

2.1 -Rappels sur les réseaux à haut débits

Pourquoi les réseaux hauts débits ?

Au fil du temps, l'architecture des réseaux locaux se complique avec l'arrivée des réseaux métropolitains dont la dimension peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres. Deux facteurs sont souvent cités pour expliquer la nécessité de réseaux à hauts débits à savoir la décentralisation des traitements vers une architecture distribuée de type client-serveur et la forte expression de nouveaux besoins (applications multimédia (données, sons, images animées (applications futures)) qui sont gourmandes en bande passantes. Ces deux facteurs ont fortement modifié la nature des trafics sur les liens. Pour répondre à ces nouveaux besoins, et ayant les possibilités technologiques de les satisfaire est naturellement apparu un besoin de multiservices hauts débits.

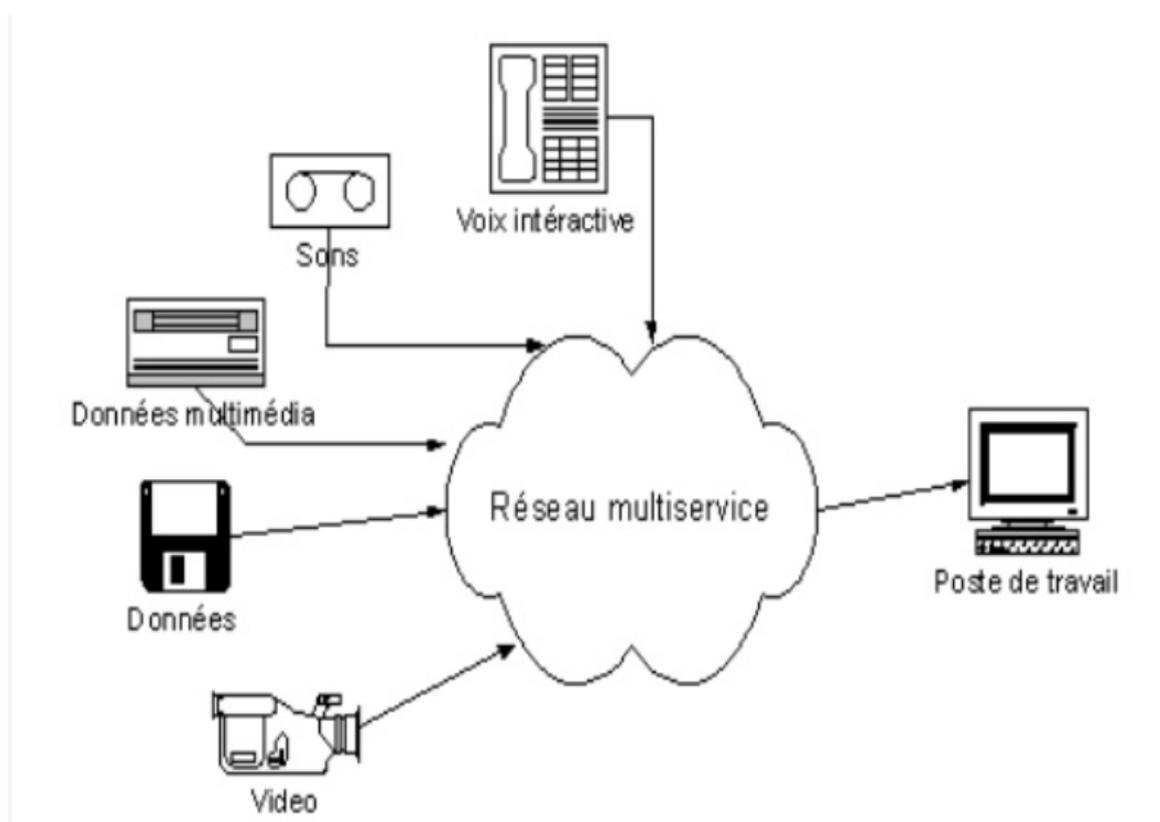


Figure 2: LES NOUVEAUX SERVICES DU NUMERIQUE [W1]

Qu'est-ce que le Haut débit ?

Le terme de **haut débit** (ou **large bande**) est une transmission de données à large bande passante qui transporte plusieurs signaux et types de trafic à des capacités d'accès à internet supérieures à celle de l'accès analogique par modem (typique : 56 kb/s) et à l'accès numérique RNIS (typique 1× ou 2× 64 kb/s).

En d'autres termes, Il remplace une connexion téléphonique traditionnelle par ligne commutée ou à bande étroite, car il est toujours activé et vous permet d'utiliser plusieurs services en même temps. Par exemple, vous n'avez pas besoin de vous déconnecter d'Internet pour passer un appel téléphonique.

