

Le WiMax

Worldwide Interoperability for Microwave Access

La norme 802.16

Aurélie Schell
Février 2007

Sommaire

| | |
|--|----|
| Tables des illustrations | 4 |
| Introduction | 5 |
| Présentation du WiMax | 5 |
| Le fonctionnement du WiMax | 6 |
| Le multipath | 7 |
| Historique | 8 |
| Les caractéristiques techniques | 9 |
| La couche physique | 10 |
| 10-66 GHz : | 10 |
| 2-11 GHz : | 11 |
| Les particularités de la couche physique. | 11 |
| FEC (Forward Error Correction) : | 11 |
| Les trames | 12 |
| Les sous-couches MAC | 12 |
| La couche de convergence | 12 |
| La sous-couche commune | 13 |
| La sous-couche sécurité | 13 |
| Les trames | 14 |
| Le format des trames | 14 |
| Les MAC PDU | 14 |
| Les en-têtes MAC | 15 |
| Le payload | 15 |
| SDU et PDU | 16 |
| Le management de connexion | 17 |
| La structure des trames | 17 |
| FDD : Frequency Division Duplex | 17 |
| TDD : Time Division Duplex | 18 |
| Les échanges au niveau du réseau | 19 |
| L'initialisation de la station de base | 19 |
| Acquisition d'une canal descendant | 19 |

| | |
|--|----|
| Synchronisation avec la station de base | 20 |
| Obtention des paramètres du canal montant | 20 |
| L'établissement du lien entre la station de base et la station réceptrice..... | 20 |
| L'authentification..... | 22 |
| La qualité de service..... | 22 |
| Conclusion | 24 |
| Glossaire | 25 |
| Références..... | 27 |

Tables des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1 – L'étendue du WiMax..... | 5 |
| Figure 2 – Les différentes normes du WiMax | 9 |
| Figure 3 – Illustration d'une installation WiMax | 6 |
| Figure 4 – Illustration du phénomène de Multipath..... | 7 |
| Figure 5 – L'influence du multipath sur les trames..... | 7 |
| Figure 6 – Les deux types d'accès en WiMax..... | 8 |
| Figure 7 – La couche physique et les couches MAC | 10 |
| Figure 8 – Les différents types de couches physiques..... | 11 |
| Figure 9 – Format des MAC PDU | 14 |
| Figure 10 – En-tête MAC générique | 15 |
| Figure 11 – En-tête MAC de demande de bande passante..... | 15 |
| Figure 12 – Illustration du payload | 16 |
| Figure 13 – SDU et PDU | 16 |
| Figure 14 – Les trames en FDD | 18 |
| Figure 15 – Les trames en TDD | 18 |
| Figure 16 – Schématisation de l'initialisation de la station réceptrice | 19 |
| Figure 17 – Schématisation de l'établissement du lien entre la station de base | 21 |
| Figure 18 – Schématisation de l'authentification..... | 22 |

Introduction

Le WiFi a été le premier protocole adopté par une grande partie des utilisateurs pour établir des réseaux sans-fil entre plusieurs machines. Cette application du WiFi est adaptée puisqu'elle a été conçue dans ce but.

Actuellement de nombreux protocoles sans-fil sont disponibles, on retrouve notamment l'UMTS, le HSDPA ou encore le WiMax.

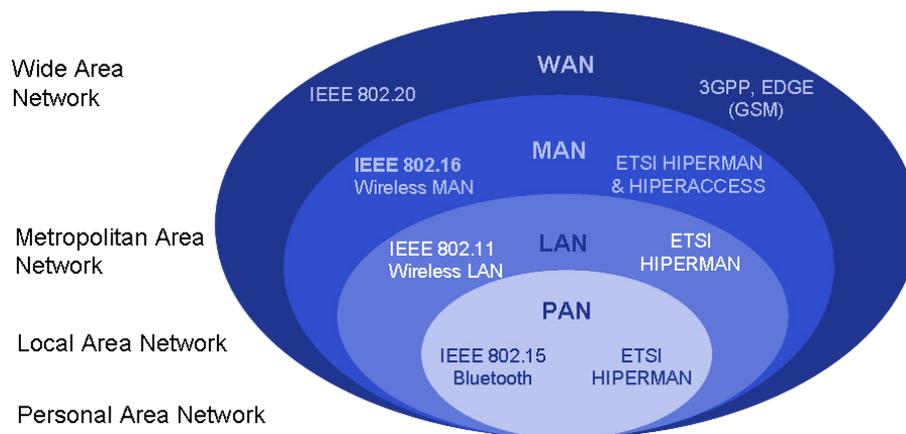


Figure 1 – L'étendue du WiMax

Ce schéma permet de distinguer les différentes technologies qui sont utilisées en fonction du type de réseau.

Cette présentation sera centrée sur le WiMax.

Présentation du WiMax

Avec les acquis du WiFi, de nouveaux besoins naissent. D'une part une demande de sécurité puisque les algorithmes de codages utilisés dans le WiFi sont devenus inefficaces (WEP, WPA,...). D'autre part, les utilisations actuelles demandent également une garantie de la qualité de service pour pouvoir assurer des services comme la VoIP et les diffusions multimédia. L'ensemble de ces caractéristiques sera prise en compte dans le WiMax.

Une différence majeure entre le WiFi et le WiMax est que le WiMax est conçu pour couvrir de longues distances avec un débit élevé. De plus, une version « mobile » est prévue pour le WiMax, celle-ci donnera à l'utilisateur en mouvement les mêmes avantages qu'un utilisateur fixe.

Une des forces du WiMax réside dans sa facilité d'adaptation. En effet, les informations fournies peuvent venir de sources différentes. Nous reviendrons plus en détails sur ce point.

Le fonctionnement du WiMax

Une station de base (Base Transceiver Station : BTS) permet d'atteindre des milliers d'utilisateurs. Le WiMax ne nécessite pas que l'abonné soit en ligne visuelle directe (Line Of Sight : LOS) pour qu'une connexion soit établie. En effet, le WiMax permet de franchir de petits obstacles comme des arbres et des maisons ; ceux-ci impliquent tout de même une diminution du débit à 20 Mbit/s. Les obstacles comme les collines ou les immeubles situés entre un utilisateur et une station de base empêchent l'utilisation du protocole WiMax.

Le mode de communication du WiMax est du point à multipoint puisque la station de base émet pour l'ensemble des utilisateurs. Ainsi utilisé le WiMax permettra aux usagers qui ne peuvent actuellement pas bénéficier de haut débit d'y avoir accès. En effet, le WiMax ne nécessite aucun câblage et peut être mis en place rapidement.

Une deuxième solution est d'utiliser le WiMax comme un réseau de collecte (backhaul) afin de récupérer n'importe quelle information par différents réseaux. Ainsi les informations seront transmises à la station de base qui se chargera de relayer les informations vers l'utilisateur. La mise en place de telles infrastructures aboutira à terme à la création de réseaux maillés (mesh network).

