEE 802.11. Dans un premier temps, nous passerons en revue les mécanismes de QoS les plus significatifs proposés dans la littérature ; nous nous attarderons sur les deux mécanismes du draft 802.11 e EDCA et HCCA. Dans un deuxième temps, nous introduirons un autre mécanisme de la QoS c'est le protocole du lien direct permettant la communication directe entre les stations dans un mode de fonctionnement avec infrastructure.

II. Généralité sur la qualité de service :

II.1 Définition de la QoS:

Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme de la qualité de service dont les plus importantes sont :

- La **Qualité de Service** (QoS) est la capacité à véhiculer dans de bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, taux de perte de paquets...

- La **Qualité de Service** est une notion subjective. Selon le type d'un service envisagé, elle pourra résider dans le débit (Un débit permet de mesurer le flux d'une quantité relative à une unité de temps au travers d'une surface quelconque.), le délai (pour les applications interactives ou la téléphonie), la disponibilité (accès à un service partagé) ou encore le taux de pertes de paquets (pertes sans influence de la voix ou de la vidéo (La vidéo regroupe l'ensemble des techniques, technologie, permettant l'enregistrement ainsi que la restitution d'images animées...)). [1]

- La **Qualité de Service** regroupe un ensemble de technologies mises en œuvre pour assurer des débits suffisants et constants sur les réseaux, y compris Internet. [2]

II.2 But de la QoS :

Le but de la QoS est donc d'optimiser les ressources du réseau (Un réseau informatique est un ensemble d'équipements reliés entre eux pour échanger des informations. Par analogie avec un filet (un réseau est un « petit rets », c'est-à-dire un petit filet), on appelle nœud (node) l'extrémité d'une connexion, qui peut être une intersection de plusieurs connexions (un ordinateur, un routeur, un concentrateur, un commutateur) et de garantir de bonnes performances aux applications critiques. La Qualité de Service sur les réseaux permet d'offrir aux utilisateurs des débits et des temps (Le temps est un concept développé pour représenter la variation du monde : l'Univers n'est jamais figé, les éléments qui le composent bougent, se transforment et évoluent pour l'observateur qu'est l'homme. Si on considère l'Univers...) de réponse différenciés par application suivant les protocoles mis en œuvre au niveau de la couche réseau.

Elle permet ainsi aux fournisseurs de services (départements réseaux des entreprises, opérateurs...) de s'engager formellement auprès de leurs clients sur les caractéristiques de transport (Le transport, du latin trans, au-delà, et portare, porter, est le fait de porter quelque chose, ou quelqu'un, d'un lieu à un autre.) des données (Dans les technologies de l'information (TI), une donnée est une description élémentaire, souvent codée, d'une chose, d'une transaction d'affaire, d'un événement, etc.) applicatives sur leurs infrastructures IP. [4]

Selon le type d'un service envisagé, la qualité pourra résider :

- Le débit (téléchargement ou diffusion vidéo).
- Le délai (pour les applications ou la téléphonie).
- La disponibilité (accès à un service partagé).
- Le taux de pertes de paquets. [5]

II.3 Services de la QoS :

La mise en place de la qualité de service nécessite en premier lieu la reconnaissance des différents services:

- La source et la destination du paquet.
- Le protocole utilisé (UDP/TCP/etc.).
- Les ports de source et de destination dans le cas TCP et UDP.
- La congestion des réseaux.

- La validité du routage (gestion des pannes dans un routage en cas de routes multiples par ex.)
- La bande passante consommée.
- Les temps de latence.

II.4 Critères de la QoS :

Les principaux critères permettant d'apprécier la qualité de service sont les suivants :

- **Débit** (en anglais *bandwidth*): parfois appelé bande passante, il définit le volume maximal d'information (bits) par unité de temps (b/s).
- **Perte de paquet** (en anglais *packet loss*): elle correspond à la non-délivrance d'un paquet de données, la plupart du temps due à un encombrement du réseau.
- **Gigue** (en anglais *jitter*) : C'est un paramètre important pour les applications communicantes de type voix ou vidéo où la gigue doit être la plus faible possible. La gigue est due principalement aux délais de transferts variables dans les nœuds du réseau (switches et routeurs).
- **Latence** (en anglais *delay*) : elle caractérise le retard entre l'émission et la réception d'un paquet. [5]

II.5 Degrés de la QoS :

Les trois principaux degrés de Qualité de Service (trois niveaux de services), du plus fiable au plus lâche, sont les suivants :

II.5.1 *Le service garanti ou premium :*

Il vise à émuler une liaison spécialisée : malgré un multiplexage des paquets sur le médium, le lien propose les mêmes garanties que s'il était basé sur une ligne indépendante. Des pertes de paquets ou une certaine gigue peuvent néanmoins être acceptées en fonction du contrat négocié. Au niveau technologies, le service garanti se retrouve avec le GS d'IntServ, l'EF de DiffServ et le CBR de l'ATM que nous détaillerons plus loin.