Le haut débit est disponible pour différentes technologies (ordinateurs portables, téléphones mobiles, tablettes) et auprès de nombreux fournisseurs d'accès Internet (FAI) différents. Avec un équipement compatible, les connexions à large bande permettent à un utilisateur de prendre en charge de nombreux appareils différents à la fois.

Nous avons plusieurs technologies de transmission à haut débit telles que :

- Ligne d'abonné numérique (DSL)
- Sans fil
- Satellite

Les technologies xDSL (Digital Subscriber Line ou Ligne Numérique d'Abonnée)

DSL est une technologie de transmission filaire qui transmet les données plus rapidement sur les lignes téléphoniques traditionnelles en cuivre déjà installées aux particuliers et aux entreprises. Les technologies xDSL ont pour principe de laisser la bande des 300-3400 Hz libre et donc d'émettre sur des fréquences élevées.

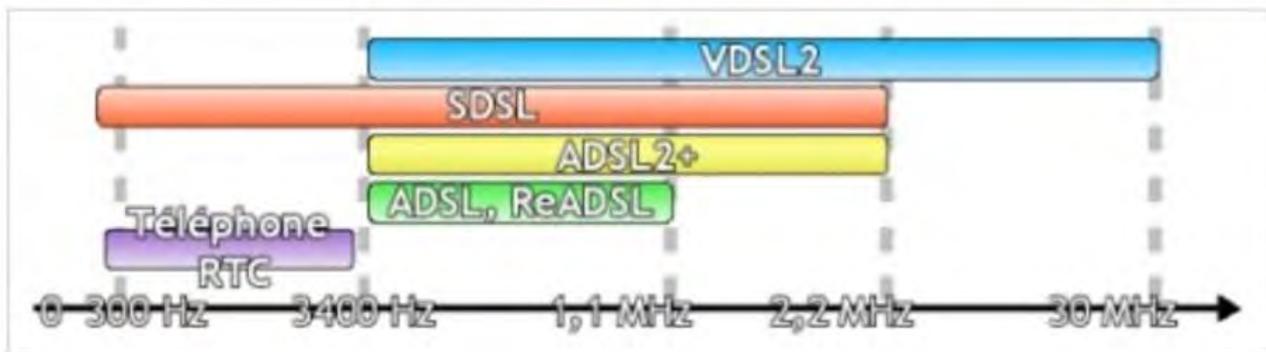


Figure 3: LES BANDES DE FREQUENCES DES VARIANTES DE LA TECHNOLOGIE XDSL [W8]

Le haut débit basé sur DSL offre des vitesses de transmission allant de plusieurs centaines de Kbps à des millions de bits par seconde (Mbps). La disponibilité et la vitesse de votre service DSL peuvent dépendre de la distance entre votre domicile ou votre entreprise et l'installation de la compagnie de téléphone la plus proche.

Les technologies xDSL sont divisées en deux grandes familles, celle utilisant une transmission symétrique et celle utilisant une transmission asymétrique.

Les solutions symétriques : La connexion s'effectue au travers de paires torsadées avec un débit identique en flux montant (utilisateur/réseau) comme en flux descendant (réseau/utilisateur).

Les solutions asymétriques : En étudiant différents cas de figure, on s'est aperçu qu'il était possible de transmettre les données plus rapidement d'un central vers un utilisateur mais que lorsque l'utilisateur envoie des informations vers le central, ceux-ci sont plus sensibles aux bruits causés par des perturbations électromagnétiques car plus on se rapproche du central, plus la concentration de câble augmente et donc ces derniers génèrent plus de diaphonie. L'idée est donc d'utiliser un système asymétrique, en imposant un débit plus faible de l'abonné vers le central.

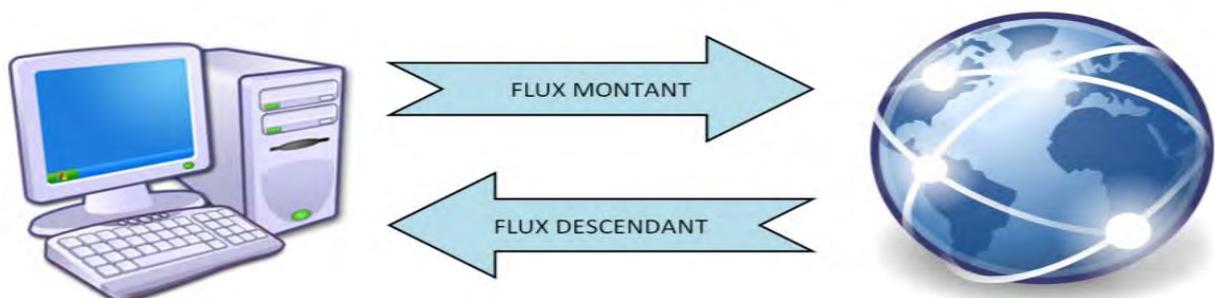


Figure 4: MODES DE TRANSMISSION DES TECHNOLOGIES XDSL [W2]

