

WiMAX ou l'évolution des réseaux sans-fil ?

Simon Mian¹

Lex Electronica, vol. 11 n°1 (Printemps / Spring 2006)

<http://www.lex-electronica.org/articles/v11-1/mian.htm>

<http://www.lex-electronica.org/articles/v11-1/mian.pdf>

Introduction.....	1
I. La technologie	3
1. Sécurité des communications.....	5
II. La réglementation	7
III. Les initiatives gouvernementales.....	9
IV. La convergence.....	11
Conclusion	13
Bibliographie.....	14

Introduction

L'onde de choc engendré par l'apparition des technologies sans-fil continu de se propager. Depuis quelques années les solutions de réseaux locaux de type *WiFi* « *Wireless Fidelity* » ont été amplement adoptées tant par les utilisateurs à domicile que par les entreprises². L'attrait pour cette solution, qui élimine la nécessité d'installer de multiples câbles et concentrateurs pour se brancher à un réseau local, a séduit bien des gens. Des antennes sont maintenant présentes dans la plupart de nos environnements comme les aéroports, les hôtels et les cafés. Les composantes qui permettent cette réception sont aujourd'hui intégrées aux ordinateurs et autres appareils de poche, ce qui contribue à rendre le sans-fil aussi populaire. Les entreprises de services subissent même des pressions de la part de leurs clients pour offrir des aires de connexion «*Hot Spots*»³. Les ventes au niveau mondial des produits *WiFi* représentent 785 millions de dollars. Il est estimé que 84 millions d'appareils seront vendus en 2007, totalisant des revenus de 3.7 milliards de dollars⁴.

Devant cette forte demande, les fabricants d'appareils de télécommunications ont songé à développer des produits encore plus performants. Cela entraîna la création du *WiMAX* qui se présente comme l'évolution du *WiFi* mais avec une capacité bien supérieure et pouvant opérer

¹ Étudiant à la maîtrise en commerce électronique, HEC Montréal, courriel : simon.mian@hec.ca. Le présent texte reprend le travail de fin de session présenté dans le cadre du cours *DRT 6923 – Technologies de l'information et droit* de M. le professeur Daniel Poulin, Faculté de droit, Université de Montréal. Le présent texte reprend le travail de fin de session présenté dans le cadre du cours *DRT 6923 – Technologies de l'information et droit* de M. le professeur Daniel Poulin, Faculté de droit, Université de Montréal.

² Wi-Fi alliance, "Get to Know the Alliance", <<http://www.wi-fi.org>>.

³ Jupitermedia Corporation, "WiFi Hotspot Directory", <<http://www.wi-fihotspotlist.com/browse/ca/2000272/1803884>>.

⁴ Ed Sutherland, « Wi-Fi Hardware Sales Climb », Wi-Fi Planet, 23 novembre 2004, <www.wi-fiplanet.com/news/article.php/3439801>.

sur des fréquences réglementées ou non. Certains le qualifient de « *Wi-fi's big brother* ». *WiMAX* est l'acronyme de « *Worldwide Interoperability for Microwave Access* ». *WiMAX* et *WiMAX Forum* sont des marques de commerce appartenant au consortium *WiMAX Forum* tout comme *Wi-Fi* est une marque du *Wi-Fi Alliance*⁵. Cet organisme a été formé dans le but d'harmoniser les différents standards émergeant pour les réseaux sans fils large bande « *Broadband wireless access-BWA* ». Sa mission est de promouvoir cette technologie mondialement ainsi que de développer des méthodologies de test pour certifier plus rapidement les appareils qui répondent à la norme 802.16 *WirelessMAN* afin d'accélérer la mise en marché⁶.