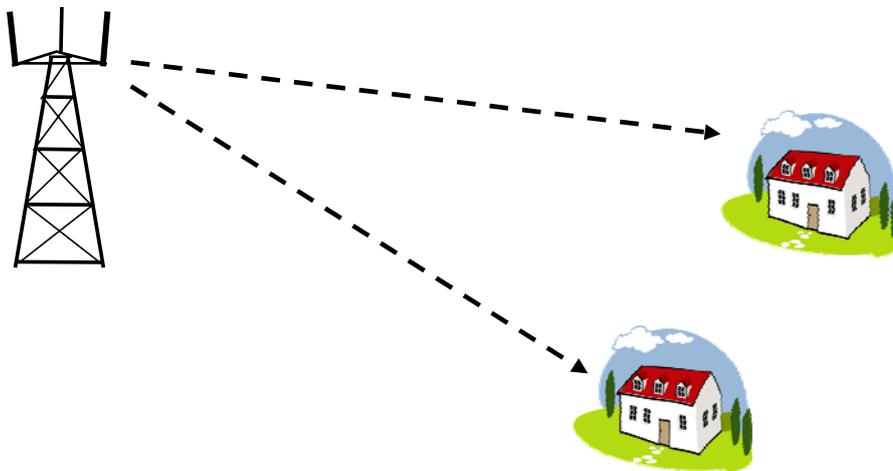


Figure 2 – Illustration d'une installation WiMax

Le WiMax se décline en deux versions : fixe et mobile.

Le WiMax fixe nécessite une antenne positionnée à l'extérieur. Les bandes de fréquences entre 2.5 et 3.5 GHz sont utilisées ; celles-ci sont soumises à des licences.

Le WiMax mobile encore appelé IEEE 802.16e quant à lui permet de connecter des clients mobiles à Internet. A terme, il pourra proposer l'ensemble des services actuellement disponible sur les mobiles ainsi que d'autres services comme la VoIP.

Le multipath

Différents obstacles peuvent se trouver entre la station de base et l'utilisateur. Le signal sera ainsi altéré. De plus l'émission peut s'effectuer sur plusieurs canaux, ceux-ci n'arrivant pas forcément au même moment au niveau de la station de base.

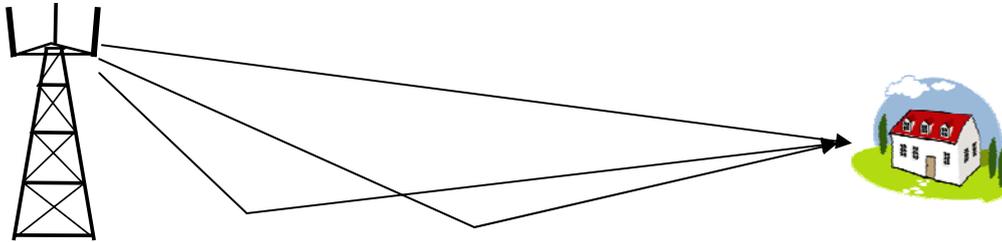


Figure 3 – Illustration du phénomène de Multipath

Le délai lié au multipath entraîne une superposition des différents signaux. La réception de ceux-ci perturbe la station de base. Elle devrait obtenir trois signaux et au final elle n'en reçoit qu'un seul altéré par les différentes réflexions qu'il a pu y avoir.

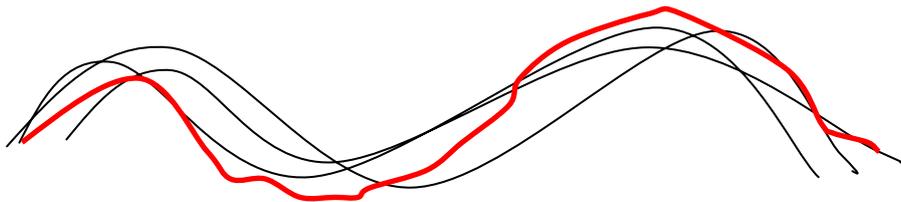


Figure 4 – L'influence du multipath sur les trames

Cet inconvénient va altérer la qualité du signal si le protocole ne peut pas prendre en charge la superposition des signaux. En effet, sur ce schéma, nous pouvons constater en noir les différents signaux transmis et en rouge le signal altéré reçu par l'abonné.

Un moyen d'intervenir sur le multipath est d'utiliser la technique de multiplexage OFDM en utilisant plusieurs sous-canaux. Le WiMax lui va se servir du multipath en utilisant de multiples antennes.

Comme nous l'avons vu précédemment, le WiMax a la possibilité de franchir de petits obstacles comme des collines ou des arbres. Il est évident que ceux-ci entraînent une gêne pour la propagation des ondes. Différents moyens sont mis en œuvre afin de pouvoir tout de même obtenir un signal WiMax si l'utilisateur n'est pas dans la ligne de vue de la station de base ; ceci est appelé un signal NLOS (Non-line-of-sight) en opposition à LOS (Line-of-sight).

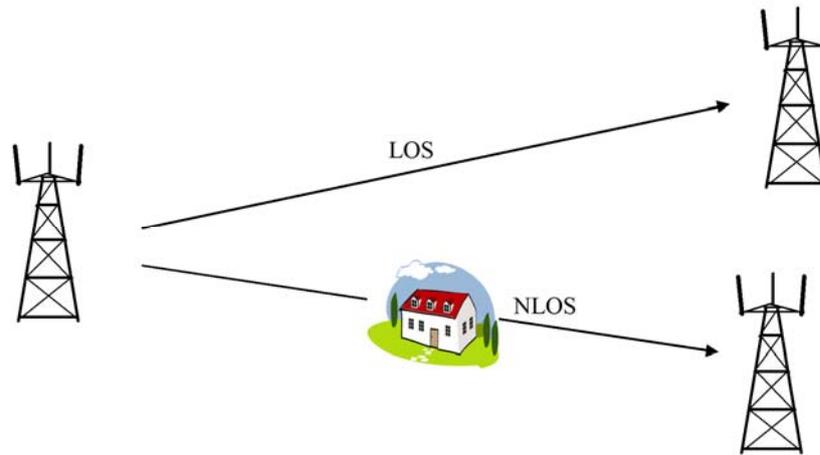


Figure 5 – Les deux types d'accès en WiMax

Pour permettre les communications NLOS, le WiMax utilise différents moyens pour être moins sensible aux bruits. Voici les différentes méthodes utilisées :

- la technique OFDM
- sous-channelisation
- antennes à haut gain
- transmit diversity scheme (STC)
- modulation adaptive
- technique de correction d'erreur
- requête automatique de répétition de paquets (ARQ)

Historique

A la base, le WiMax est la convergence de deux standards : HiperMan (ETSI : European Telecommunications Standards Institute) et 802.16 (IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers). C'est dans ce cadre qu'a été créé, en juin 2001, le consortium appelé WiMax Forum.