Description des différentes technologies

Le sigle xDSL regroupe plusieurs variantes de techniques de transmissions hauts débits, utilisant la ligne téléphonique. Une paire de cuivre offre une bande passante de 1Mhz, or seulement 4khz sont utilisés pour la transmission de la voix. Les technologies xDSL exploitent cette bande passante supplémentaire pour créer ainsi deux voies de communications. Les versions des technologies xDSL se diffèrent :

- Le nombre de paires téléphoniques utilisés (1 ou 2),
- Le choix des fréquences porteuses
- Le type de modulation utilisée.

Technologie xDSL	Mode de transmission	Débit Mbit/s	Mode de fonctionnement Canal	Codage	Distance/Débit Km/(Mbit/s)	Mode de séparation des canaux
ADSL	Asymétrique	1,5444 à 9 0,016 à 0,640	Descendant Montant	DMT, CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM, annulation d'écho
HDSL	Symétrique	1.544 2,048	Duplex sur 2 paires Duplex sur 3 paires	CAP, 2B1Q	5,5 / 2,048	Annulation d'écho
SDSL	Symétrique	0,128 à 2	Duplex	CAP, 2B1Q	3,6 / 2,048	Annulation d'écho
VDSL	Asymétrique	13 à 51 1,544 à 2,3	Descendant Montant	CAP, DMT	1,5 / 3 0,3 / 51	FDM
RADSL	Asymétrique	0,600 à 7 0,128 à 1,024	Descendant Montant	CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM

*canal montant ou liaison montante, précise le sens du flux des données, de l'abonnée vers le réseau.
*canal descendant ou liaison descendant du réseau vers l'abonnée.

Tableau 1: LE RESEAU XDSL

- **Ligne d'abonné numérique asymétrique (ADSL) – le plus ancien** : Utilisée principalement par les clients résidentiels, tels que les internautes, qui reçoivent beaucoup de données mais n'envoient pas beaucoup. L'ADSL fournit généralement une vitesse plus rapide dans le sens aval que dans le sens amont. L'ADSL permet une transmission de données en aval plus rapide sur la même ligne utilisée pour fournir un service vocal, sans interrompre les appels téléphoniques réguliers sur cette ligne.

- **Ligne d'abonné numérique symétrique (SDSL)** - Utilisée généralement par les entreprises pour des services tels que la vidéoconférence, qui nécessitent une bande passante importante en amont et en aval. Offrant des débits symétriques, sa portée est cependant plus réduite que celle de l'ADSL : pour un débit de 2 Mbit/s, la ligne ne doit pas faire plus de 2km, contre 3,5km en ADSL. Le SDSL est donc bien adapté aux applications qui ont autant besoin d'envoyer que de recevoir des données (par exemple, le fonctionnement en réseau de sites d'entreprise distants), et qui ne sont pas trop éloignés du répartiteur téléphonique. Accessoirement, le SDSL est utilisé pour relier à internet des points d'accès Wi-Fi, par exemple pour couvrir des zones blanches ; en ce cas le SDSL sert de lien de collecte, le Wi-Fi assurant la desserte. Les caractéristiques du SDSL et son coût en font une technologie qui vise principalement une clientèle professionnelle.

- **Le reach-extended ADSL (ReADSL) - L'augmentation de portée** : permet d'augmenter la portée du signal ADSL d'environ 5 à 10%, en injectant davantage de puissance dans les bandes de fréquences les plus basses. Le débit reste toutefois très limité (offres à 512 kbit/s). Le ReADSL sert donc principalement à fournir un service minimum à des abonnés qui se trouvent juste en limite extérieure de la zone de couverture normale de l'ADSL.

- **La version améliorée de l'ADSL (ADSL2+) - Un débit plus élevé** : utilise une bande de fréquence élargie. Elle permet un débit maximal d'une vingtaine de Mbit/s. Mais plus la ligne est longue, plus le gain de débit de l'ADSL2+ par rapport à l'ADSL se réduit (gain insignifiant à partir de 3 km en calibre 4/10), car les fréquences hautes s'atténuent plus rapidement.

