

Quelques concepts de base en télécommunications

Jean-Michel Salvador

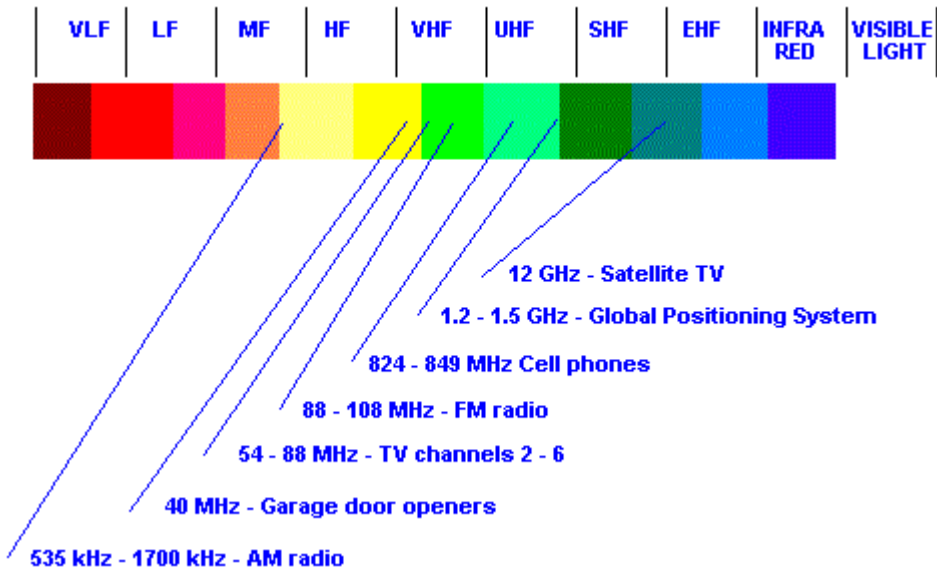
Ministère des Services gouvernementaux, novembre 2008

Technologie de transport et de distribution pour l'accès Internet.....	2
1.1. Spectre et bande passante.....	2
1.2. Technologies filaires.....	4
1.2.1. ADSL.....	4
1.2.2. Fibre optique et câble coaxial.....	5
1.3. Technologies sur ondes hertziennes.....	7
1.3.1. Le WiFi et le WiMax.....	7
1.3.2. Accès Internet par satellite.....	14
2. L'actif du programme <i>Villages branchés du Québec</i>	16

Technologie de transport et de distribution pour l'accès Internet

1.1. Spectre et bande passante

Une partie du spectre électromagnétique



- La quantité d'information pouvant être transmise augmente de gauche à droite
- La transparence du milieu à l'onde électromagnétique diminue de gauche à droite
- 800 à 1900 MHz : Téléphonie cellulaire
- 900 MHz à 5,6 GHz : téléphone sans fil
- 2,4 à 5,6 GHz : WiFi
- 2,4 à 11 GHz : WiMax,
- 8 à 28 GHz : Accès Internet par satellite

Bande passante ou capacité de transmission

Lien/vitesse	En amont	En aval
Téléphonie	28 Kbps	56 Kbps
ADSL	128 à 1000 Kbps	500 Kbps à 20 Mbps
Modem Câble	128 à 1000 Kbps	500 Kbps à 25 Mbps partagés
Ligne RNIS	64 Kbps	64 Kbps
Téléphone cellulaire (Mobile 2G)	9,6 Kbps	9,6 Kbps
Satellite bande Ku	28 Kbps	350 Kbps
Satellite bande Ka	40 Kbps	2000 Kbps
T1 ou DS1	1,54 Mbps	1,54 Mbps
OC-1	52 Mbps	52 Mbps
OC-192 ou STM-64 (capacité actuelle d'un canal sur fibre optique)	9 953 Mbps	9 953 Mbps

- Un câble coaxial a une capacité de transmission pouvant atteindre 3 Gbps.
- Une fibre optique a une capacité de transmission pouvant atteindre 10 Gbps par canal et peut faire transiter jusqu'à 140 canaux (pour le moment).

1.2. Technologies filaires

1.2.1. ADSL

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line

Source principale : Wikipédia, l'encyclopédie libre (<http://fr.wikipedia.org/wiki/ADSL>)

L'ADSL est une technique de communication qui permet d'utiliser une ligne téléphonique d'abonné (ou une ligne RNIS) pour transmettre et recevoir des signaux numériques à des débits élevés, de manière indépendante du service téléphonique proprement dit (contrairement aux modems analogiques). Cette technologie est massivement mise en œuvre par les fournisseurs d'accès à Internet pour le support des accès dits « haut débit » ou « haute vitesse ».

L'acronyme anglais ADSL signifie Asymmetric Digital Subscriber Line, dont l'équivalent français (mais peu utilisé) est le LNPA (Ligne numérique à paires asymétriques).