II.5.2 *Le service « mieux que Best-Effort ».*

II.5.3 *Le service Best-Effort :*

Le protocole IP de base en est un exemple, ou encore UBR de l'ATM. [6]

III. Qualité de service suivant le standard IEEE 802.11 :

Pour assurer une qualité de service adéquate dans les réseaux sans fil le standards IEEE 802.11 à définit deux méthodes d'accès au canal:

- Distributed Coordination Function (DCF)

- Point Coordination Function (PCF)

Les deux méthodes sont bien illustrer dans le chapitre précédant.

III.1 Problématique de la QoS dans les réseaux IEEE 802.11:

Le développement du réseau Internet et le grand nombre d'utilisateurs connectés à ce réseau imposent le recours à des supports de qualité de service. Dans cette perspective, plusieurs groupes de travail ont vu le jour pour les réseaux filaires. Les nouveaux besoins en termes de mobilité des utilisateurs et la croissance des réseaux permettant le nomadisme des utilisateurs ont fait migrer le problème vers la boucle locale sans fils, entre autres les réseaux IEEE 802.11. Actuellement, le marché des télécommunications des réseaux Hots-pot est relativement faible mais on s'attend à ce qu'il subisse une croissance accrue les prochaines années. Les fournisseurs d'accès à Internet commencent à mettre en place un large nombre de hots-pots 802.11 ou Wifi dans les divers lieux publics. Des applications multimédia telles que la voix sur IP ou la vidéo sur demande en plus des applications classiques seront de plus en plus utilisées dans ce type de réseaux. Ces applications multimédia nécessitent un niveau minimal de qualité de service en termes de bande passante, de délai, de gigue ou de taux de perte. D'autres types d'applications avec des contraintes plus aigües en termes de QoS commencent à émerger. Des applications du standard 802.11 en milieu industriel pour la commande et la supervision des systèmes ou en milieu médical pour la télémédecine imposent des exigences strictes en termes de QoS (délais + taux d'erreurs). La réponse à ces besoins accrus en QoS dans les hots-pots 802.11 est d'autant plus difficile à cause des caractéristiques spécifiques du médium sans fils. En effet, pour la couche physique DSSS permettant un débit au-delà de 11 Mbps, parmi 11 canaux possibles, seulement 3 ne se chevauchent pas. Ce médium présente alors un taux de perte assez élevé à cause des interférences. En plus, les caractéristiques du support physique ne sont pas constantes et varient dans le temps et dans l'espace. Quand les utilisateurs bougent, les chemins de bout en bout changent et les utilisateurs se réassocient chaque fois à des nouveaux APs.

Ces utilisateurs doivent avoir la même QoS indépendamment de leurs associations et du chemin de bout en bout du trafic. Plusieurs travaux de recherche ont essayé d'évaluer les performances du standard IEEE802.11 quant à sa capacité de répondre aux besoins en termes de QoS des utilisateurs. Ces travaux ont investigué essentiellement les possibilités offertes par la sous couche MAC du standard pour garantir un niveau

minimal de QoS pour les utilisateurs. Dans le même objectif, d'autres travaux ont adopté des modèles analytiques ou des approches par simulation. Plusieurs solutions ou approches pour l'amélioration du support de QoS par la couche MAC 802.11 ont été proposées. [3]

Toutes ces insuffisances dans les modes de fonctionnement DCF et PCF du standard ont conduit à plusieurs activités de recherche pour améliorer les performances de la sous couche MAC 802.11.

III.2 Limites en termes de QoS du standard IEEE 802.11 : [3]

Le contrôle d'accès au médium, le maintien de la QoS et la sécurité sont les fonctions les plus importantes de la sous couche MAC 802.11. Cependant plusieurs limitations se présentent quant au support de la qualité de service.

III.2.1 Limitations de la méthode d'accès de base DCF :

Le protocole CSMA/CA utilisé avec cette méthode permet un accès Best Effort au canal. Les utilisateurs ne peuvent avoir aucune garantie de qualité de service minimale. Toutes les stations d'un même BSS concourent pour l'accès au canal et aux ressources du réseau avec les mêmes priorités. Aucun mécanisme de différenciation entre plusieurs types de flux n'est mis en place pour garantir la bande passante, le délai de bout en bout ou la gigue pour des trafics à hautes priorités tels que la voix sur IP ou la vidéo/visioconférence. Le taux des erreurs dues à la couche physique 802.11 est à peu près trois fois plus grand que celui observé dans les réseaux locaux filaires. Le nombre important de collisions et de retransmissions implique des délais de transmission imprévisibles et une dégradation de la qualité de transmission des flux temps réel tels que pour la voix ou la vidéo.