WirelessMAN est une marque de commerce appartenant au *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*⁷. Cette institution bien connue est une association de professionnels qui organise des groupes de travail avec des experts à travers le monde dans le but de définir des normes qui garantissent un certain niveau de performance des appareils mis sur le marché. Le *IEEE* est aussi un organisme de standardisation bien reconnu. La section IEEE 802 comporte plusieurs standards qui ont été utilisés pour développer la plupart des appareils utilisés communément dans nos réseaux informatiques. Par exemple, le 802.5 Token Ring, 802.2 Logical Link Control (LLC) et 802.3 CSMA/CD. Le *WirelessMAN* certifie qu'un produit est conforme à la norme 802.16 du IEEE. D'autres états ont aussi adopté leurs propres normes, le *European Telecommunication Standards Institute (ETSI)* a défini le *HIPERMAN* « *High Performance Radio Metropolitan Area Network* »⁸. La Corée, de son côté, a lancé sa propre initiative du nom de *WiBro*⁹ « *Wireless Broadband* » standardisé par le *Telecommunications Technology Association (TTA)*¹⁰.

Le *WiMAX* offre la possibilité de couvrir une large bande d'ondes soit de 2 à 66 Ghz¹¹. Avec ce grand choix de fréquences, il est plus facile d'interagir avec divers types de produits existant sur le marché. Les technologies cellulaires, *WiFi*, *Bluetooth* et autres types d'ondes à courte portée pourront ainsi être relayées à des antennes qui ont une portée théorique de 50 Km et un débit de 75Mbit/s. Les entreprises de télécommunications espèrent ainsi faire d'importantes économies en ayant la possibilité d'installer rapidement des antennes qui pourraient raccorder environ 60 entreprises avec des lignes de type T1 et des centaines de ménages avec des liens de type DSL-1Mbit/s¹². Mais ces espoirs sont limités par quelques réalités physiques du terrain, la couverture efficace dans une région densément peuplée étant d'environ 3 Km à 10Mbit/s¹³. La portée des ondes est affectée par les objets pouvant se trouver entre les antennes, les interférences radioélectriques ainsi que le déplacement trop rapide des utilisateurs. L'adoption du *WiMAX* risque donc d'être freinée par l'émergence de technologies par câble comme le ADSL2+ qui sera

⁵ WiMAX Forum, "WiMAX Forum™ Brand Usage", <www.wimaxforum.org/join/Governing_Documents>

⁶ IEEE, "IEEE 802.16 Backgrounder", 24 mai 2002, <www.ieee802.org/16/pub/backgrounder.html>.

⁷ Institute of Electrical and Electronics Engineers, <www.ieee.org>.

⁸ European Telecommunication Standards Institute, <http://www.etsi.org/etsi_radar/cooking/rub1/hiperlan2_a.htm>.

⁹ Soon Young Yoon, "Introduction to *WiBro Technology*", 10 septembre 2004, <www.itu.int/ITU-D/imt-2000/documents/Busan/Session3_Yoon.pdf>.

¹⁰ Telecommunications Technology Association, <www.tta.or.kr/English>.

¹¹ WiMAX Forum, "Technical Information", <www.wimaxforum.org/technology>.

¹² D.J. Johnston, "IEEE 802.16* *WirelessMAN** Specification Accelerates *Wireless Broadband Access*", Intel Magazine, août 2003, p.4., <www.intel.com/technology/magazine/standards/st08031.pdf>.

¹³ Alcatel, "WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality", juin 2004, <www.alcatel.com/com/en/appcontent/apl/S0406-WiMAX-EN_tcm172-44791635.pdf>.

en mesure d'atteindre un débit de 30 Mbit/s. Avec les services actuels comme le modem câble «*Internet haute vitesse extrême*¹⁴» le débit offert est de 6,5 Mbit/s.

Une autre facette de la situation est que les fréquences pouvant être utilisées sont non seulement très en demande, mais aussi réglementées différemment dans chaque pays. Il devient donc difficile d'établir une norme commune au niveau mondial. Une contrainte supplémentaire vient aussi restreindre les choix puisque les ondes à hautes fréquences pénètrent moins bien les bâtiments et chevauchent les bandes micro-ondes utilisées par les satellites et les compagnies de téléphones cellulaires¹⁵. Les fréquences plus élevées sont souvent octroyées sous licence et requièrent des antennes fixes. La plage de 11-66 GHz avait plutôt été étudiée afin de permettre le WiMAX de cohabiter avec les technologies en place «*Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems*»¹⁶. Les fréquences, opérant dans les bandes 24/28/38 GHz par exemple, sont réservées aux communications transfrontalières sans-fil fixes à large bande entre le Canada et les États-Unis¹⁷. Les manufacturiers se sont donc dirigé vers des ondes à plus basses fréquences entre 2 et 11GHz ce qui leur permettra de fabriquer des produits faciles à installer et mieux adaptés aux besoins des différentes clientèles¹⁸.