La ligne téléphonique reliant le domicile d'un abonné à l'autocommutateur public qui dessert son quartier (le « central téléphonique ») est constituée d'une paire de fils de cuivre, en général continue entre ces deux points (la boucle locale). Les signaux utilisés pour la téléphonie classique (sonnerie, numérotation multifréquence, voix) occupent une bande de fréquences comprises entre 25 et 3500 Hz environ. Le principe de l'ADSL consiste à exploiter une bande de fréquences située au-dessus de celles utilisées pour la téléphonie afin d'échanger des données numériques en parallèle avec une éventuelle conversation téléphonique. Grâce à cette séparation dans le domaine fréquentiel, les signaux ADSL, qui transportent les données et les signaux téléphoniques transportant la voix, circulent donc simultanément sur la même ligne d'abonné sans interférer les uns avec les autres.

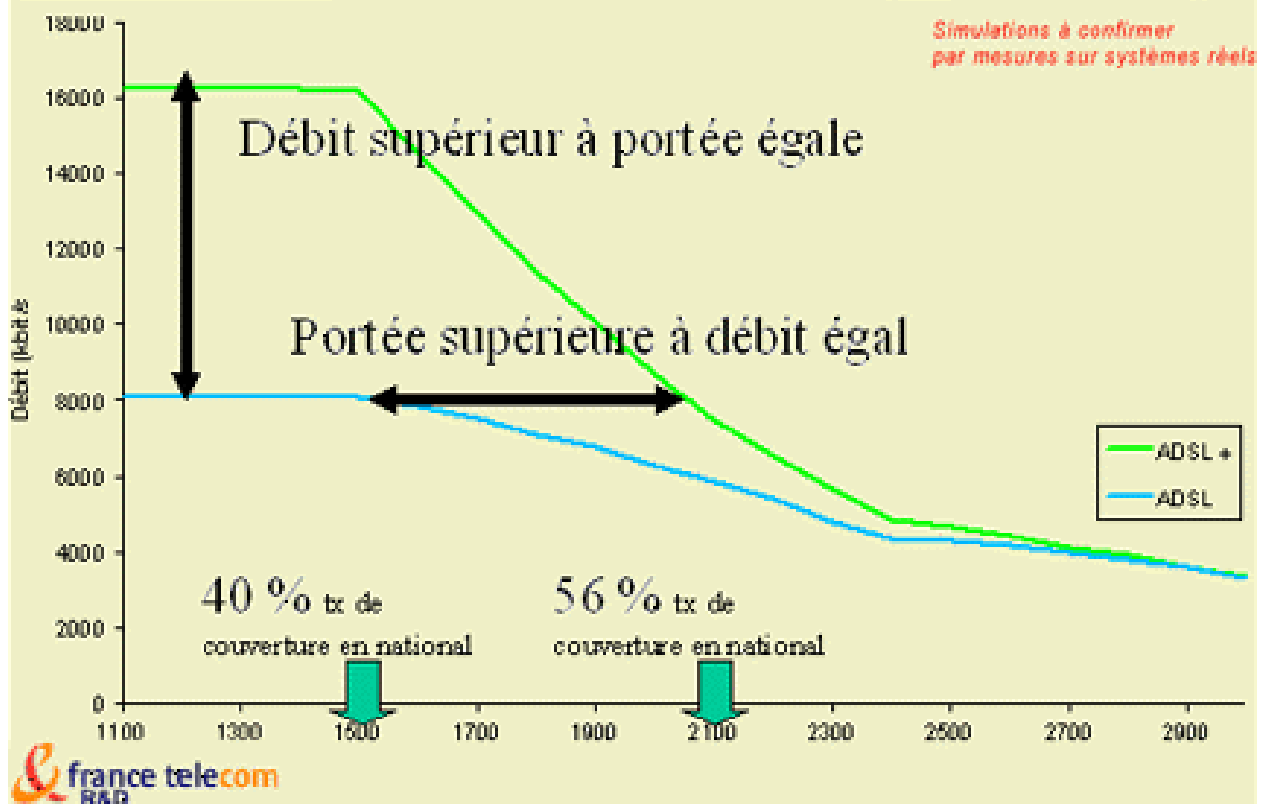
Le débit maximum théorique de l'ADSL s'établit à 13 000 kbit/s pour le sens descendant et à 1024 kbit/s pour le sens montant. Ce débit dépend de la distance et de la qualité de la ligne téléphonique.

Mais l'abonné doit être situé relativement proche du central téléphonique (environ moins de 4 et 5 km) dont il dépend pour pouvoir bénéficier de la technologie ADSL.

ADSL2+ : Évolution de l'ADSL pour de plus courtes distances (moins de 2 km), qui permet d'atteindre un débit théorique de 20 Mbit/s.

Reach Extended ADSL : Évolution de l'ADSL pour de plus grandes distances, entre 5 et 8 km, avec des débits de l'ordre de 512 Kbps.