III.2.2 Limitations de la méthode d'accès PCF :

Spécialement conçue pour apporter un support de qualité de service en priorisant les applications temps réel par rapport aux autres, cette procédure d'accès avec scrutation souffre de plusieurs défaillances. Tout d'abord ce mode ne peut être utilisé qu'en alternance avec le mode d'accès DCF et ne peut jamais fonctionner à part entière. PCF présente tous les inconvénients d'une approche centralisée tel que l'effet d'une défaillance du point central. En plus, à faible charge, les stations voulant émettre en mode PCF subiront des délais très élevés.

Elles seront obligées d'attendre d'être scrutées avant d'émettre. De plus, le coordinateur (généralement confondu avec le point d'accès) doit systématiquement

accéder au canal sans fil lors de la période DCF afin de débiter la période PCF suivante. Dans le mode PCF, il sera très difficile de répondre aux besoins d'un nombre important de trafics temps réel sans pénaliser les applications qui se dérouleront par la suite dans la période avec contention. Un autre problème de ce mode est l'impossibilité de prévoir la durée de transmission des stations sollicitées. Une station sollicitée par le point coordinateur peut transmettre un MSDU de taille maximale 2304 octets. Cependant, le standard n'empêche pas sa fragmentation en plusieurs MPDU. Ceci, en plus des débits de transmission dépendant de l'état du canal physique, conduit à une durée de transmission d'un MSDU non contrôlée par le point coordinateur ce qui induira des délais supplémentaires pour le reste des stations en mode PCF. Enfin le mode PCF est géré par un algorithme de scrutation Round-Robin à une seule classe. Il ne lui est donc pas possible de répondre aux besoins de QoS de plusieurs types de flux (voix, vidéo,...).

III.3 Les différentes solutions de QoS dans les réseaux IEEE 802.11 :

Depuis l'écriture du standard IEEE 802.11 à la fin des années 90, plusieurs propositions, issues de travaux de recherches et/ou d'initiatives de la part de constructeurs, ont vu le jour pour l'amélioration du support de qualité de service dans ces réseaux. Un groupe de travail spécifique a été formé au sein de l'IEEE dans l'objectif de normaliser des amendements de la qualité de service pour le protocole 802.11. La norme 802.11e a ainsi été élaborée. Elle reprend entre autres des techniques introduites dans divers travaux de recherche. Dans la suite de ce chapitre nous présentons tout d'abord la norme IEEE 802.11e puis nous présenterons plusieurs approches visant à améliorer la QoS dans les réseaux 802.11.

III.3.1 Le nouveau standard IEEE 802.11 e :

Pour supporter la qualité de service, le groupe de travail "e" du standard 802.11 définit des améliorations de la couche MAC de 802.11 en introduisant une fonction de coordination hybride HCF. Ce dernier définit deux mécanismes d'accès au canal (synonyme d'accès au médium dans 802.11e) : accès avec contention et accès contrôlé. La méthode d'accès avec contention est nommée EDCA. La deuxième méthode, offrant un accès contrôlé, est nommée HCCA. Les stations sans fils opérant sous 802.11e sont appelées stations améliorées. La station améliorée qui joue le rôle de contrôleur central au sein de la même cellule QBSS est appelée le point de coordination hybride (HC). Le point de coordination hybride est typiquement combiné au point d'accès. Un QBSS est un BSS qui inclut un HC et des stations améliorées. Les paramètres QoS sont ajustés au

cours du temps par le coordinateur hybride et sont annoncées périodiquement à travers les trames balises. Plusieurs entités de Backoff (Backoff Entity) fonctionnent en parallèle dans une station améliorée. Une entité de Backoff est une file de transmission pour une classe de trafic bien déterminée avec des paramètres d'accès au canal spécifiques. Une station 802.11e ou plus précisément une entité de Backoff ne peut utiliser le canal que pour une durée limitée. L'intervalle de temps durant lequel la station a le droit d'émettre est appelé l'opportunité de transmission TXOP. TXOP est défini par un instant de début et une durée. Un intervalle TXOP obtenu suite à une contention au canal est appelé EDCA-TXOP. Quand cet intervalle est obtenu dans la période contrôlée par le HC, il est appelé HCCA-TXOP. La durée d'une EDCA-TXOP est limitée par la valeur du paramètre QBSS-limit-TXOP régulièrement distribuée par le point d'accès à travers les trames balises (beacon). Ce paramètre permet donc de contrôler la durée maximale d'une transmission en cours ce qui est important pour les délais d'accès et de transmission de l'ensemble des stations. L'utilisation de ce paramètre permet aussi d'assurer à un instant précis et sans retard, le démarrage de chaque période d'accès contrôlée par le HC.