I. La technologie

Le WiMAX a d'abord été conçu pour desservir des réseaux pouvant couvrir une municipalité entière. Ce type de réseau est aussi connu sous l'acronyme MAN «*Metropolitan Area Network*». Les LAN «*Local Area Network*» sont des réseaux locaux, tel le WiFi, tandis que les PAN «*Personal Area Network*», sont des réseaux personnels, tel le Bluetooth. Les WAN «*Wide Area Network*» sont des réseaux couvrant de très longues distances. Chaque type de réseau a des caractéristiques propres ainsi que des besoins particuliers. Par exemple, un réseau de type WAN qui dessert souvent plusieurs grands clients corporatifs doit avoir des mécanismes de gestion qui permettent de garantir une fiabilité, de segmenter les communications pour garantir la confidentialité, permettre la redondance et facturer adéquatement l'utilisation. Les réseaux locaux, à l'opposée, n'ont pas à se préoccuper de tous ces éléments de coûts mais en contrepartie, ils doivent assurer un service très fragmenté et variable entre plusieurs types d'ordinateurs et de périphériques. Le WiMAX se trouve à mi-chemin. Il doit à la fois tenir compte d'une importante transmission d'informations mais aussi distribuer ces informations de façon sécurisée à des clients indépendants, tout en comptabilisant les coûts associés à chacun.

Le tableau ci-dessous résume quelques traits techniques des différentes technologies sans-fil :

¹⁴ Vidéotron, "Haute vitesse Extrême", <<http://www.videotron.com/services/fr/internet/caracteristiques-xtm.jsp>>.

¹⁵ Cisco, "The cisco position on wimax and related next-generation radio technologies for mobile operators", <www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns177/networking_solutions_white_paper0900aecd801aa448.shtml>.

¹⁶ IEEE, "Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems", 10 septembre 2001, <<http://www.tehnicom.net/clanci/pdf/802.16.2-2001.pdf>>

¹⁷ Industrie Canada, "Consultation sur les bandes de fréquences de 24 et 38 GHz", août 1998, p.4, <[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/24-38f.pdf/\\$FILE/24-38f.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/24-38f.pdf/$FILE/24-38f.pdf)>.

¹⁸ Ben Willis, "Wireless Access Technologies", 5 juillet 2005, p.5, <www.ofcom.org.uk/media/speeches/2005/07/wat.pdf>.

Nom	Norme	Débit	Fréquence
Bluetooth	802.15	2 Mbit/s	2.45GHz
WiFi	802.11b	11 Mbit/s	2.4 GHz
WiFi	802.11a	54 Mbit/s	5 GHz
WiFi	802.11g	54 Mbit/s	2.4 GHz
WiMAX	802.16	75 Mbit/s	10-66 GHz
WiMAX	802.16a	75 Mbit/s	2-11 GHz
WiMAX	802.16e	75 Mbit/s	5-6 GHz
HiperLAN/2 (Europe)		54 Mbit/s	5GHz

La configuration initiale prévue sous le 802.16 était d'avoir des antennes à l'extérieur des domiciles et des antennes émettrices externes pour les fournisseurs de service opérant sur la plage de fréquence entre 10 à 66 GHz. Puisque les ondes à haute fréquence ne pénètrent pas bien les édifices, il est nécessaire de ne pas avoir d'obstruction entre les deux antennes; c'est ce qui est défini comme LOS (Line-Of-Sight)¹⁹. Une seconde configuration de type point à point « Backhaul » est réservée aux communications entre antennes émettrices lorsqu'il est nécessaire de parcourir des plus grandes distances. Par exemple, pour desservir une antenne de quartier qui retransmettra ensuite le signal aux résidents à proximité. Mais ces types d'installations sont assez dispendieuses et demandent un niveau élevé de compétences techniques.