Portées simulées en présence de bruit X1, avec 6dB de marge [m de câble 4/10]



1.2.2. Fibre optique et câble coaxial

1.2.2.1. La fibre optique

Utilisée pour le transport de signaux de télécommunication là où de grands débits sont nécessaires.

La capacité de transport de la fibre optique ne cesse de s'accroître et les équipements sont de plus en plus abordables. Au milieu des années 1980, les plus grandes capacités atteintes sur fibre optique étaient de l'ordre de 150 Mbps.

Aujourd'hui, en acheminant plusieurs longueurs d'ondes (de la lumière de plusieurs couleurs) sur une même paire de fibres, il est possible d'atteindre des débits de 320 Gbps avec des équipements commerciaux. En laboratoire, le record est de 14 Tbps sur une fibre de 160 km en utilisant 140 « couleurs » simultanées.

Au Québec, les établissements scolaires et municipaux qui ont été reliés par des réseaux de fibres optiques, le sont à des capacités de 100 à 1000 Mbps.

En 2006, la compagnie Alcatel déployait un câble sous-marin de fibres optiques dans les Antilles, avec une capacité de 1 Tbps (1 000 000 Mbps).

Coûts des câbles de fibres

Quantité	Prix / mètre	Prix / fibre
12	2,04 \$	0,17 \$
24	2,87 \$	0,1196 \$
36	3,86 \$	0,1072 \$
48	4,74 \$	0,0988 \$
60	5,77 \$	0,0961 \$
72	6,71 \$	0,0932 \$
96	8,98 \$	0,0935 \$
144	13,51 \$	0,0935 \$
180	16,84 \$	0,0936 \$
216	19,10 \$	0,0884 \$
240	21,93 \$	0,0914 \$
264	24,07 \$	0,0912 \$
288	26,33 \$	0,0914 \$

Mais le coût du câble ne représente qu'une faible portion des coûts de déploiements de réseaux de fibre optique. Ce sont les coûts d'installation sur les poteaux ou dans les conduites, ainsi que les équipements électroniques qui font en sorte que la construction d'un réseau coûtera entre 8 000 et 25 000 \$ du kilomètre selon les conditions particulières du milieu.

1.2.2.2. Le câble coaxial

Le câble coaxial, principalement utilisé pour la télédistribution, a, en mode tout numérique, une capacité de transmission qui peut atteindre 3 Gbps.

Outre la télédistribution, les réseaux numériques de câblodistribution sont utilisés pour l'accès Internet haute vitesse (et maintenant pour la téléphonie sur protocole Internet « IP »), avec des débits de plus en plus importants. Tous les câblodistributeurs n'ont cependant pas fait le saut vers le numérique.

Mais le coût du câble coaxial est aujourd'hui plus élevé que celui de la fibre optique. Seul le coût encore très important des équipements opto-électroniques empêchent encore l'utilisation de la fibre optique jusqu'à l'abonné.

Le coût du câble coaxial de ligne d'abonné est de l'ordre de 0,50 \$ le mètre.

1.3. Technologies sur ondes hertziennes

1.3.1. Le WiFi et le WiMax

Source principale : Wikipedia : <http://fr.wikipedia.org/wiki/WiMax>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Wifi>

WiFi et WiMax sont deux technologies de transmission de données par ondes hertziennes. Elles utilisent, le plus souvent, des bandes de fréquence publiques (typiquement dans le 2,4 GHz ou le 5 GHz) déjà très sollicitées par d'autres usages de ces fréquences (téléphones sans fil, télécommandes de portes de garage, carillons sans fil, etc). Techniquement, elles peuvent cependant aussi utiliser des fréquences privées, soumises à licence, et généralement détenues par les grandes entreprises de télécommunications.

1.3.1.1. WiFi

Le **WiFi** (contraction de *Wireless Fidelity* est une technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau local et, depuis, devenue un moyen d'accès à Internet. Le WiFi est basé sur la norme IEEE 802.11. Les équipements grand public utilisent des fréquences dans le 2,4 GHz (entre 2,412 et 2,472 Ghz).

Dans la pratique, le WiFi permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau, des assistants personnels ou même des périphériques à une liaison dont le débit peut aller de 11 Mbit/s, pour la version en 802.11b, à plus de 160 Mbit/s, pour la version 802.11n, sur un rayon de plusieurs dizaines de mètres en intérieur (généralement entre une vingtaine et une cinquantaine de mètres). Dans un environnement ouvert, la portée peut atteindre plusieurs centaines de mètres (selon le type d'antenne). Des antennes directionnelles permettent également de porter le signal à plusieurs kilomètres de distance, là où la ligne de vue est dégagée.