Comme nous allons le constater dans le tableau suivant, les différentes normes ne cessent d'évoluer.

| Standard | Description | Publié | Statut |
|--|--|-------------------|----------------|
| IEEE std 802.16-2001 | Définit des réseaux métropolitains sans fil utilisant des fréquences supérieures à 10 GHz (jusqu'à 66 GHz) | 8 avril 2002 | Obsolètes |
| IEEE std 802.16c-2002 | Définit les options possibles pour les réseaux utilisant les fréquences entre 10 et 66 GHz. | 15 janvier 2003 | |
| IEEE std 802.16a-2003 | Amendement au standard 802.16 pour les fréquences entre 2 et 11 GHz. | 1er avril 2003 | |
| IEEE std 802.16-2004 (également désigné 802.16d) | Révision des standards de base 802.16, 802.16a et 802.16c. | 1er octobre 2004 | Obsolète/Actif |
| IEEE 802.16e (également désigné IEEE std 802.16e-2005) | Apport de la solution mobile du standard, jusqu'à 60 km/h. | 7 décembre 2005 | Actifs |
| IEEE 802.16f | Spécifie la MIB (Management Information Base), pour les couches MAC et PHY | 22 septembre 2005 | |

Figure 6 – Les différentes normes du WiMax

Comme nous pouvons le constater, une version mobile du WiMax permet d'obtenir une connexion lorsque l'on est en déplacement jusqu'à 60 km/h.

Les caractéristiques techniques

La norme 802.16 définit un standard dont nous allons étudier les différentes particularités.

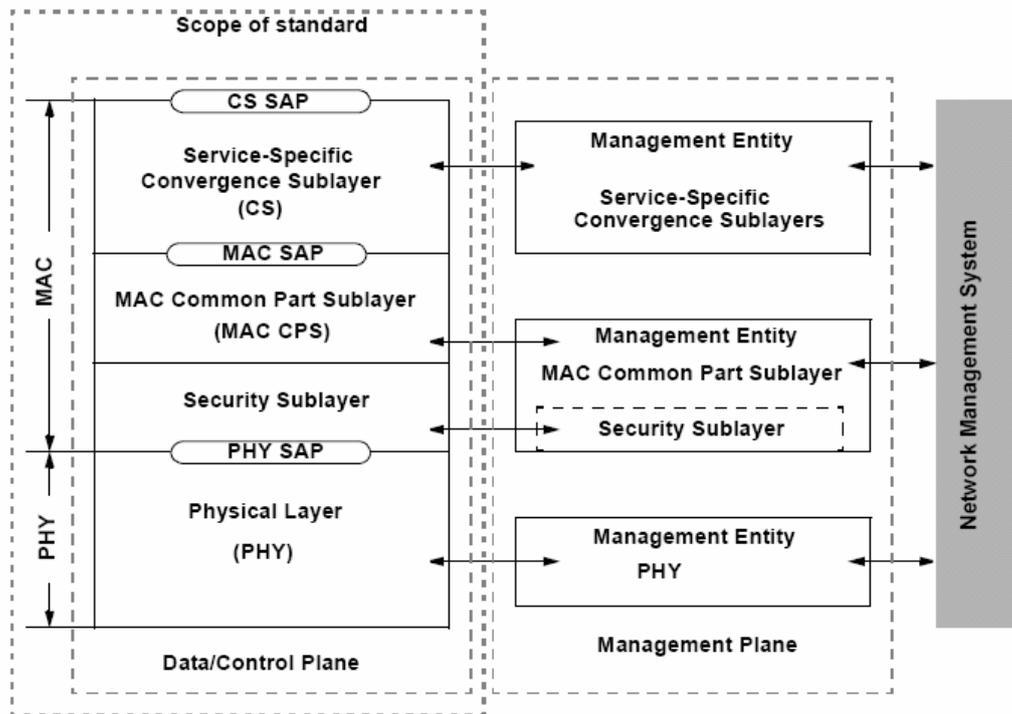


Figure 7 – La couche physique et les couches MAC

Nous distinguons une couche physique ainsi que trois sous-couches MAC.

Le protocole WiMax doit supporter aussi bien les transferts asynchrones de l'ATM que les transferts de paquets. Afin de pouvoir gérer ces différents transferts une sous-couche de convergence est utilisée. Celle-ci permet de convertir les informations de manière à les rendre exploitable par la couche MAC.

La couche physique

La couche physique diffère en fonction de la fréquence. Nous allons ainsi voir dans un premier temps les particularités des couches physiques entre 10 et 66 GHz puis nous verrons les couches physiques pour les fréquences entre 2 et 11 GHz.

10-66 GHz :

C'est dans cette configuration que les performances du WiMax sont les meilleures.

Cette fréquence requiert la propagation en « line of sight ». La couche physique qui est utilisée est encore appelé « WirelessMan-SC. ». Elle supporte deux types de duplexage FDD (lien montant et lien descendant sur des canaux séparés, émissions simultanées) et TDD (le lien montant et le lien descendant partagent le même canal, pas d'émission simultanée).

2-11 GHz :

Les couches physiques pour ces fréquences sont adaptées à la propagation en « none line of sight ». Il faudra ainsi prévoir la gestion du multipath. On distingue trois types de couches physiques :

- WirelessMAN-SC2 : utilise un format de modulation avec une seule porteuse.
- WirelessMAN-OFDM : utilise un multiplexage orthogonal à division de fréquence avec 256 points de transformation. L'accès à cette couche physique s'effectue en TDMA.
- WirelessMAN-OFDMA : utilise un multiplexage orthogonal à division de fréquence avec 2048 points de transformation. Ce qui permet de supporter de multiples récepteurs.

| Désignation | Fréquence | LoS/NLoS | Options | Duplexage |
|-------------------|-----------|----------|---------------------|-----------|
| WirelessMAN-SC | 10-66Ghz | LoS | | TDD,FDD |
| WirelessMAN-SCa | 2,5-11Ghz | NLoS | AAS, ARQ, STC | TDD,FDD |
| WirelessMAN-OFDM | 2,5-11Ghz | NLoS | AAS, ARQ, STC, Mesh | TDD,FDD |
| WirelessMAN-OFDMA | 2,5-11Ghz | NLoS | AAS, ARQ, STC | TDD,FDD |
| Wireless-HUMAN | 2,5-11Ghz | NLoS | ARQ, STC, Mesh | TDD |

Figure 8 – Les différents types de couches physiques

Chaque variante est optimisée pour utilisation particulière et peut supporter des antennes adaptatives (AAS), Schéma de diversité (STC), Automatic Retransmission Request (ARQ), Topologie en mesh.

Les particularités de la couche physique.

Le burst permet de définir les paramètres de transmissions comme les schémas de modulation et de codage. Le profil de burst peut être ajusté pour chaque utilisateur, c'est lui qui permet l'adaptation à l'environnement.

FEC (Forward Error Correction) :

La FEC est un mécanisme de correction d'erreur, il permet d'augmenter le débit et la résistance à l'environnement. Les données critiques (trames de control et d'accès initial) sont transmises avec une correction d'erreur encore plus robuste.

Les options de la FEC sont couplées avec QPSK (Quadrature Phase Shift Key), 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) et 64-QAM. Ces associations permettent de privilégier la robustesse ou l'efficacité. Ainsi en fonction des conditions de transmission, nous aurons un débit optimisé.

Les trames

Les trames durent de 0,5, 1 ou 2 ms. Une trame est divisée en slots physiques pour permettre l'allocation et l'identification des transitions physiques. Un slot physique est défini par 4 symboles QAM. Dans la variante TDD de la couche PHY, le lien montant de la sous-couche suit le lien descendant sur la même fréquence porteuse. Dans la variante FDD, les sous-trames des liaisons montantes et descendantes coïncident dans le temps mais sont transmises sur des fréquences séparées.