Un amendement vint alors permettre l'utilisation de la plage de fréquence entre 2 à 11 GHz formant ainsi la norme 802.16a qui peut opérer sans nécessiter l'installation d'antennes extérieures. Cette configuration NLOS « *Non-Line-Of-Sight* » permet d'avoir des antennes réceptrices dans des appareils portables ou dans un édifice pour communiquer directement avec une centrale. Des usagers peuvent recevoir des signaux de plusieurs antennes directement. Ce sont des communications dites point à multipoints. Ce type de configuration est souvent qualifié de « *Last mile* » puisque c'est la dernière étape avant de rejoindre le client. C'est également l'opération qui est la plus onéreuse pour les entreprises.

Mais que faire si on veut se déplacer à grande vitesse tout en restant connecté? Un groupe de travail se penche présentement sur cette question avec la norme IEEE P802.16e. Celle-ci permettra la mobilité des personnes en relayant le signal entre les antennes. Cette configuration est parfois appelée MIMO « *Multiple-Input Multiple-Output* » ou « *Meshed Network* ». Les antennes pourront ainsi converser directement entre elles au lieu d'avoir à transmettre le signal de façon commuté. Cependant, ce standard ne sera complété qu'en 2007 ou 2008.

Le *WiMAX* demeure toutefois une solution de communication à large bande. Il n'est pas nécessairement une solution de rechange pour le *WiFi* mais plutôt un complément. Il n'est souvent pas toujours désirable d'avoir des données personnelles qui se propagent inutilement sur de longues distances. Les solutions *WiFi* ont l'avantage de couvrir de courtes distances et de desservir uniquement des zones plus restreintes. Il en va de même pour les ondes à très courte portée, comme *Bluetooth*, souvent utilisées pour les communications entre appareils et périphériques. Avec de multiples configurations possibles, chacun pourra adapter cette

¹⁹ Alcatel, "WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality", juin 2004, p.1, <www.alcatel.com/com/en/appcontent/apl/S0406-WiMAX-EN_tcm172-44791635.pdf>

technologie à ses besoins²⁰.

Le WiMAX se distingue également grâce au type de modulation des ondes qu'il utilise, le OFDM « *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* »²¹. Cette modulation de type FDM « *Frequency Division Multiplexing* » agit sur les fréquences. La télévision numérique et l'ADSL utilisent aussi la modulation OFDM. Cette méthode sépare un signal en plusieurs sous-signaux indépendants (ondes porteuses). Ceci permet de rapprocher et d'augmenter le nombre d'ondes porteuses dans une fréquence sans avoir d'interférences entre elles. Cette modulation permet même le chevauchement des ondes porteuses. La quantité d'information pouvant être transmise est de beaucoup augmentée. En plus de la modulation OFDM, chaque onde porteuse peut être modulée numériquement avec les algorithmes de type QPSK « *Quadrature Phase Shift Keying* », QAM-16 ou QAM-64 « *Quadrature Amplitude Modulation* »²². Ceci permet de moduler chaque porteuse individuellement et d'augmenter une fois de plus la performance. Dans les systèmes de FDM traditionnels comme la télévision ou la radio, les ondes porteuses sont bien séparées et ne se chevauchent pas.

Le OFDMA permet aussi de combiner les ondes porteuses entre elles pour former des canaux. Il est donc possible d'allouer dynamiquement à un utilisateur une largeur de bande plus importante. La bande passante tend à être toujours utilisée à son plein potentiel. L'utilisation de cette modulation est rendue plus répandue en raison du faible coût actuel des puces permettant les calculs.

1. Sécurité des communications

L'arrivée des solutions de réseaux locaux sans fil (*WLANs*) sur le marché de consommation a bouleversé le monde des réseaux informatiques. Il a été possible pour les entreprises d'installer des réseaux rapidement et facilement sans devoir passer par un fil encombrant. Du jour au lendemain, les informations voyageaient dans l'air ambiant sans pour autant s'arrêter aux limites des propriétés. Plusieurs antennes « *AP - Access Points* » livrées avec une configuration de base sans protection ont été installées dans des environnements corporatifs, diffusant des ondes à qui voulait bien les écouter. Ceci donna lieu au nouveau phénomène de « *Wardriving* » qui consiste à se déplacer en voiture avec une antenne réceptrice afin de détecter les réseaux actifs. Une des techniques les plus célèbres est celle décrivant comment fabriquer avec une boîte de « *Pringles* » une antenne qui amplifie les signaux pour épier les communications « *Wireless sniffing* » à une distance allant jusqu'à 3 Km²³.