En Amérique-du-Nord, la puissance maximale autorisée pour un émetteur Wifi 802.11b est de 200 milliwatt (mW) et de 125 mW pour le 802.11g et n. Pour ce qui est des dispositifs récepteurs des ordinateurs, la puissance se situe typiquement entre 15 et 80 mW. Il faut se méfier de certains équipements non homologués dont la puissance peut atteindre plus d'un Watt (1000 mW), ce qui peut dépasser les seuils maximaux recommandés d'expositions aux ondes électromagnétiques et provoquer des interférences avec d'autres appareils utilisant la même gamme de fréquences.

802.11b La norme 802.11b est, pour le moment, la plus répandue parmi les équipements en usage. Elle propose un débit théorique maximal de 11 Mbit/s avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres dans un environnement complètement dégagé.

802.11g La norme 802.11g est maintenant la plus vendue. Elle offre un débit théorique maximal de 54 Mb/s (au prix d'une portée maximale de l'ordre de 120 mètres. La norme 802.11g a une compatibilité descendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g peuvent fonctionner en 802.11b. Cette aptitude permet aux nouveaux équipements de proposer le 802.11g tout en restant compatible avec les réseaux existants qui sont souvent encore en 802.11b.

Le **802.11n**, en cours de normalisation, combine trois, quatre ou même six signaux, ce qui permet d'atteindre des débits de plus de 160 Mb/s, mais sur une portée de quelques dizaines de mètre.

Le WiFi peut être utilisé pour des accès classiques de type « points d'accès public » ou « hotspot » et dans la technologie de l'accès au dernier kilomètre. Dans cette perspective, il doit être couplé à des technologies de collecte de type satellite, fibre optique ou WiMax.

1.3.1.2. WiMax

Le **WiMax** (acronyme pour *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) est une famille de normes (IEEE 802.16), certaines encore en chantier, définissant les connexions à haut débit par voie hertzienne. Le WiMax promet des débits de plusieurs dizaines de mégabits/seconde sur des rayons de couverture de quelques dizaines de kilomètres. Cette technologie est de plus en plus utilisée pour offrir des services d'accès Internet haute vitesse dans des localités peu densément peuplées, là où les réseaux câblés deviennent économiquement inabordables.

Contraintes techniques et réglementaires du WiMax

Des contraintes techniques, inhérentes aux technologies radio, limitent cependant les usages possibles.

La portée, les débits et, surtout, la nécessité ou non d'être en ligne de vue de l'antenne émettrice dépendent de la bande de fréquences utilisée. Dans la bande 10-66 GHz, les connexions se font en ligne de vue, alors que sur la partie 2-11 GHz, le NLOS (*non line of sight*) est possible. Ceci ouvre la voie à des terminaux d'intérieur, facilement installables par l'utilisateur final car ne nécessitant pas l'installation d'antennes extérieures par un technicien agréé.

Dans la réalité, le WiMax ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison, mais ne peut en aucun cas traverser les collines, les grands immeubles ou les forêts.