Dans les systèmes FDD, la partie TDM peut être suivie par un segment TDMA. Celui-ci permet de regagner la synchronisation si celle-ci a été perdue.

Les trames diffèrent à cause des demandes de bandes passantes dynamiques, la présence du profil de burst ou d'une portion TDMA. La station réceptrice destinataire d'une trame peut être directement mentionnée dans l'en-tête MAC plutôt que dans la « DL-MAP ». Les stations réceptrices écoutent directement les sous-trames du lien descendant qu'elles sont capables de recevoir. Ce qui signifie que les stations réceptrices full-duplex vont recevoir tous les profils de burst égaux ou plus robuste que ce qui avait été négocié avec la station de base.

Contrairement au lien descendant, le lien montant possède une bande passante garantie pour chaque usager. Cette bande passante est spécifiée dans la carte du lien montant en utilisant le profil de burst spécifié par le UIUC (Uplink Interval Usage Code).

Les sous-couches MAC

On distingue trois sous-couches MAC dans le schéma précédent. Ces trois couches sont :

- service-specific convergence sublayer : la couche de convergence
- common part sublayer : la sous-couche commune
- security sublayer : la sous-couche de sécurité

La couche de convergence

Le rôle de cette couche est de convertir les données de taille variable qui ont été reçues (MAC PDUs (Protocol Data Units)) en bloc de taille fixe. Nous obtiendrons ainsi les blocs FEC. Ceux-ci ont tous une taille identique, seul le dernier peut être plus court.

Un pointeur se trouve au début du bloc et pointe vers le prochain en-tête MAC PDU. Ainsi, s'il y a une erreur la resynchronisation peut être effectuée grâce à cette

information. Sans ce mécanisme, lors d'une erreur une station pourrait perdre la totalité du burst.

Il existe deux types de sous-couches de convergences. Elles permettent de traiter deux types de services : le trafic ATM et les paquets (IPv4, Ethernet, ...).

L'objectif de cette sous-couche est de transmettre les SDU (Service Data Unit) à la bonne connexion MAC. Elle permet également de préserver ou d'activer la QoS et d'allouer de la bande passante.

Elle peut également supprimer les en-têtes des paquets et les reconstituer afin d'améliorer la charge utile.

La sous-couche commune

Le WiMax est un protocole point à multipoint, la couche MAC doit ainsi pouvoir supporter ce type d'architecture. En effet, une station de base communique avec différentes stations réceptrices. Pour ceci, elle utilise un lien descendant sur lequel elle utilise le multiplexage TDM pour les données. Le lien montant quant à lui est partagé entre tous les abonnés grâce au mode TDMA.

En WiMax, tous les services sont mappés à une connexion. Ce mécanisme permet la demande de la bande passante, de la QoS, ... Les raccordements sont effectués grâce aux identifiants de connexion (CID). Certains d'entre eux nécessitent une bande passante sans interruption tandis que les autres se contentent d'une bande passante à la demande.

Chaque station réceptrice possède une adresse MAC. Elle sert d'identifiant d'équipement, mais durant les communications c'est le CID qui sera utilisé.

Pour faciliter la gestion de la QoS et les paramètres de trafic, le transport de connexion est unidirectionnel.

La MAC réserve certaines connexions. Ceci est notamment le cas pour les broadcast et le multicast. Dans le cas du multicast, ce sont les stations réceptrices qui doivent rejoindre un groupe pour pouvoir bénéficier des informations transmises en multicast.

La sous-couche sécurité

Chaque station réceptrice contient deux certificats : le certificat digital X.509 et le certificat du fabricant. Ils établissent un lien entre l'adresse MAC et la clé publique RSA de la station de base. Ces informations sont envoyées de la station de base vers la station réceptrice dans une requête d'autorisation. Le réseau est ainsi capable de contrôler l'identité de la station réceptrice. Si la station réceptrice possède les droits nécessaires, elle sera autorisée à rejoindre le réseau. La station réceptrice émet un message d'authentification. La station de base va quant à elle répondre avec un AK crypté avec la clé publique de la station réceptrice.

Après la phase d'authentification, la station réceptrice doit s'enregistrer auprès du réseau. Cette démarche va permettre de déterminer les capacités de la station de base en termes d'initialisation et de connexion.

Le protocole IEEE 802.16 est basé sur le protocole PKM (Privacy Key Management). PKM est basé sur le concept d'association de sécurité (SAs : Security Associations). La SA est composé de méthode cryptographiques mais aussi d'un matériel de cryptage associé. Chaque station réceptrice va établir une SA durant son initialisation. L'ensemble des connexions est mappé vers une SA, sauf le management des connexions basique et primaires.

Un effort particulier a été effectué au niveau du cryptage. Les méthodes de cryptages sont différentes en fonction des échanges. Le protocole PKM utilise les certificats digitaux x.509 avec l'encryptage en RSA à l'aide de la clé publique pour l'authentification et l'autorisation de l'échange de clé pour la station réceptrice. Le trafic, quant à lui, est crypté à l'aide du protocole DES (Data Encryption Standard) avec une clé de 56 bits. Le vecteur d'initialisation dépend du compteur de la trame ; il sera ainsi différent d'une trame à l'autre. Les messages du protocole PKM sont eux-mêmes authentifié en utilisant le protocole HMAC (Hashed Message Authentication Code) avec SHA-1. Ces messages seront notamment : les fonctions MAC vitales et l'initialisation de la connexion.

Les trames

Le format des trames

Les MAC PDU

Les données sont échangées sous forme de MAC PDU. Ils constituent les unités échangées entre la couche MAC et la station de base.

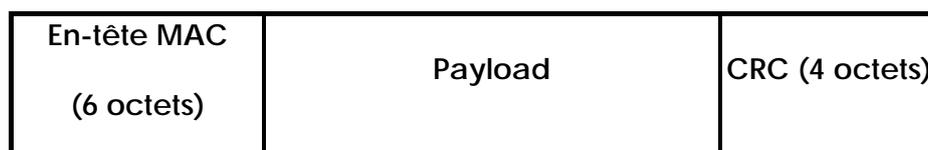


Figure 9 – Format des MAC PDU

Les MAC PDU sont composées de trois éléments. La première partie contient l'en-tête MAC sur 6 octets. La deuxième contient le Payload, il représente les données qui sont acheminées jusqu'à la station de base. Et la dernière partie est optionnelle et contient un CRC (Cyclic Redundancy Check) sur 4 octets.

Les en-têtes MAC

Il existe deux types d'en-têtes MAC : les en-têtes génériques et les en-têtes de demande de bande passante.