Une autre amélioration est apportée par le nouveau standard : les stations améliorées sont maintenant autorisées à transmettre directement des trames à une autre entité du QBSS sans être obligées de passer par le point d'accès. Ce fait permet d'optimiser l'utilisation de la bande passante partagée entre les utilisateurs. Dans le standard 802.11, toutes les communications passaient obligatoirement par le point d'accès. [3]

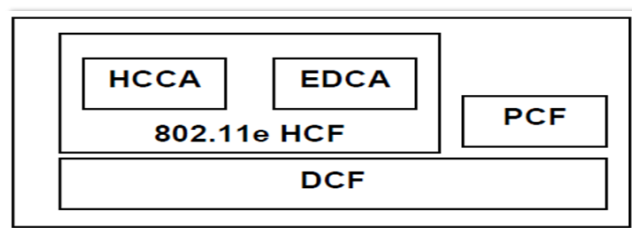


Figure 3.1 : Architecture de la norme 802.11e

i. HCF : une fonction d'accès au médium avec QoS

HCF est utilisée uniquement dans ce que le standard appelle un réseau QoS (c'est le réseau où le point d'accès met en place un HC). La modification IEEE 802.11e a introduit cette nouvelle méthode ainsi que d'autres mécanismes afin d'apporter certaines propriétés QoS au niveau de l'accès. HCF introduit des modifications à DCF et PCF ainsi qu'un certain nombre de mécanismes et de types de trames permettant la mise en place de transferts avec qualité de service pendant la CP et la CFP. HCF

introduit la notion d'opportunité de transmission (TXOP) qu'une QoS-STA peut obtenir en utilisant l'une des méthodes d'accès d'HCF : la méthode d'accès avec contention EDCA ou la méthode d'accès par scrutation (HCF). L'obtention d'un TXOP peut permettre l'envoi d'une ou plusieurs trames. Si TXOP vaut 0, une seule trame donnée peut être envoyée par opportunité de transmission. [9]

- **La méthode d'accès EDCA : [5], [7]**

Il s'agit d'une amélioration du DCF qui ajoute un système de priorité pour la gestion de l'accès au support. Ce dernier se fait alors selon le niveau de priorité de la trame. Selon la définition du dernier draft de la norme 802.11e, la couche MAC au niveau d'une station est formée de quatre files de transmission dont chacune fonctionne comme une entité de Backoff en mode DCF. La structure de cette couche est illustrée par la figure 3.1.

La norme IEEE 802.11e a donc défini, au niveau MAC, quatre catégories d'accès : AC relatives aux applications traitées dans les couches supérieures. Chaque catégorie de trafic constitue une file d'attente FIFO. Elles sont notées respectivement :

- **AC_VO** : pour les applications temps réels tel que la voix
- **AC_VI** : pour les applications vidéo
- **AC_BE** : pour le trafic « Best Effort »
- **AC_BK** : pour le trafic Background

Pour introduire la notion de différenciation entre les différentes AC, Chaque catégorie de trafic possède son propre DIFS, on parle donc de AIFS. Ces catégories de trafic, gèrent huit niveaux de priorités allant de 0 à 7 relatives à la norme 802.11D. Les correspondances entre ces priorités et les catégories d'accès sont récapitulées aussi au niveau de la figure 3.1. En outre, il est important de signaler que les tailles limites de la fenêtre de contention diffèrent selon la classe de trafic. On parle alors de $CW_{Min} [AC]$ et $CW_{Max} [AC]$.

Chaque AC détient son propre compteur de Backoff qui est désormais compris entre 1 et $1 + CW [AC]$.

Quand deux ACs finissent en même temps leur durée de Backoff, alors c'est le paquet de plus haute priorité qui sera transmis, les autres entités doivent augmenter leurs fenêtres de Backoff.