Quelques exemples d'équipements WiMax

- ◆ Antennes WiMax client pour l'extérieur



- ◆ Antennes émettrices



- ◆ Antenne pour lien point à point



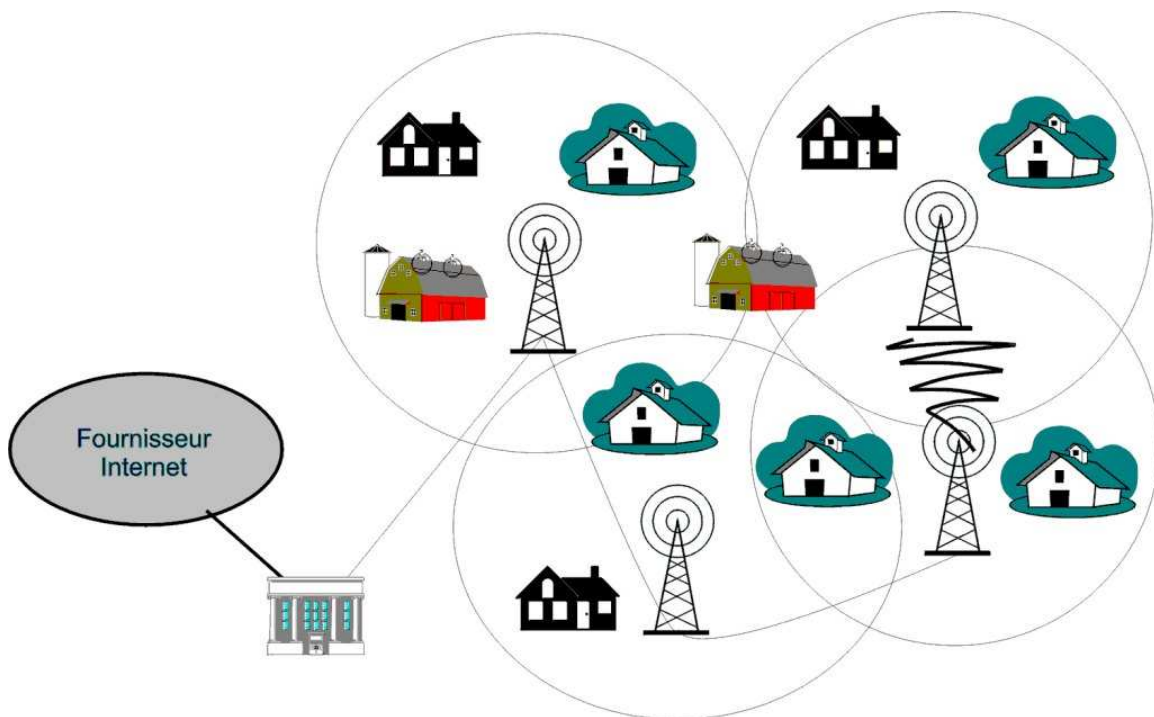


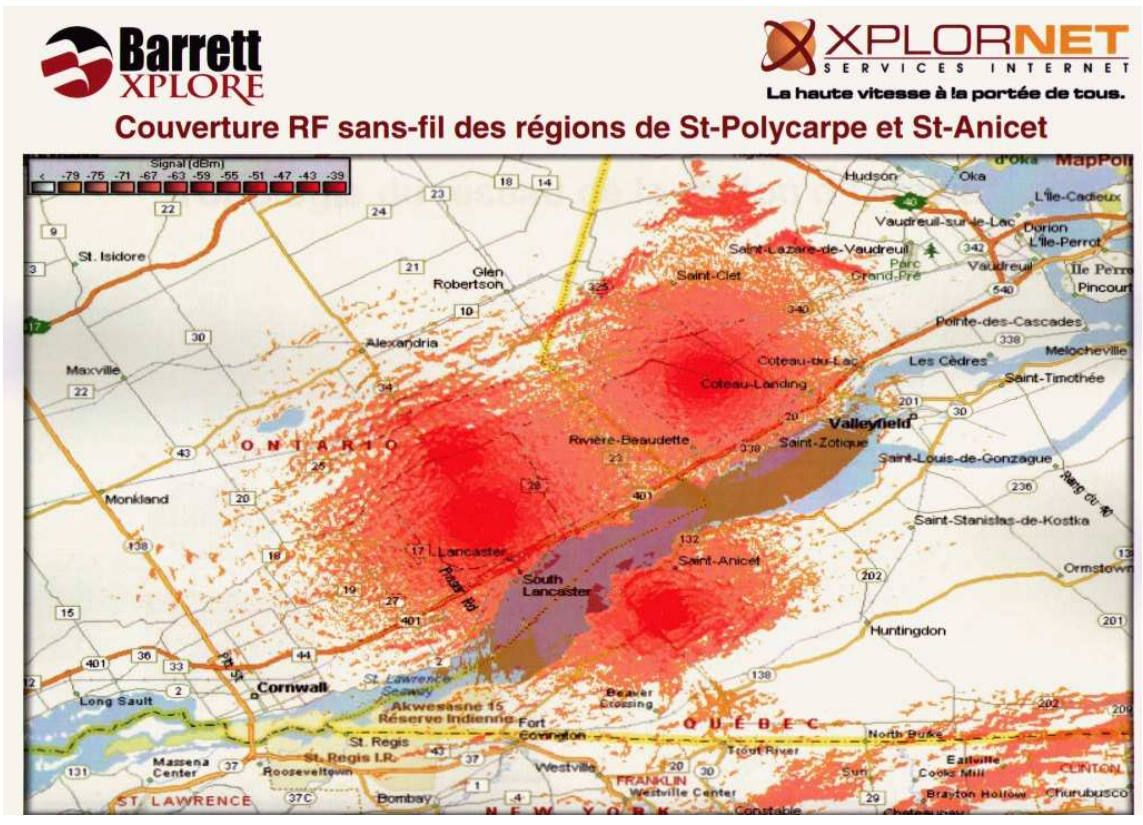
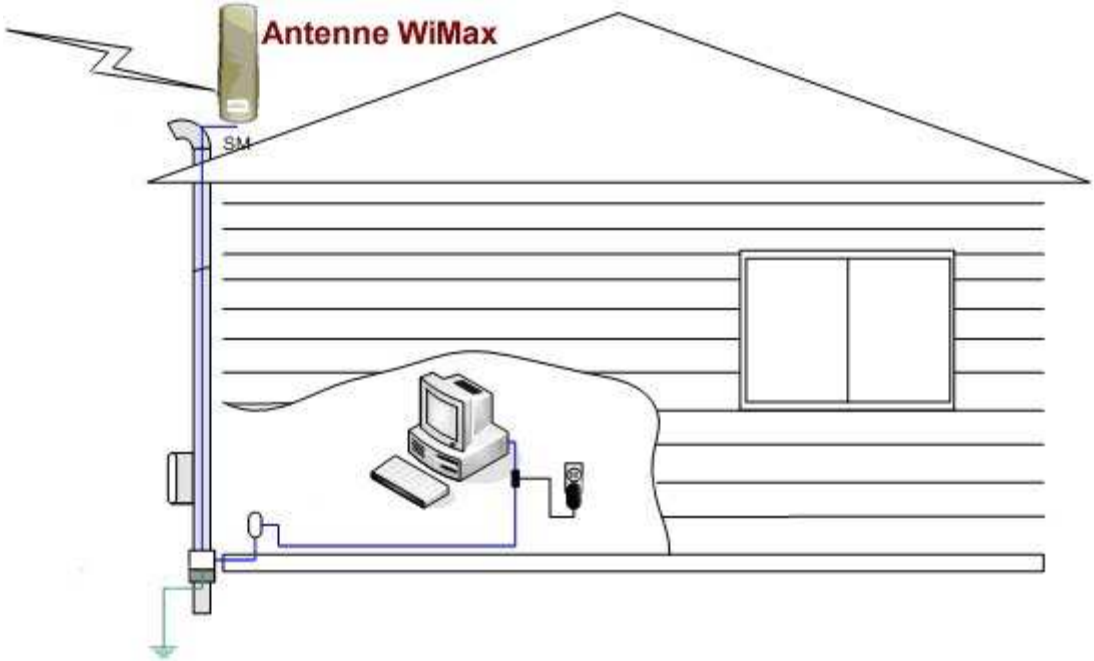
Illustration d'un réseau WiMax