Figure 10 – En-tête MAC générique

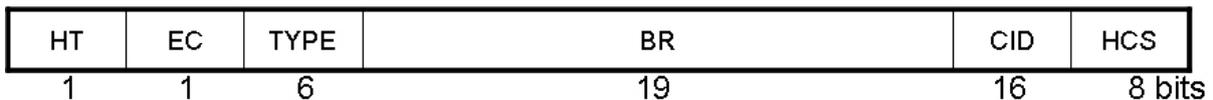


Figure 11 – En-tête MAC de demande de bande passante

Plusieurs champs sont communs au deux types d'en-tête MAC. HT correspond au type de l'en-tête, il permet de définir s'il s'agit d'une requête incrémentale ou agrégée. EC donne une information sur l'encryptage ; si ce paramètre vaut 0, les données ne sont pas encryptées. RSV permet de définir une réservation. CI est un indicateur de CRC. EKS donne l'index de la clé d'encryptage et le vecteur d'initialisation. LEN donne la longueur du paquet, celle-ci comprend l'en-tête, le payload et le CRC. Le CID donne l'identifiant de connexion. Le paramètre BR contient les informations de requête de bande passante pour le lien montant ; ce sont les informations de la station réceptrice possédant le CID contenu dans la trame.

Le payload

Le payload est la partie centrale de la trame ; celle-ci contient les données. Comme les en-têtes MAC, cette partie se décompose en sous-parties.

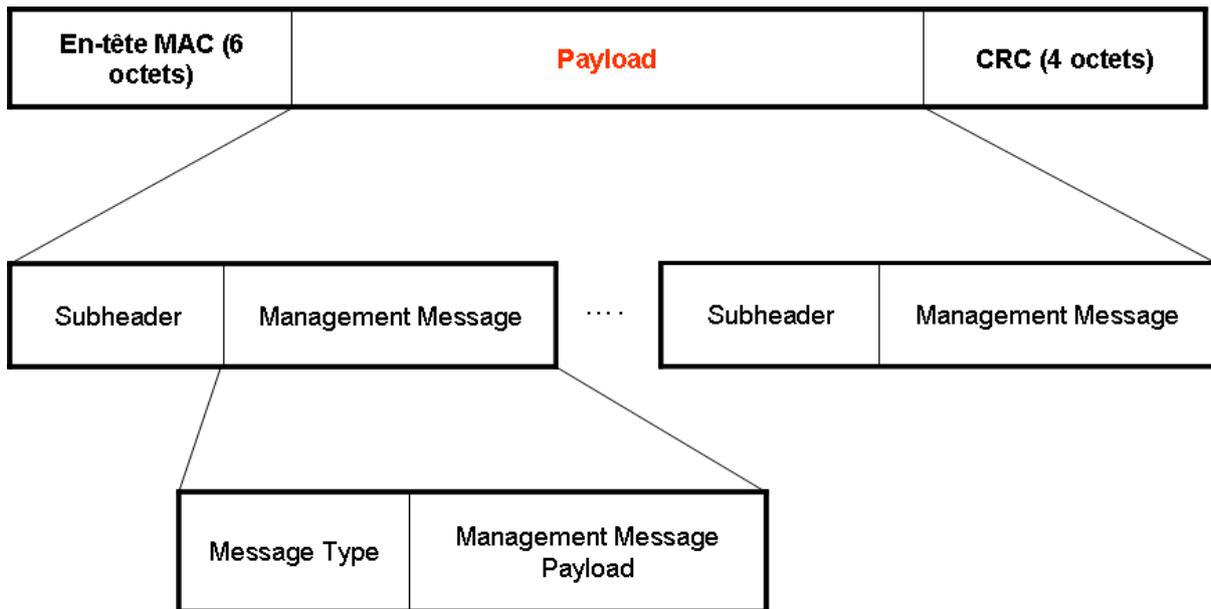


Figure 12 – Illustration du payload

Le payload est décomposé en différentes parties contenant chacune une sous en-tête et un message de management. Le message de management peut quant à lui encore être décomposé. En effet, il contient le type du message suivi du payload de celui-ci.

SDU et PDU

Comme nous l'avons évoqué précédemment, le WiMax est un protocole qui traite des données très diverses. La couche de convergence se doit ainsi de convertir les données pour les transmettre par la suite.

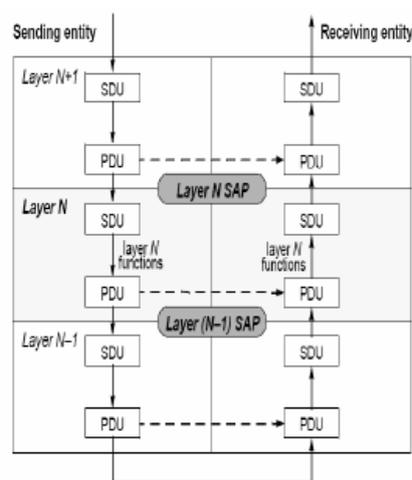


Figure 13 – SDU et PDU

Comme nous pouvons le constater sur le schéma ci-dessus, les SDU reçus sont transformés en PDU. Le SDU constitue l'unité d'échange entre deux couches adjacentes. Les PDU permettent les échanges entre les entités sur un même protocole.

Le management de connexion

Il existe trois types de management de connexion.

Le premier est le « Basic Management Connection ». Il est généralement utilisé par la station de base ou la station réceptrice pour envoyer de message de management MAC court ou urgent.

Le deuxième type correspond aux messages de management de connexion primaire « Primary Management Connection ». Ils sont utilisés par la station de base et la station réceptrice afin de transmettre des informations plus longues et plus tolérantes en termes de délai.

Le « Secondary Management Connection » est utilisé par la station de base et la station réceptrice afin de transmettre des messages standards. Ces messages incluent des messages de type : DHCP, TFTP, SNMP, ...

La structure des trames

Le WiMax utilise deux types de duplexage ce qui lui permet de séparer le canal descendant du canal montant. Ces deux méthodes sont : TDD et FDD. Chacune d'elles présente des avantages et des inconvénients, qui pourront orienter dans le choix du type de duplexage.

FDD : Frequency Division Duplex

L'utilisation de la méthode FDD nécessite l'attribution d'une fréquence différente au canal émetteur et au canal récepteur.

Ce mécanisme est très coûteux, c'est pourquoi une méthode hybride est utilisée par le WiMax. Celle-ci est appelée HFDD (half-duplex FDD). La principale différence entre cette méthode et le FDD est l'utilisation de différentes fréquences pour émettre et recevoir les données d'une station de base.

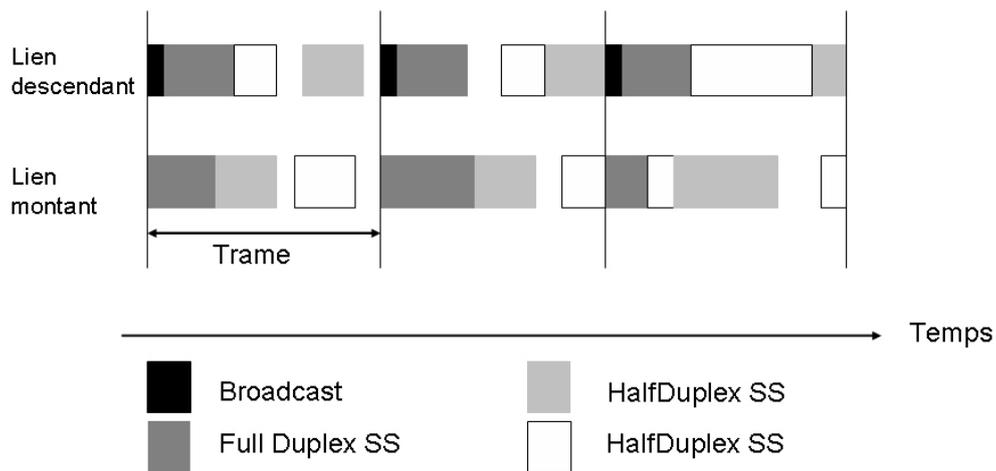


Figure 14 – Les trames en FDD

Ce schéma permet de constater que les stations full duplex peuvent transmettre des informations sur les deux liens. Les stations half Duplex ne peuvent émettre des données que sur l'un des deux canaux.