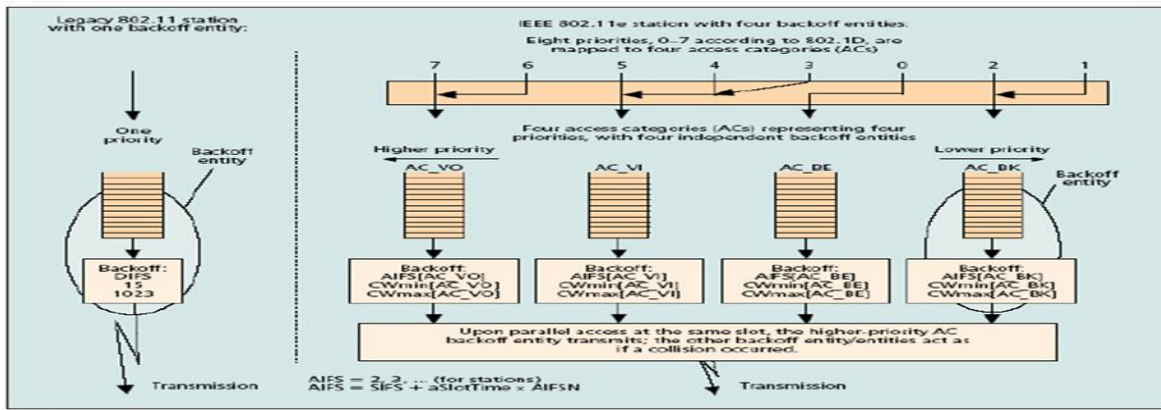


Figure 3.2 : Une station implémentant IEEE802.11 e

Les paramètres décrits ci-dessus sont annoncés par le point d'accès AP à travers des trames balises. Ce dernier peut alors les adapter aux conditions du réseau. La figure 3.2 illustre le mécanisme d'accès au support en mode EDCA.

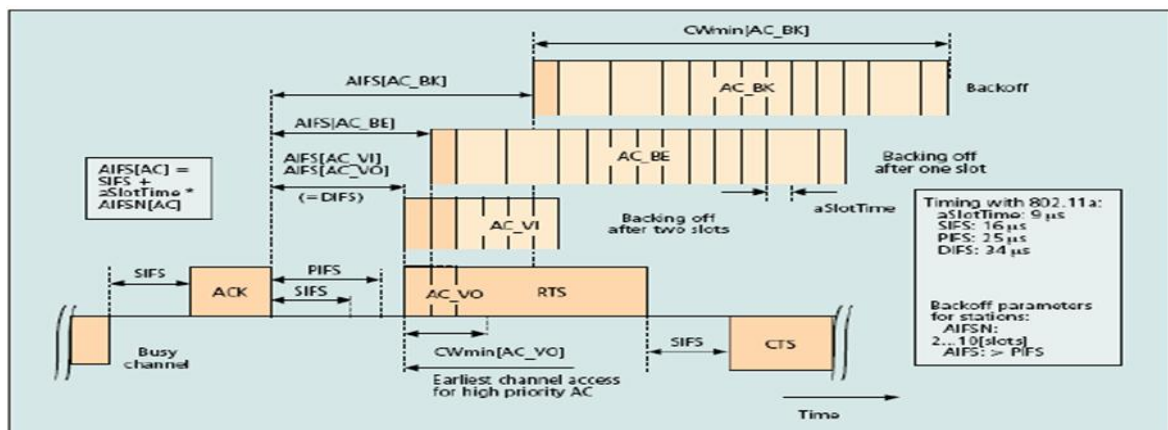


Figure 3.3 : L'accès en mode EDCA

Pour sa version actuelle, la norme 802.11e a aussi introduit le paramètre TXOP. Il s'agit d'un intervalle de temps pendant lequel une station a le droit d'émettre. Au niveau de la trame balise, l'AP annonce aussi à chaque AC la limite de l'intervalle TXOP (TXOPLimit [AC]) tout en définissant aussi la date de début de transmission. Durant un TXOP, la station peut transmettre plusieurs MPDUs pour un seul AC. Ces MPDUs sont espacés d'un SIFS de leurs acquittements. Cette transmission de plusieurs MPDUs est notée CFB. La figure 3.3 présente la structure du CFB :

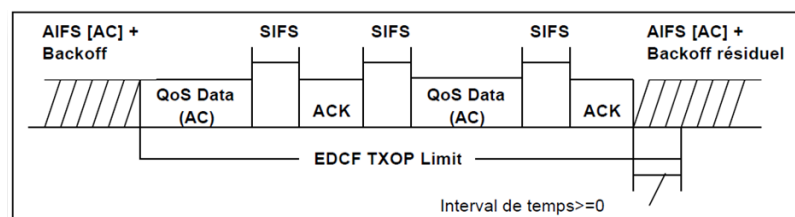


Figure 3.4 Structure temporelle du CFB

- **La méthode d'accès HCCA:**

Le mécanisme d'accès HCCA combine les avantages des modes DCF et PCF. Il utilise un coordinateur central appelé HC qui utilise des règles différentes de celles du mode PCF. Avec HCCA, le TXOP est alloué par l'AP et peut-être actif à la fois dans la période sans contention (CFP) mais aussi dans la période avec contention (CP). En effet, il est possible de découper l'intervalle de temps CP en une nouvelle période sans contention appelée CAP qui utilise le mécanisme HCCA, et une période avec contention qui utilise EDCA. Les périodes CAP sont utiles pour rendre indépendante la fréquence d'émission des balises (beacons) des contraintes de latence que peuvent avoir les applications multimédias. D'autre part, pour remédier au phénomène de désynchronisation des beacons qui se produit avec le mode PCF avec HCCA, une station n'est autorisée à émettre un paquet que dans la mesure où sa transmission ne gêne pas l'émission de la prochaine balise. Afin de garantir un service différencié, le mécanisme HCCA se base sur une négociation de trafic TSPEC entre le point d'accès et les stations. Avant de transmettre un flot qui nécessite une garantie de service, un circuit virtuel appelé TS doit s'établir entre l'AP et les différentes stations pour échanger certains paramètres (comme le débit du flot, la taille des paquets, la latence maximale acceptable, etc.) En fonction des paramètres TSPEC, un ordonnanceur localisé dans l'AP calcule une durée de TXOP pour chacune des stations. [8]