En faisant de l'écoute passive des ondes, il est possible d'identifier l'emplacement des antennes et certaines informations fort intéressantes, comme l'échange initial de clefs d'encryption²⁴.

Les lacunes au niveau des protocoles de communication sans-fil sont bien connues, en particulier dans les premières générations de produits 802.11b fondés sous la norme WEP « *Wired*

²⁰ Intel, "Deploying License-Exempt WiMAX Solutions", 2005, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/306013.pdf>.

²¹ Intel, "Orthogonal Frequency Division Multiplexing", 2004, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303787.pdf>.

²² Intel, "Adaptive Modulation (QPSK, QAM)", 2004, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303788.pdf>.

²³ Binarywolf, "Pringles Antenna Parts", <www.binarywolf.com/249/pages/bwpringlesantenna.htm>

²⁴ Drew Fahey and Eric Smith, "Wireless Networks - Detecting/Exploiting/Securing", SANSFIRE 2002, <www.sans.org/SANSFIRE02/FaheySmith.pdf>.

Equivalent Privacy », aussi connu sous son pseudonyme « *Weak Encryption Protocol* » en raison de sa faible sécurité. Bien que cette technique soit basée sur un algorithme d'encryption fiable (RC4), la façon dont les clefs symétriques sont échangées la rend très vulnérable. Pour une clef de 128 bits, il en y a environ 9000 clefs faibles sur les 16 millions possibles. Pour annoncer ses services, une antenne envoie régulièrement des informations, comme son identifiant SSID « *Service Set Identifier* ». L'authentification se fait à l'aide des clefs symétriques partagées; lors d'une demande de connexion, l'antenne envoie une question en texte clair et le client doit envoyer une réponse encryptée avec la clef commune. Puisque la clef utilisée est toujours la même, l'encryption est facilement déchiffrable si quelqu'un observe les communications pendant quelques jours. De multiples vulnérabilités ont été documentées ainsi que des méthodes pour contourner cette sécurité. Divers outils comme « *WEPCrack* » et « *AirSnort* » sont maintenant disponibles sur Internet pour capter et briser l'encryption de type WEP.

Face à ce problème, le *Wi-Fi Alliance* a établi sa norme WPA « *Wi-Fi Protected Access* » pour proposer des solutions beaucoup plus robustes basées sur la norme IEEE 802.11i. Cette norme fonctionne à deux niveaux, l'encryption pour brouiller les données et l'authentification pour valider que la personne qui accède à ces données est la bonne.

Les deux versions, WPA et WPA2, utilisent une authentification de type IEEE 802.1X / EAP « *Extensible Authentication Protocol* » qui permet authentifier chaque utilisateur de façon indépendante, par sessions uniques et par un processus authentification mutuel. Ceci est utilisé en collaboration avec des serveurs de type AAA « *Authentication, Authorization, and Accounting* » qui contiennent les informations sur les utilisateurs qui peuvent accéder aux réseaux²⁵.

Pour ce qui est de l'encryption :

Le WPA utilise le TKIP « *Temporal Key Integrity Protocol* » basé sur l'algorithme RC4 mais avec des fonctions de rotation de clefs de diffusion, de vérification d'intégrité de messages et de hachage de clefs par paquets.

Le WPA2 utilise un type plus solide, le AES « *Advanced Encryption Standard* » avec le protocole CCMP « *Counter Mode Cipher Block Chaining-Message Authentication Code protocol* ». L'intégrité ainsi que la confidentialité sont assurés. Le *WiMAX* utilisera des standards de sécurité similaire au WPA2²⁶.