Cette méthode est principalement utilisée pour les applications qui nécessitent autant de bande passante sur le lien montant que sur le lien descendant.

TDD : Time Division Duplex

La méthode TDD consiste à utiliser un seul canal pour transmettre les informations aussi bien sur le lien montant que sur le lien descendant. L'émission des données utilisera la même fréquence ; la distinction entre le lien montant et le lien descendant est effectuée grâce au temps.

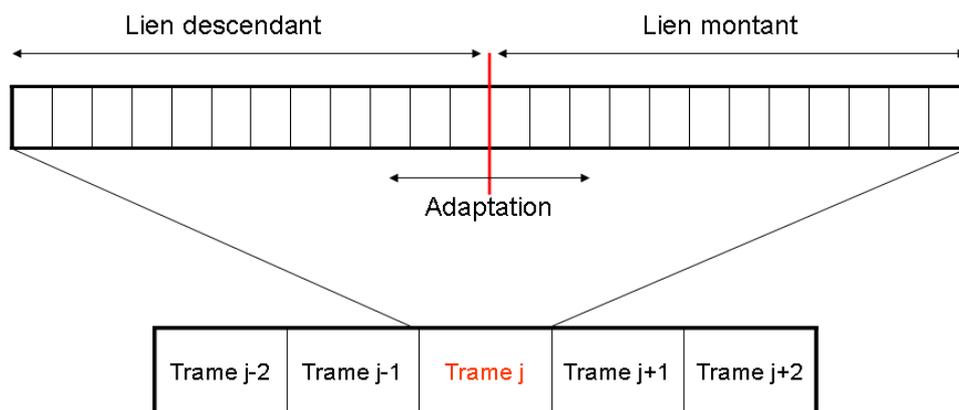


Figure 15 – Les trames en TDD

Le mécanisme TDD divise les données en deux trames auxquelles différents time slots sont assignés. Cette découpe permet deux types de transmissions en utilisant la même fréquence.

Le schéma illustre la possibilité du WiMax d'adapter les time slots du canal montant ou descendant. Cette adaptation permet de transmettre beaucoup plus d'informations sur l'un des canaux.

Les échanges au niveau du réseau

Un certain nombre d'étapes sont nécessaires pour pouvoir établir une communication entre une station de base et un abonné. Il sera par exemple nécessaire d'initialiser la station de base, d'établir un lien entre la station de base et la station réceptrice, ...

Nous allons voir plus précisément certains de ces échanges.

L'initialisation de la station de base

Acquisition d'une canal descendant

Lorsqu'une station réceptrice souhaite s'initialiser ou lorsqu'elle vient de perdre le signal, elle doit acquérir un canal descendant.

Pour ceci, elle va dans un premier temps vérifier qu'elle ne possède pas de paramètres qu'elle pourrait utiliser pour acquérir un canal. Si elle possède de telles informations, elle test l'acquisition des canaux qu'elle a utilisé précédemment.

Si pour une raison quelconque l'acquisition d'un canal ne peut pas s'effectuer, la station réceptrice va continuer à scanner le réseau. Elle s'arrêtera uniquement lorsqu'elle aura trouvé un canal valide.

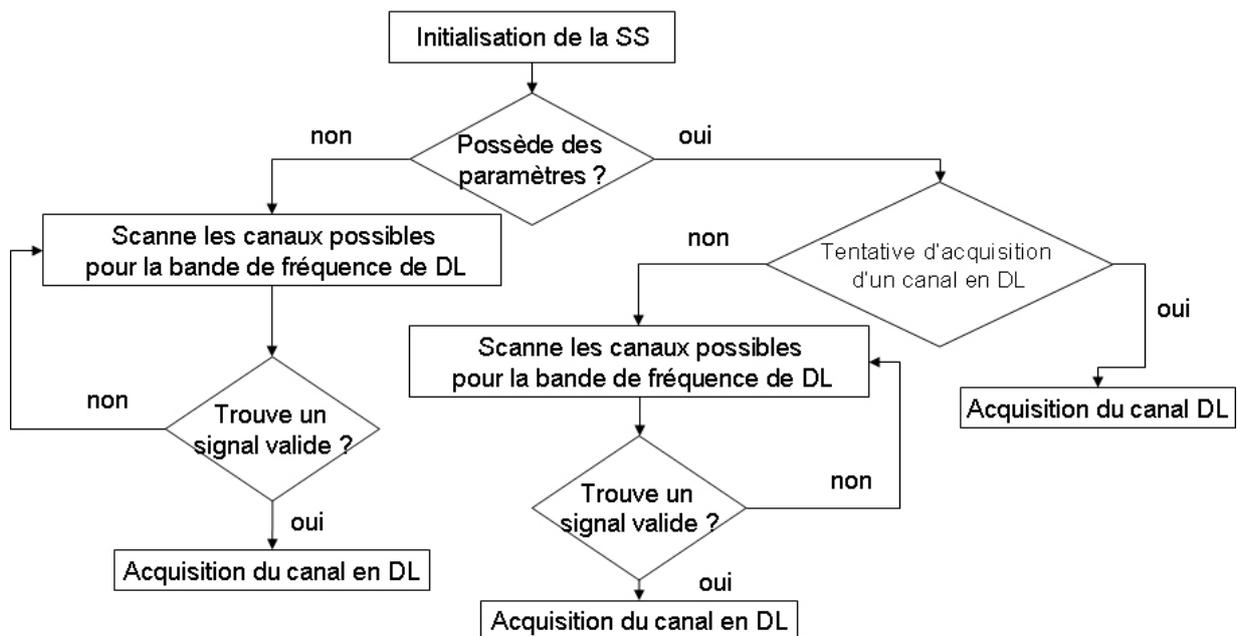


Figure 16 – Schématisation de l'initialisation de la station réceptrice

Ce schéma reprend les différentes étapes évoquées précédemment. Ainsi, nous pouvons voir l'enchaînement des différentes actions à effectuer pour permettre l'initialisation de la station réceptrice.

Rappelons que l'initialisation de la station réceptrice consiste à acquérir un canal descendant.

Synchronisation avec la station de base

La synchronisation entre la station de base et la station réceptrice s'effectue grâce à l'acquisition du préambule. Celui-ci permettra par la suite la lecture du FCH (Frame Control Header) qui fournit les informations nécessaires pour décoder la carte du lien descendant.

La synchronisation est effectuée dès que la station réceptrice reçoit sa première carte du lien descendant. Par la suite, elle sera maintenue aussi longtemps que la station réceptrice reçoit des cartes du lien descendant. Pour ceci, la station réceptrice observe le broadcast périodique (DCD) émis par la station de base. Les messages UCD contenus dans ces broadcast permettent aux stations réceptrices de connaître la modulation et les schémas FEC utilisés par la porteuse.