- ii. **Autres améliorations :**

Le standard présente différents mécanismes, complémentaires à HCF, permettant d'offrir une QoS pour l'accès 802.11. L'essentiel de ces mécanismes fut introduit par la modification IEEE 802.11e. Nous en exposons certains dans ce paragraphe, celui qui nous intéresse étant essentiellement le protocole de lien direct.

- **Direct Link Protocol :**

Les spécifications de trafic dans le standard 802.11 original en mode AP ne permettent l'écoulement du trafic entre stations qu'en passant par l'AP uniquement. Le protocole de liaison directe (DLP) dans la norme 802.11 e donne la possibilité aux stations d'envoyer le trafic directement entre elles sans traverser l'AP. Cette possibilité peut potentiellement augmenter la largeur de bande disponible pour la communication de station à station. Le DLP fonctionnera seulement quand les stations qui veulent communiquer sont dans la portée l'une de l'autre. Le DLP pourrait également augmenter potentiellement le temps d'exécution dans le cas où le lien entre les stations

qui communiquent est meilleur que le lien entre les stations et l'AP. Ceci a pu être le cas quand les stations sont plus près l'une de l'autre que de l'AP. Si après la durée « *DLPIdleTimeout* » il n'y a aucune transmission de trames entre les deux stations, le lien direct est coupé. [10]

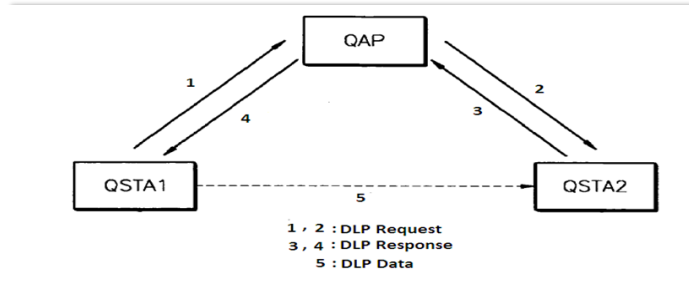


Figure 3.5 : Dialogue DLP

Avec le DLP, l'expéditeur envoie d'abord un message de demande de lien direct (DLP Request) au récepteur par le QAP. Une fois que le récepteur reconnaît la demande, le lien direct entre les deux stations est établi.

Plusieurs formats de trames sont définis dans le but de la gestion du DLP citons : [11]

- **DLP Request :**

La trame DLP Request est utilisée pour l'établissement du lien direct entre deux stations dans un même BSS. Le corps de la trame DLP Request contient les informations mentionnées dans le tableau suivant :

Order	Information
1	Category
2	Action
3	Destination MAC Address
4	Source MAC Address
5	Capability Information
6	DLP Timeout Value
7	Supported rates

Tableau 3.1: Corps de la trame DLP Request

- **Category :**

Le tableau suivant représente les codes des catégories ainsi avec la signification :

Code	Signification
1	QOS
2	DLP
3	Block ACK

Tableau 3.2 : Les codes du champ « Category »

Dans la trame DLP Request la valeur du « Category » vaut **2** (représentant le DLP).

- **Action :**

Les différentes valeurs du champ « Action » avec leurs significations sont présentées dans le tableau suivant :

Code	Signification
0	DLP Request
1	DLP Response
2	DLP Teardown

Tableau 3.3 : Les codes du champ « Action »

Dans la trame DLP Request la valeur du champ « Action » vaut **0** (représentant le DLP Request).

- **Destination MAC Adress :**

Représente l'adresse MAC de la station destination.

- **Source MAC Adress :**

Représente l'adresse MAC de la station émettrice.

- **Capability information :**

Informations sur la capacité de la station émettrice de la demande.

- **DLP Timeout Value :**

Champ utilisé pour indiquer la valeur du temps de mort du lien direct, la longueur de cette valeur est 2 octets. Ce champ contient la durée en seconde après laquelle le lien direct est terminé s'il n'y a aucune trame échangée entre les deux QSTAs.

- **Supported rates :**

Contient les informations de taux de charge de la station émettrice.