- **Les lignes les plus rapides de DSL généralement disponibles pour les entreprises comprennent :**
 - **Ligne d'abonné numérique à haut débit (HDSL)** : La technologie High bit rate DSL a été développée aux Etats Unis. Technique de transmission bidirectionnelle et symétrique, elle a été conçue essentiellement pour des besoins professionnels. Ces caractéristiques sont typiquement destinées à des applications d'entreprise comme le courrier **électronique**, les transferts de fichiers, et même la vidéoconférence, pour lesquels la quantité de données émises et reçues est à peu près la même. Ces applications sont multiples dans le cadre des Liaisons Louées à 2 Mbit/s et pour le raccordement de PABX : Les signaux HDSL ont l'avantage d'être transportés sans perturbation, sur des câbles d'abonnés.

- **Ligne d'abonné numérique à très haut débit (VDSL) :** Avec une bande de fréquence encore plus large et un encodage plus efficace, **le VDSL very high bitrate DSL et le VDSL2** (portée et débit largement supérieurs) offrent des débits plus élevés, ainsi qu'une possibilité de symétrie.

2.1.1.2 -Avantages des technologies xDSL

Les technologies xDSL répondent parfaitement aux besoins des utilisateurs. Comme on a pu le voir, elles offrent :

- Des débits très importants aussi bien ascendants que descendants, ce qui permet le transfert de tout type de données dont la vidéo dévoreuse de mégabits.
- Elles permettent également, dans le cas de l'ADSL et du VDSL, de conserver un canal de transmission pour la téléphonie analogique. On peut donc téléphoner tout en surfant sur Internet

De plus, les données étant transférées sous forme numérique, les technologies xDSL assure une grande qualité et diversité de services. Ils se reposant sur les structures existantes, les lignes téléphoniques, elles permettent un accès aux réseaux pour un coût faible. Ces quatre points :

- Forts débits,
- Conservation du canal téléphonique,
- Qualité des transmissions,
- Faible coût

Vont dans l'intérêt de l'utilisateur. xDSL désengorge le réseau Internet et permet à ses usagers d'accéder enfin, de manière réaliste, à de véritables services multimédias et autres, et ceci en quasi-temps réel.

De multiples services, de nouvelles applications sont désormais accessibles aux usagers (avant l'utilisation des technologies xDSL, ils étaient souvent difficilement concevables) :

- La vidéo à la demande (VOD) permet d'accéder à tout programme vidéo qui vous intéresse et ceci à n'importe quel moment. La VOD permet par exemple de regarder les extraits d'un film récent, avant de se décider d'aller le voir au cinéma.
- Les technologies xDSL permettent de jouer en réseau, les jeux étant accessibles depuis un serveur.
- xDSL favorise le développement du commerce en ligne. Regarder un spot du lieu de ses prochaines vacances, écouter des extraits de musiques de qualité CD ou regarder des vidéos de qualité MPEG2 permet d'attirer le futur acheteur de le faire décider.
- La vidéo conférence avec une grande qualité d'images, améliore les communications.

- xDSL permet le vrai télétravail. L'employé travaille de chez lui, sur un réseau LAN virtuel avec d'autres télétravailleurs et ceci avec tous les avantages d'un réseau local : accès à un serveur d'applications, partage de fichiers...
- De plus, xDSL permet d'interconnecter des réseaux LAN entre eux. Des universités, des laboratoires peuvent ainsi relier leurs réseaux LAN locaux entre eux de manière transparente.
- Télé médecine : un service client/serveur permet d'accéder à une base de données sur les patients, les diagnostics, les données graphiques produites par rayons X... Les docteurs peuvent apporter de meilleurs soins à leurs patients en travaillant en collaboration avec d'autres docteurs. Le dossier médical d'un patient peut être transféré à un spécialiste pour consultation. En cas d'urgence, un hôpital peut retrouver l'historique médical du patient.

2.1.1.3 – Les inconvénients des technologies Xdsl

Malgré le progrès que représente ces technologies pour l'accès à Internet, il nous faut néanmoins souligner ces limites. En effet, deux problèmes principaux se posent aux utilisateurs : la distance et le débit.

Les technologies DSL présentent cependant trois inconvénients majeurs :

- D'une part, l'abonné ne doit pas être éloigné de plus de 5,4 Km de son central téléphonique de rattachement (il faut préciser que cette distance s'entend comme la distance réelle et non la distance à vol d'oiseau). Cette technologie est donc réservée de fait à des zones d'habitat dense.
- D'autre part le débit est directement dépendant du trafic de la ligne, les débits sont très variables, ce qui en fait, en l'état actuel du savoir-faire, une technologie destinée aux particuliers plutôt qu'aux entreprises.
- Enfin, les débits sont, pour les versions actuellement proposées sur le marché, asymétriques, c'est-à-dire qu'elles sont bien adaptées à la consultation/réception de données mais beaucoup moins à l'émission.