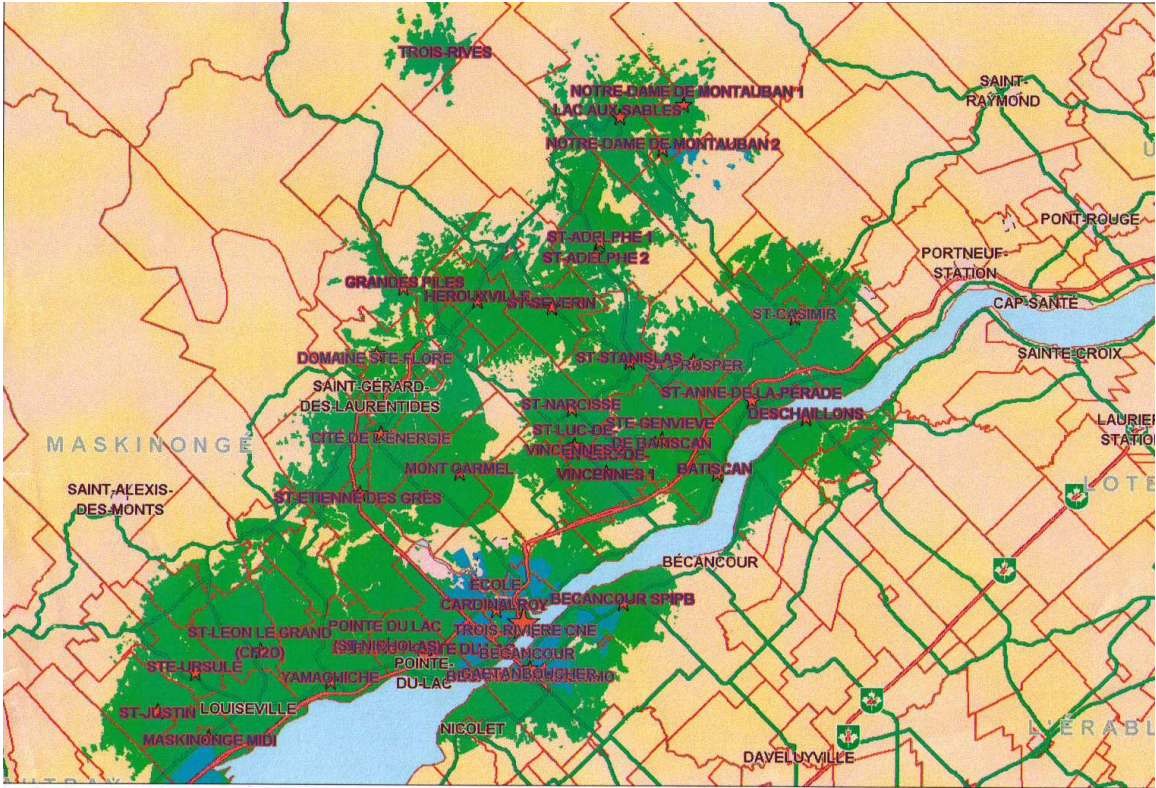
« Il n'est pas simple de donner des indications de performance qui feront consensus dans le secteur, mais on peut tabler raisonnablement sur :

- un débit de 1 à 4 Mbps en milieu urbain, pour des équipements nomades non connectés en ligne droite, à une distance de 2 à 4 km de la station de base ;
- un service Internet résidentiel de 1 à 4 Mbps en WiMax fixe avec modem connecté au poste de travail et doté d'une antenne en intérieur, et à une distance de 10 km de la station de base ;
- une portée du WiMax fixe sur 20 à 30 km en utilisant des antennes externes sur le toit et selon les conditions environnementales » (<http://www.WiMax-fr.com/modules/news/article.php?storyid=1372>).