- **DLP Response :**

La trame DLP Response est envoyée comme réponse à une trame DLP Request. Le corps de la trame DLP Response contient les informations mentionnées dans le tableau suivant :

Order	Information
1	Category
2	Action
3	Status Code
4	Destination MAC Address
5	Source MAC Address
6	Capability Information
7	Supported rates

Tableau 3.4 : Corps de la trame DLP Request

- **Category :**

Dans la trame DLP Response la valeur du « Category » vaut **2** (représentant le DLP).

- **Action :**

Dans la trame DLP Response la valeur du champ « Action » vaut **1** (représentant le DLP Response).

- **Status code :**

Les différentes valeurs du champ « Status » avec leurs significations sont présentées dans le tableau suivant :

Code	Signification
0	Établissement du lien direct avec Succès.
32	Échec non précisée.
33	Association (avec le QBSS) refusée car le QAP n'a pas une bande passante suffisante pour traiter une autre QSTA.
34	Association (avec le QBSS) refusée du a un taux de perte de trame excessif
35	Association (avec le QBSS) refusée car la station demandée ne supporte pas la QOS.
37	La demande a été refusée
38	La demande n'a pas été couronnée de succès, un ou plusieurs paramètres ont des valeurs invalides.
39	Le TS n'a pas été créé car la demande ne peut pas être honorée. Cependant une TSPEC suggéré est prévu pour que la QSTA source puisse tenter d'établir un autre TS avec les modifications proposées à la TSPEC.
40	Le TS n'a pas été créé car la demande ne peut pas être honorée.

	Cependant le HC peut être en mesure de créer un TS en réponse à une demande après le temps indiqué dans l'élément de retard TS.
41	Le lien direct n'est pas autorisé dans ce BSS
42	La station destination n'est pas présente dans le même QBSS
43	La station destination n'est pas une QSTA

Tableau 3.5 : Les codes du champ « Status »

- **Destination MAC Adress and the source Mac Adress:**

Elles sont copiées du champ correspondant dans la trame DLP Request.

- **Capability information :**

Informations sur la capacité de la station destination. Cette information est incluse seulement dans le cas où la valeur du « DLP Status Code » vaut **0** (Succès).

- **Supported rates :**

Contient les informations de taux de charge de la station destination. Cette information est incluse seulement dans le cas où la valeur du « DLP Status Code » vaut **0** (Succès).

- **DLP Teardown :**

La trame DLP Teardown est envoyée pour terminer le lien direct avec. Le corps de la trame DLP Teardown contient les informations mentionnées dans le tableau suivant :

Order	Information
1	Category
2	Action
3	Destination MAC Address
4	Source MAC Address

Tableau 3.6 : Corps de la trame DLP Teardown

- **Category :**

Dans la trame DLP Teardown la valeur du « Category » vaut **2** (représentant le DLP).

- **Action :**

Dans la trame DLP Teardown la valeur du champ « Action » vaut **2** (représentant le DLP Teardown).

- **Destination MAC Adress :**

Représente l'adresse MAC de la station destination.

- **Source MAC Adress :**

Représente l'adresse MAC de la station émettrice.

- **Block ACK (acquittement groupé):**

Cette procédure optionnelle permet d'améliorer l'utilisation du médium. En effet, elle permet à une station d'envoyer plusieurs paquets sans que ceux-là soient acquittés individuellement. Le bloc de paquets pourra être acquitté à la fin de l'envoi du bloc ou dans un TXOP ultérieur. L'utilisation du réseau s'en trouve ainsi améliorée. [9]

- **Le contrôle d'admission**

Un cadre pour le contrôle d'admission a été mis en place par la modification 802.11e. Ce cadre concerne l'accès par HCF avec ou sans contention (par EDCA ou par HCCA). Le contrôle d'admission servira à la gestion et la régulation de la bande passante disponible. Une QSTA souhaitant avoir des garanties de QoS (sur les délais d'accès, sur les débits ou sur le taux de pertes par exemple) devra passer par le contrôle d'admission. Les algorithmes de contrôle d'admission ne sont pas définis par le standard, le choix de l'algorithme utilisé est laissé à l'équipementier. Le standard définit cependant un cadre et un certain nombre de règles que les algorithmes devront respecter. [9]

- **NoAck**

Permet la mise en place de classes de services avec lesquels les messages transmis ne sont pas acquittés. Cette amélioration permet d'éviter la retransmission inutile de données à haute criticité temporelle. [6]

- **Respect des échéances**

D'autres modifications ont été introduites par IEEE 802.11e permettant d'améliorer le respect des échéances en contraignant les durées d'accès des stations :

- Les stations utilisant le médium sont contraintes de respecter le TBTT annoncé par le paquet Beacon. Une station voulant accéder au médium doit vérifier que la transmission entamée (jusqu'à la réception éventuelle du ACK) ne doit pas dépasser le TBTT annoncé. Le CFP ne sera, par conséquent, pas retardé par les stations accédant au médium.
- Chaque accès au médium se fait dans la limite de l'opportunité de transmission (TXOP) accordée. La valeur du TXOP est fixée par le HC. [9]