En conclusion nous retenons que même si la technologie xDSL est souvent une bonne solution à un tarif très intéressant, elle n'offre malheureusement pas toujours une liaison d'une qualité irréprochable. En effet, une ligne en xDSL est par définition constituée d'une ou deux paires de fils de cuivre ; elle est donc influencée par des éléments externes et par la longueur et la résistance ohmique de la liaison considérée. Sa qualité peut varier dans le temps. C'est pourquoi La fibre optique est amenée progressivement à les remplacer.

2.1.2– Sans Fil : Cas du WIMAX

L'évolution technologique des interconnexions de réseaux a permis de s'affranchir de l'utilisation des câbles. Le réseau filaire est progressivement délaissé au profit des sans fils en raison des contraintes liées à leur déploiement et maintenance d'autres part les technologies sans fil fournissent un service à large bande dans des zones urbaines, suburbaines et rurales où le service DSL ou modem câble sont trop coûteux, trop lents ou inexistant.

Le haut débit sans fil pouvant être mobile ou fixe connecte une maison ou une entreprise à Internet en utilisant une liaison radio entre l'emplacement du client et les installations du fournisseur de services. Entre d'autre terme la boucle locale radio qui a trouvé un nouveau souffle avec les nouvelles technologie radio comme le WiMax permet l'interconnexion de sites en accès haut débit, en large bande en offrant des services de données, voix et vidéo avec une ultra-capacité sur de grandes portées.

WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) une norme IEEE 802.16 avec plusieurs variantes 802.16a, 802.16g, 802.16e...de réseau métropolitain sans fil, destinée principalement à l'accès haut débit à l'Internet.

WiMax est une technologie permettant l'accès sans fil à l'Internet. Il s'agit d'une alternative aux câbles haut débit (modem câble) et aux lignes d'abonné numérique (DSL). Les réseaux WiMax offrent un grand choix de possibilités de liaisons à hauts débits. Les réseaux WiMax sont en fait une version longue portée des réseaux Wi-Fi.