Au Canada, Motorola commercialise des équipements de type WiMax (la gamme Canopy) qui utilisent des fréquences libres dans le 2,4 – 5,2 et 5,7 Ghz, et permettent d'atteindre un débit de l'ordre de 7 Mb/s par secteur à 15 km. C'est l'équipement utilisé dans les quelques réseaux utilisant actuellement le WiMax en opération au Québec (TGVNet-Mauricie, Kativik, Manawan, etc.).

D'autres fournisseurs fabriquent également des équipements pour des réseaux WiMax (Alcatel-Lucent).

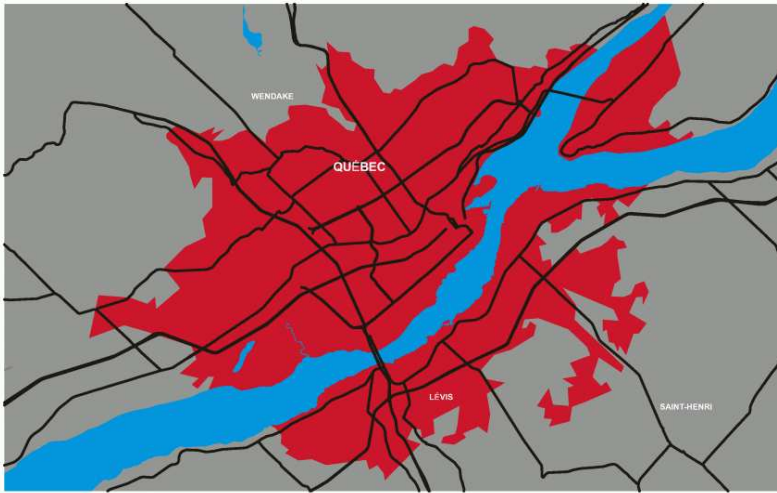




Zone couverte par TGV-Net Mauricie

Bell et Rogers ont formé une coentreprise (*Inukshuk Wireless*) pour offrir des services d'accès Internet haute vitesse sans fil en WiMax, mais seulement dans quelques zones urbaines du pays et leurs alentours, et à des tarifs nettement supérieurs à ceux de leurs services filaires. Ils utilisent une bande de fréquences soumise à licence (2,5 GHz).

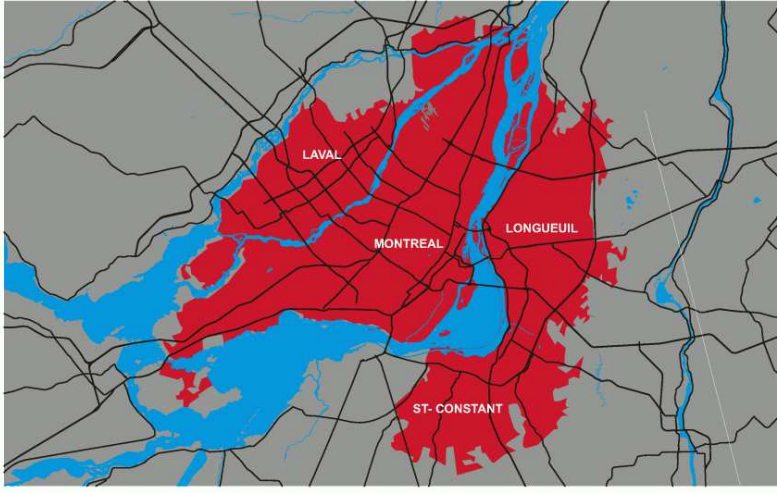
PORTABLE INTERNET from **ROGERS** INTERNET PORTABLE de **ROGERS** **QUEBEC, QC**



Coverage area shown (in RED) is a general view of availability. To verify if Portable Internet will work in your area, please use the [postal code look-up tool](#).
La zone de couverture (en ROUGE) désigne les zones dans lesquelles le service Internet portable est accessible. Veuillez utiliser l'[outil de recherche par code postal](#) pour vous assurer que ce service est bien offert dans votre région.

Note: Due to the nature of RF technology, actual service availability within the coverage area may vary depending on topography, building type, or location within building.
Note: Du à la nature des ondes radios utilisées dans cette technologie, la disponibilité à l'intérieur de la zone de couverture peut varier en fonction de la topographie, du type d'édifice et de la localisation à l'intérieur de l'édifice.