Obtention des paramètres du canal montant

La station réceptrice doit trouver un canal montant utilisable. Pour ceci, elle attend un message UCD (Uplink Channel Descriptor). Ce type de message est transmis périodiquement par la station de base. Le message UCD contient tous les canaux d'uplink disponibles.

Si la station réceptrice n'a pas trouvé de canal disponible durant un certain temps, elle devra scanner le réseau afin de trouver un autre canal descendant.

Cependant si la station réceptrice a reçu un UCD, elle va en extraire les paramètres d'uplink. Elle va ensuite attendre qu'une carte lui soit fournie pour ce canal. Elle pourra ensuite utiliser l'utiliser.

L'établissement du lien entre la station de base et la station réceptrice

Comme dans la plupart des réseaux, les capacités d'émission et de réception diffèrent entre les équipements. Les équipements doivent pouvoir s'adapter.

Les paramètres transmis dans la transmission initiale sont contenus dans la carte du lien montant. Par la suite, ces informations seront également présentes dans chaque trame.

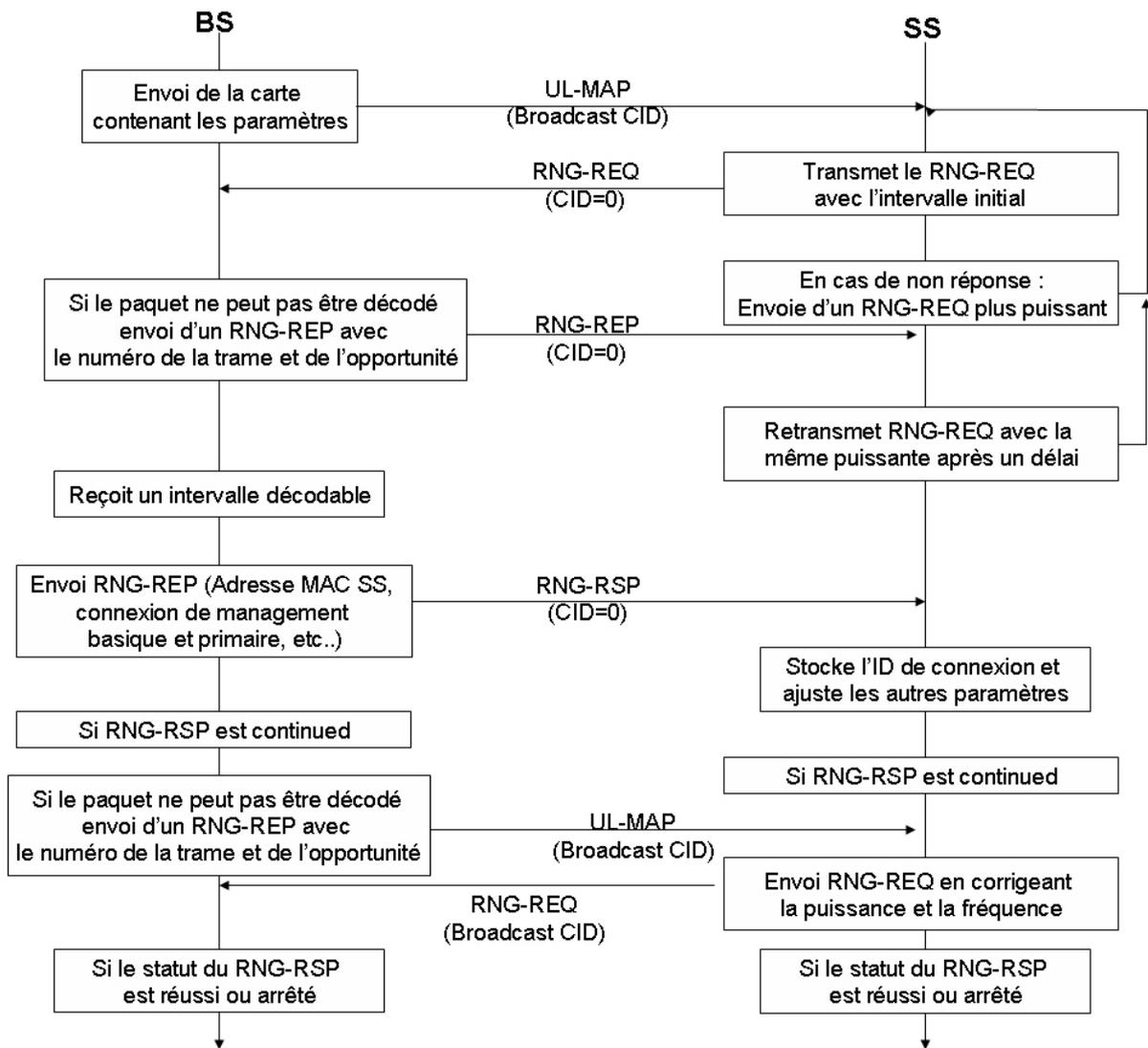


Figure 17 – Schématisation de l'établissement du lien entre la station de base et la station réceptrice

La station émettrice va choisir une puissance d'émission. Si elle n'obtient pas de réponse, elle va augmenter cette puissance jusqu'à obtenir une réponse de la station de base.

Il est possible que la station de base ne soit pas en mesure de décoder certaines informations. Dans ce cas, elle prévient la station réceptrice qui va retransmettre le message sans modifier sa puissance d'émission. Cette retransmission est possible puisque la station de base précise l'identifiant de la trame qu'elle n'a pas réussi à décoder.

Lorsque les échanges se sont bien passés, la station de base transmet les différents paramètres à la station réceptrice. Celle-ci pourra ainsi ajuster les siens.

L'authentification

La station réceptrice commence à envoyer un REG-REQ, requête d'authentification. Puis elle va attendre de recevoir un REG-RSP, réponse d'authentification.

Si la station de base reçoit le message, elle va émettre un REG-RSP en y ajoutant un message de management secondaire contenant un CID (identifiant de connexion) si la station réceptrice est une station réceptrice de management.

Une station réceptrice de management va ainsi pouvoir établir une connexion de management puis une connexion IP. Au contraire, une station réceptrice basique va initialiser une connexion IP provisionnée.