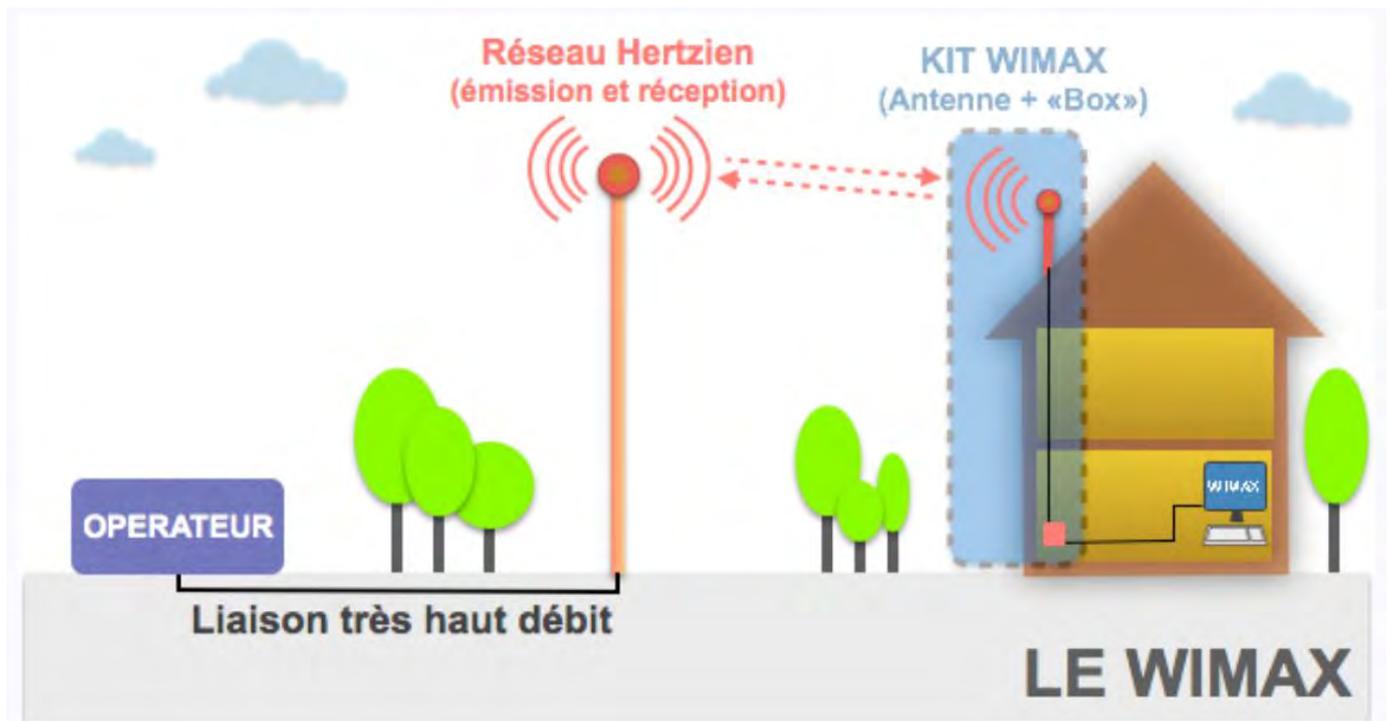


Figure 5: ARCHITECTURE DU WIMAX [W9]

2.1.2.1 – Description du WiMax

Reliée par fibre optique à l'infrastructure du fournisseur d'accès à Internet, la station de base communique simultanément avec plusieurs centaines d'antennes installées chez les abonnés. Les débits annoncés sont bien entendu théoriques puisque les ondes sont perturbées par les obstacles naturels et artificiels comme les arbres ou les immeubles. Les débits réels devraient davantage se rapprocher des 15 à 25 Mbits/sec. D'un côté, les communes, les entreprises et les particuliers se connectent à Internet à partir d'un poste fixe qui communique par ondes hertziennes via une antenne relais appelée station de base. De l'autre, les internautes peuvent bénéficier d'une connexion rapide où qu'ils se trouvent à partir du moment où ils sont situés en zone couverte.

Le WIMAX utilise des fréquences généralement entre 2 GHz et 11 GHz. Il existe deux méthodes de transmission d'un signal WIMAX :

- WIMAX fixe : Service point à point ou point à multipoint qui offre un débit allant jusqu'à 72 Mbit/s et une portée de 50 km.
- WIMAX mobile : Service mobile, comme le Wi-Fi, mais offrant un débit supérieur et une portée plus importante.

La figure suivante illustre le principe de fonctionnement et les deux types de WiMax :