PORTABLE INTERNET from **ROGERS** INTERNET PORTABLE de **ROGERS** **MONTREAL, QC**



Coverage area shown (in RED) is a general view of availability. To verify if Portable Internet will work in your area, please use the [postal code look-up tool](#).
La zone de couverture (en ROUGE) désigne les zones dans lesquelles le service Internet portable est accessible. Veuillez utiliser l'[outil de recherche par code postal](#) pour vous assurer que ce service est bien offert dans votre région.

Note: Due to the nature of RF technology, actual service availability within the coverage area may vary depending on topography, building type, or location within building.
Note: Du à la nature des ondes radios utilisées dans cette technologie, la disponibilité à l'intérieur de la zone de couverture peut varier en fonction de la topographie, du type d'édifice et de la localisation à l'intérieur de l'édifice.

1.3.2. Accès Internet par satellite

Au Canada, les services d'accès Internet bidirectionnel par satellite fonctionnent principalement dans la bande de fréquences Ka (18,3 GHz à 22,2 GHz et 27 GHz à 31 GHz). Cette bande a une très grande capacité de transmission, mais est facilement atténuée par tout obstacle sur la ligne de vue (y compris de gros orages ou des tempêtes de neige).

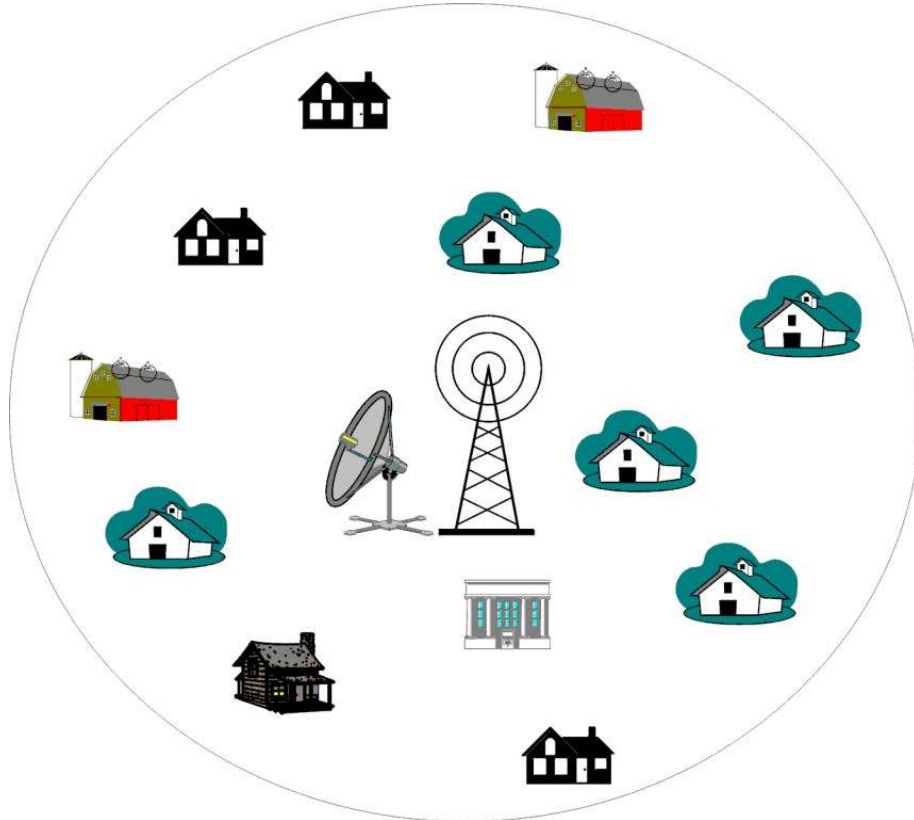
Les clients ont besoin d'une petite antenne (67 cm environ dans le sud du Québec, mais d'autant plus grande, et plus chère, à mesure qu'on s'éloigne au nord) qui peut être installée sur un toit ou contre un mur, de câbles et d'une petite unité interne qui se raccorde à leur ordinateur.

Exemple de tarifs des services d'accès Internet par satellite				
Tarif mensuel	59,99 \$	99,99 \$	149,99 \$	199,99 \$
Débit descendant	512 Kbps	1 Mbps	1,5 Mbps	2 Mbps
Débit ascendant	128 Kbps	256 Kbps	300 Kbps	500 Kbps

Quelques fournisseurs de services au Canada :

- Galaxy Broadband
- Xplornet
- Télésat Canada (pour les gros fournisseurs de services).

Le service satellite de Télésat peut également être redistribué au sol par des réseaux filaires ou hertziens. C'est ce qui a été fait dans les communautés inuites du nord du Québec.



2. L'actif du programme *Villages branchés du Québec*

Lorsque tous les projets financés par le programme *Villages branchés du Québec* auront été complétés, ce dernier aura permis de brancher, à des réseaux à large bande, 2058 bâtiments de 53 commissions scolaires, 2139 bâtiments de 812 municipalités sur un territoire qui regroupe 2,2 millions de citoyens ainsi que 558 bibliothèques publiques (voir carte et liste des localités en annexe).