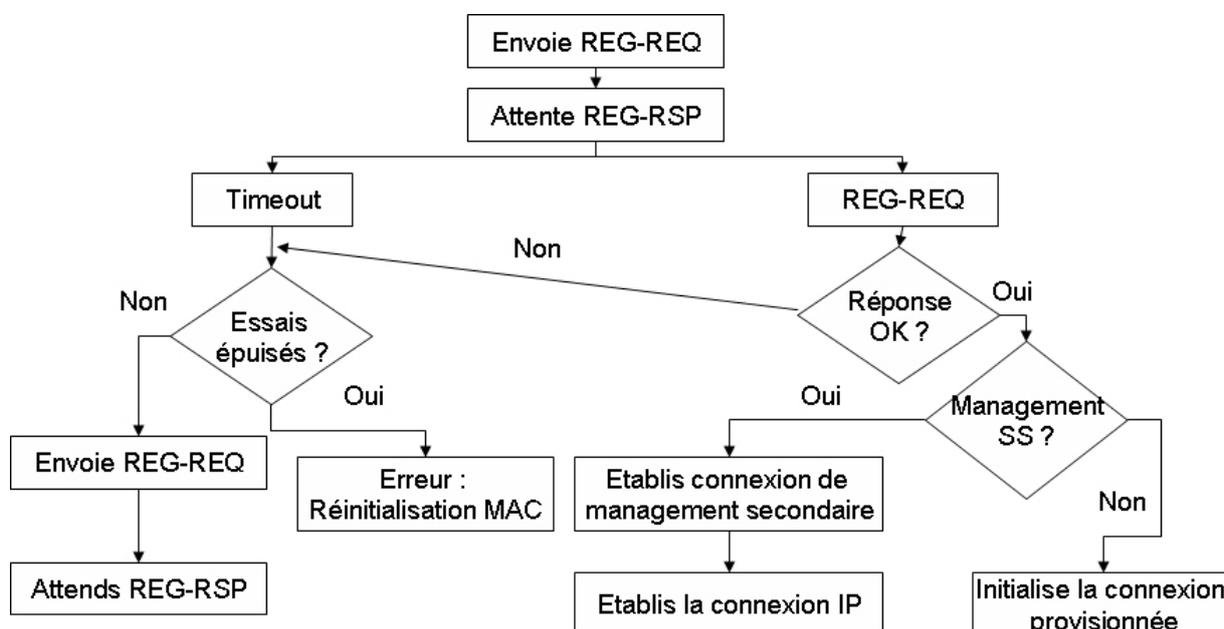


Figure 18 – Schématisation de l'authentification

Ce schéma résume les différentes étapes décrites précédemment. Il précise les cas d'erreurs qui n'ont pas été détaillés dans la description.

La qualité de service

La qualité de service a été introduite nativement dans le WiMax. Ainsi ce protocole permet de garantir le bon fonctionnement d'un service. Certains services sont très exigeants ; la VoIP ne peut pas tolérer de délai dans la transmission des données.

Le WiMax utilise des classes de services afin de permettre une QoS différente entre chaque communication.

Nous retrouvons notamment quatre classes de services :

- Unsolicited Grant Services

Cette classe de service est utilisée pour transmettre des flux temps réels. La transmission doit s'effectuer avec des trames de taille fixe à intervalle régulier.

- Real-time Polling Services

Cette deuxième classe de service permet la transmission de flux temps réels de taille variable à intervalle régulier. Son utilisation convient très bien pour la transmission de vidéo MPEG.

- Non-Real-time Polling Services

Cette classe de service permet la transmission de flux qui tolèrent des délais. De plus ces flux contiennent des trames de tailles variables. Seul le taux de transfert minimum est garanti. Ce type de qualité de service convient très bien aux transferts de fichiers : FTP.

- Best effort

Ce service ne donne aucune garantie sur l'acheminement des flux de données. Il convient tout de même à certaines utilisations, par exemple la navigation sur internet.

Le WiMax utilise également des flux de services. Ils permettent de définir le moyen de communiquer. Chaque flux de service possède différentes caractéristiques. Nous distinguons trois types de flux que nous détaillerons par la suite.

Les différents types de flux :

- Provisionné

Un service suffisamment provisionné peut être soumis à une activation grâce au module de réglementation. Si les ressources nécessaires à ce service sont disponibles, un identifiant de connexion est lié.

- Admis

L'activation s'effectue en deux phases. Ce modèle conserve les ressources du réseau jusqu'à ce qu'une connexion soit établie, celle-ci à préalablement subit un contrôle de ressources.

- Actif

Un flux de service est considéré comme actif à partir du moment où son paramètre « ActiveQoSParamSet » est positionné. La station de base va ainsi lui fournir les ressources dont il a besoin.

Conclusion

Le WiMax possède de nombreux avantages. En effet, son installation est beaucoup moins onéreuse qu'une installation nécessitant du câblage. Actuellement les principaux clients sont les entreprises et les départements possèdent des zones dans lesquels l'ADSL n'est pas disponible.

Les entreprises aussi commencent à adopter le WiMax. Un de ces avantages est qu'il est très rapidement mis en place. Il apporte également de nombreux avantages par rapport au WiFi.

Nous trouvons déjà quelques offres WiMax (<http://www.wimaxfr.com/abonnement-wimax.html>) pour les particuliers qui reste plus chères que les offres ADSL. Rappelons également que les équipements WiMax sont produits en masse que depuis le début de l'année 2007.

Glossaire

ARQ : Requête automatique de répétition de paquets.

BTS : Base Transceiver Station. Désigne la station de base.

CID : Identifiant de connexion.

CRC : Cyclic Redundancy Checking. Type de détection d'erreur.

DL-MAP : Download MAP, carte du lien descendant.

ETSI : European Telecommunications Standards Institute.

FEC : Système de détection d'erreur en aval. Ces erreurs sont corrigées au niveau du récepteur et ne nécessitent pas la retransmission du paquet.

FDD : Le lien montant et le lien descendant émettent des informations sur deux canaux différents.

HFDD : half-duplex FDD.

HSDPA : High Speed Downlink Packet Access. Nom donné à la génération de technologie mobile encore appelé 3.5G.

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers.

LOS : Line-of-sight. Ce terme signifie qu'il n'y a pas d'obstacle entre la station de base et l'utilisateur.

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Technique de multiplexage consistant à utiliser plusieurs sous-canaux.

OFDMA : Orthogonal Frequency Division Multiple Access.

PDU : Protocol Data Unit. Unité de données dépendant du protocole.

PKM : Privacy Key Management.

QAM : Quadrature amplitude modulation. Schéma de modulation.

QoS : Quality of Service. Ensemble de techniques permettant la garantie de certains paramètres (débits, latence, ...).

MAC : Media Access Control.

NLOS : Non-line-of-sight. Ce terme signifie qu'il y a des obstacles entre la station de base et l'utilisateur.

RSA : Algorithme d'encryptage des données.

SDU : Service Data Unit.

SS : Subscriber Station. Station réceptrice encore appelé station utilisateur.

STC : Transmit Diversity Scheme.

TDD : Le lien montant et le lien descendant partagent le même canal.

TDMA : Time Division Multiple Access.

UCD : Uplink Channel Descriptor.

UIUC : Uplink Interval Usage Code.

UL-MAP : Upload Map, carte du lien montant.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System. Nom donnée à la génération de technologie mobile appelé 3G.

WiFi : Wireless Fidelity, nom commercial de la norme 802.11x. Réseau permettant une connexion sans fil entre plusieurs équipements.

Références

<http://fr.wikipedia.org/wiki/WiMax>

<http://www.WiMax-fr.com/>

<http://www.commentcamarche.net/WiMax/WiMax-intro.php3>

<http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier524-1.php>

<http://ieee802.org/16/>

<http://www.01net.com/article/287669.html>

http://www.comelec.enst.fr/~ciblat/docs_cours/WiMax.pdf

<http://www.touslesreseaux.com/test-dossier/Partez-a-la-decouverte-du-WiMax.html>

<http://users.info.unicaen.fr/~bjamot/WiMax/historique.php>