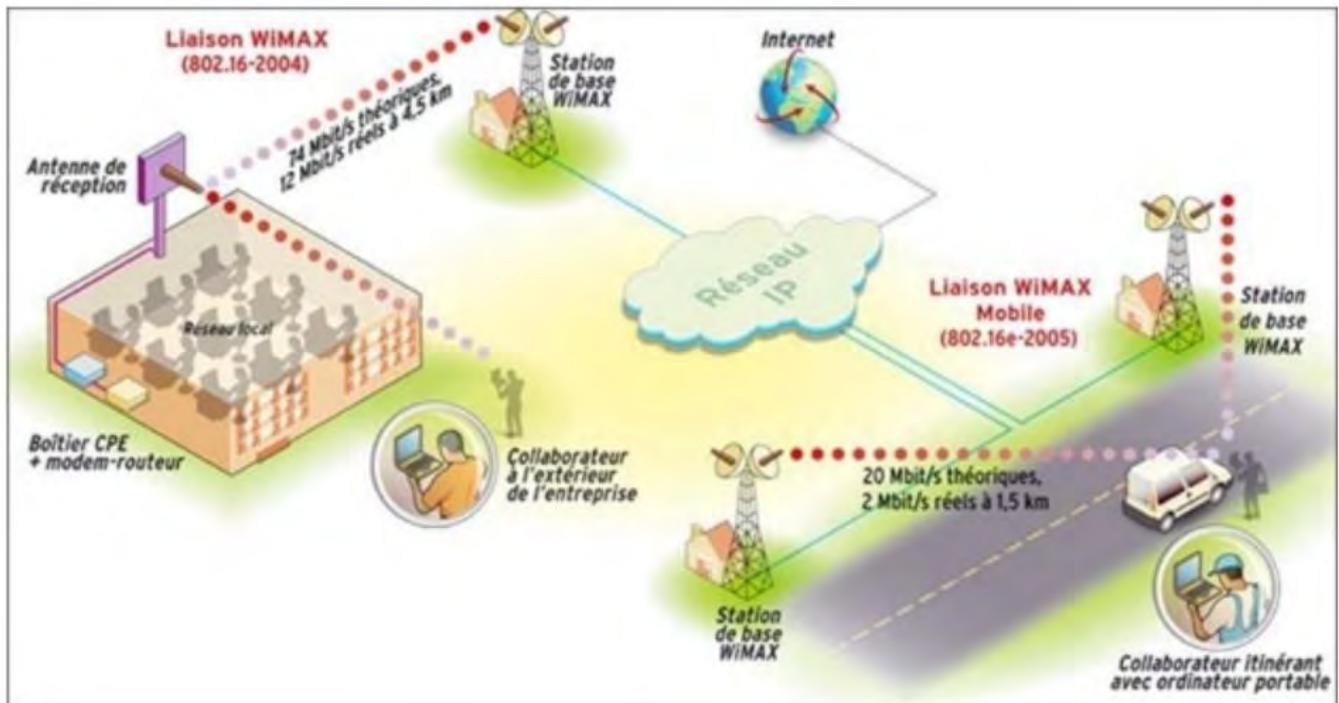


Figure 6: FONCTIONNEMENT DU WIMAX [W6]

2.1.2.2 – Avantages du WiMax

Un réseau sans fil est un réseau permettant de connecter différents hôtes ou systèmes entre eux en se basant sur les ondes radio. Le WiMax, solution alternative pour le déploiement des réseaux haut débit sur les territoires, qu'ils soient couverts ou non par d'autres technologies comme l'ADSL ou le câble offre les principaux avantages suivants :

- Coté Opérateur :
 - Moins de dépenses énormes liées aux travaux de génie civil
 - Une facilité et une rapidité de déploiement ;
 - Une bonne flexibilité permettant une facile extension du réseau.
 - Bien adaptée dans les régions rurales a faible densité de population ainsi que dans les zones urbaines.
- Coté Client :
 - Il n'aura pas à attendre plus longtemps pour son raccordement,
 - Le débit est constant égale ou supérieur à 2Mbit

2.1.2.3 – Inconvénients du WiMax

Bien qu'il soit une alternative pour le WI-FI et l'ADSL, la solution WIMAX a des limites pour supporter l'augmentation des utilisateurs mais aussi le haut débit demandé par les usagers.

Ces principaux inconvénients sont :

- Problème de visibilité : Une visibilité directe entre la station d'émission et le client est requise. La couverture peut aller jusqu'à 15 km si l'émetteur et le récepteur « se voient » mais en l'absence de ligne de vue, la portée chute rapidement (elle est alors de l'ordre de 5 à 10km),
- Sensible aux conditions météorologiques extrêmes et aussi les arbres et les bâtiments peuvent également affecter la puissance et la fiabilité des signaux,
- Nécessité de disposer d'un point haut : afin d'assurer la meilleure couverture possible, l'émetteur doit être placé sur un point haut (pylône, clocher, château d'eau...),
- Indisponibilité du spectre car il est partagé,
- Problème de couverture des régions éloignées.

En conclusion, la boucle locale radio qui représente l'ensemble des technologies permettant à un particulier ou une entreprise d'être relié à son opérateur (téléphonie, internet, télévision...) via les ondes radio permet d'assurer une continuité de la couverture en haut débit fixe dans des zones où des accès filaires ne sont pas disponibles, et participent ainsi aux objectifs de cohésion territoriale et d'aménagement numérique du territoire et nécessite la pose d'une antenne placée sur le bâtiment à raccorder.

Toutefois, les performances des solutions sans fils en générale et celles de la BLR en particulier, dépendent directement des conditions climatiques. Nous en déduisons donc que bien que facile à déployer et moins coûteux, la BLR présente des limites faisant ainsi des autres solutions de transmission physiques telle que le VSAT ... les moyens de connexion par excellence du moment.

2.1.3 – Satellite

La technologie de télécommunication satellite accélère la disponibilité des services large bande à haut débit tout comme les satellites en orbite autour de la terre fournissent les liaisons nécessaires aux services de téléphonie et de télévision.

Comme le nom de cette technologie l'indique, le signal permettant une connexion à internet est cette fois transmis par satellites. Elle reste cependant assez peu répandue, et de fait, elle est très méconnue du grand public néanmoins représente une alternative pour tous les particuliers insatisfaits de leur connexion terrestre. Une parabole bien orientée, reliée à un modem, suffit en effet à bénéficier d'un débit allant jusqu'à 50 Mb/s en réception et 8 Mb/s en émission. Les satellites des opérateurs, pour transmettre et recevoir des informations, utilisent les bandes de fréquences « KU » ou, pour les plus modernes, les bandes « KA » qui ont l'avantage d'être plus concentrées et d'autoriser un débit plus important.

Globalement, on peut avoir deux (2) scénarios :

- L'émission et la réception des données par satellite (solution assez onéreuse car les équipements de transmission du flux remontant (upstream) vers le satellite sont plus chers que les équipements de réception) ;
- La réception du flux descendant par satellite et la transmission du flux remontant (upstream) par modem téléphonique ou par modem ADSL (solution plus défendable au niveau financier).