III.3.2 Les mécanismes de qualité de service niveau IP : IntServ / DiffServ

i. Le protocole à intégration de service IntServ :

Les applications traditionnelles non temps réels comme FTP se sont longtemps satisfaites du service best effort. Mais avec l'arrivée des communications multimédias, de nombreuses applications sont devenues sensibles au délai si bien que le service best effort traditionnel ne suffit plus. Bien que certaines applications soient adaptatives, il est souvent nécessaire de fournir de nouvelles classes de service offrant une meilleure qualité de service (en termes de bande passante, délai ou pertes). Ces nouvelles classes de service s'ajoutent au best effort traditionnel pour créer un Internet à intégration de services.

Un mécanisme explicite est utilisé pour signaler les exigences de qualité de service par flot aux éléments du réseau (hôtes, routeurs ou sous-réseaux). Les éléments du réseau, selon les ressources disponibles, implémentent l'un des services IntServ en fonction du type de qualité de service souhaité pendant la transmission des données. Le modèle distingue plusieurs types de services, en fonction du délai de transit par paquet (Service à contrôle de charge (CL), Service garanti (GS)).

L'architecture IntServ repose sur deux principes fondamentaux :

- le réseau doit être contrôlé et soumis à des mécanismes de contrôle d'admission,
- des mécanismes de réservation de ressources sont nécessaires pour fournir des services différenciés.

Le modèle IntServ définit une architecture capable de prendre en charge la qualité de service en définissant des mécanismes de contrôle complémentaires sans toucher au fonctionnement IP. C'est un modèle basé sur un protocole de signalisation RSVP. Dans le modèle présenté par, les routeurs réservent les ressources pour un flot de données spécifiques en mémorisant des informations d'état. Il est important de rafraîchir périodiquement les informations au cas où il y a eu changement de la route emprunté par le flot. En effet, il est inutile de continuer à réserver les ressources sur un routeur qui ne fait plus partie du chemin emprunté. Au niveau technique, la faiblesse principale de l'architecture IntServ est sa non-résistance au facteur d'échelle. Le nombre de flux qui peuvent bénéficier d'une réservation est assez limité, en particulier dans les routeurs du cœur du réseau. Ces équipements doivent traiter des milliers des flux simultanément, et le coût introduit par la gestion d'états et l'ordonnancement par flux peut entraîner une réduction considérable de leur performance. [7]

ii. Le protocole à différenciation de service DiffServ :

L'approche DiffServ est souvent comparée à celle de IntServ pour sa capacité à être déployée sur de « grands réseaux » ; alors que IntServ, de par le traitement par flots, ne peut s'appliquer que sur des réseaux de « petite taille », DiffServ réduit au maximum la taille des tables en considérant des agrégations de flots. Ainsi, les flots ne sont pas traités individuellement mais par agrégats, ce qui allège considérablement la charge des routeurs du réseau. De plus, le contrôle d'admission n'est plus assuré individuellement par chaque routeur traversé, mais par les routeurs de bordures, rendant DiffServ beaucoup plus adapté aux grands réseaux, et notamment aux réseaux d'opérateurs.

Le niveau de QoS d'un flot est indiqué dans un champ de l'en-tête de ses paquets. Lorsqu'un routeur de bordure décide d'admettre un nouveau trafic dans le réseau, il fixe la valeur du champ DSCP dans l'en-tête IP :

- le code 0 signifie que le paquet doit être traité en Best-Effort, après tous les autres (niveau le moins prioritaire),
- un code autre que 0 aura une autre signification ; cette correspondance est fixée par l'opérateur lui-même, selon les contrats qu'il propose à ses clients.

Lorsqu'un routeur du cœur du réseau devra traiter ce paquet, il devra inspecter le champ DSCP et traiter le paquet en conséquence. Ainsi, DiffServ présente l'avantage de ne pas nécessiter de signalisation puisque le décodage du champ DSCP se fait via des tables inscrites dans la mémoire du routeur. Le contrôle de congestion se fait directement par les routeurs de bordure, selon le principe de la capacité finie et connue du réseau. Dans le cœur du réseau, il n'y a pas de réservation de ressources, seule la différenciation de traitement des paquets suffit à appliquer une qualité de service pour la traversée du paquet dans le réseau. Cependant, afin de palier les pertes sur le médium, le réseau cœur, par exemple un réseau ATM, nécessite d'être légèrement surdimensionné.

[6]

IV. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini la problématique de la qualité de service dans les réseaux sans fil. Nous avons ensuite présenté un ensemble de solutions de qualité de service apportées à ces technologies. Les améliorations apportées à la technologie 802.11 ont été détaillées.