2.1.3.1 – Description large bande par Satellite

La large bande par satellite est une autre forme de large bande sans fil et est également utile pour desservir des zones éloignées ou peu peuplées. Ainsi, il faut être équipé d'une parabole pour réceptionner le signal qui est transmis. Cette méthode permet des débits proches des 20 Mbits/s, mais qui tendent à rester plus proche de cette valeur que dans le cas de l'ADSL et le fonctionnement est classique. Le récepteur, qui doit également être accompagné d'un émetteur, est relié à un Modem qui permet ensuite de profiter de la connexion sur ses divers appareils.

Les vitesses en aval et en amont pour le haut débit par satellite dépendent de plusieurs facteurs, notamment :

- Le fournisseur et le package de services achetés,
- La ligne de visée du consommateur vers le satellite en orbite
- Et la météo.

En règle générale, un consommateur peut s'attendre à recevoir (télécharger) à une vitesse d'environ 500

Kbps et à envoyer (télécharger) à une vitesse d'environ 80 Kbps. Ces vitesses peuvent être plus lentes que le DSL et le modem câble, mais elles sont environ 10 fois plus rapides que la vitesse de téléchargement avec un accès Internet par ligne commutée. Le service peut être interrompu dans des conditions météorologiques extrêmes.

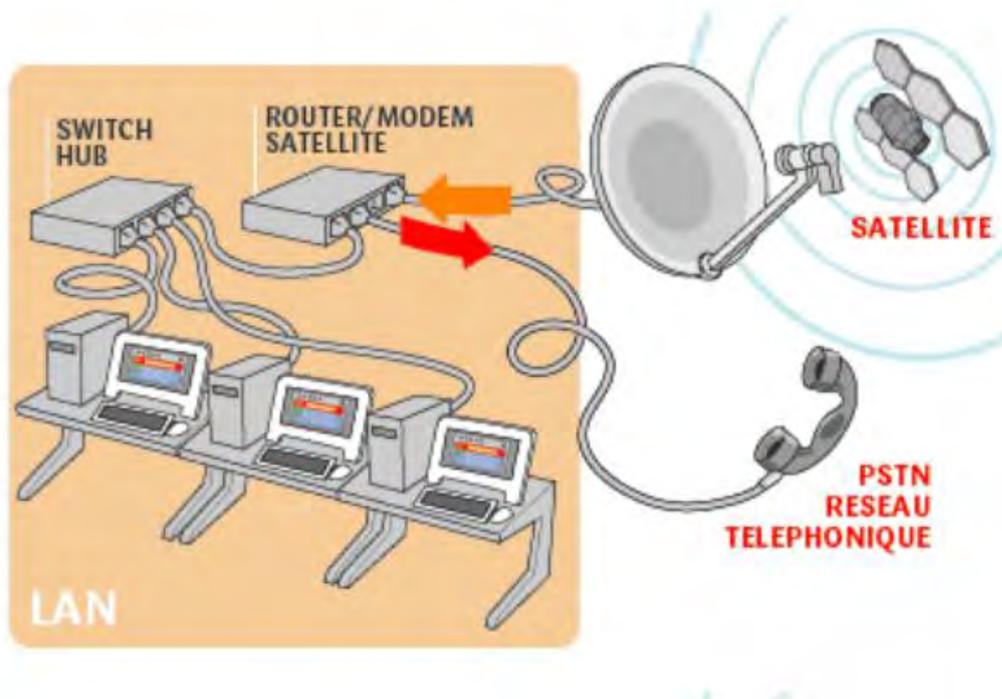


Figure 7: FONCTIONNEMENT LARGE BANDE SATELLITE [W3]

2.1.3.2 – Avantages large bande par Satellite

La technologie satellitaire offre plusieurs avantages parmi les suivants :

- Offre une connexion haut débit forfaitaire et permanente là où il n'existe pas d'équipement dans d'autres technologies d'accès (ADSL, câble, BLR...)
- Assurer en complémentarité avec les réseaux terrestres, des services de télécommunications à la fois régionaux et mondiaux : Couverture Universelle
- Offre une couverture étendue favorisant les liaisons à longue distance, les liaisons entre sites multiples et la radiodiffusion : Capacités de transmission multipoint
- Une transmission " sans coutures ",
- Permet de s'affranchir des obstacles géographiques et offre un accès aisé aux zones déshéritées grâce à l'immatérialité des ondes
- Une indépendance par rapport à l'infrastructure terrestre et la possibilité d'un déploiement rapide.