Ces nouvelles normes de sécurité sont bien importantes pour gagner la confiance des entreprises et des organismes publiques. Les gouvernements et les municipalités utilisent déjà des appareils informatisés basés sur des radiofréquences cellulaires dans leurs véhicules et dans leurs édifices. Certaines de ces communications, telle que la consultation du dossier criminel d'une personne à partir d'une voiture de police, doivent être transmises de façon sécurisée. Le *WiMAX* permettrait d'augmenter la bande passante et la richesse des informations pour ces types d'applications, tout en réduisant les coûts élevés associés aux communications cellulaires. Le *WiMAX* pourrait aussi être une bonne solution pour un réseau de relève en cas de situation d'urgence. Si des lignes de transmission venaient à être coupées, des antennes pourraient être installées rapidement pour

²⁵ Wi-Fi Alliance, "Securing Wi-Fi Wireless Networks with Today's Technologies", 6 février 2003, <www.wi-fi.org/getfile.asp?f=Whitepaper_Wi-Fi_Networks2-6-03.pdf>.

²⁶ Cisco, "Give your network users freedom and mobility without giving up network security", <www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps430/prod_brochure09186a00801f7d0b.html>.

assurer la poursuite des activités. Industrie Canada a reconnu l'importance pour les services d'urgence et de sécurité publique de continuer d'avoir des fréquences réservées. Afin de permettre à ces instances de pouvoir moderniser leurs technologies, le ministère a adopté en 2004 une politique qui réserve la bande de fréquences de 4940 à 4990 MHz aux communications des services de sécurité publique²⁷.

Un autre aspect de la sécurité qui préoccupe bien des gens est la sécurité physique des personnes soumises aux ondes électromagnétiques. *L'Organisation mondiale de la Santé* et l'organisme *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* étudient ces effets entre autres à l'aide d'études épidémiologiques et d'expériences sur les animaux²⁸. Le danger d'être soumis à des ondes qui peuvent être dommageables sur notre santé dépend beaucoup de la puissance à laquelle nous sommes exposés. La distance qui nous sépare de l'appareil qui émet les ondes est inversement proportionnelle à la puissance absorbée. Par exemple, les ondes de téléphones cellulaires qui sont d'assez faible intensité pénètrent la surface de notre peau jusqu'à une distance de 1cm mais n'ont pas vraiment d'autres effets que d'augmenter la température des tissus.

En ce qui concerne les stations émettrices, comme celles des compagnies de télécommunications, le fait d'être très près d'une antenne est clairement dommageable en raison du fort champ électromagnétique. Mais plus on s'éloigne de la base d'émission, plus le champ s'atténue. Avec l'adoption plus répandue du *WiMAX*, beaucoup d'antennes devront être installées à proximité de nos résidences, ajoutant une source additionnelle d'exposition. Les études effectuées jusqu'à maintenant n'ont pas vraiment démontré de conséquence grave à cet effet. *L'OMS* recommande pourtant de suivre de près les nouvelles découvertes scientifiques et d'être soucieux de la somme croissante d'ondes présentes dans notre environnement²⁹.

II. La réglementation

Les fréquences radio et autres spectres sont normalement règlementés par chaque pays. Au Canada, cette gestion est assurée par le ministère de l'Industrie du gouvernement canadien qui a également le rôle d'administrer les politiques et le cadre réglementaire des télécommunications. Bien que certaines fréquences soient libres d'utilisation, il n'est toutefois pas permis de les utiliser à n'importe quelle puissance. Le brouillage des ondes est une préoccupation importante pour ces organismes et même si certaines utilisations sont exemptes de licence, elles doivent respecter les normes de conformité et d'homologation. Les appareils qui fonctionnent à des fréquences règlementées doivent de leur côté être certifiés par Industrie Canada, conformément aux exigences de la Loi sur la radiocommunication et aux normes du ministère³⁰. Le processus d'homologation exige aussi que des tests d'homologation soient faits dans les laboratoires d'essai reconnus par le gouvernement³¹.

²⁷ Industry Canada, "Consultation on the band 4 940 - 4 990 MHz for Public Safety", 5 octobre 2005, <www.rabc.ottawa.on.ca/e/Files/Phuong%20Vu%20APCO-05%20on%204.9%20GHz.ppt>.

²⁸ ICNIRP, "Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 112, No. 17, décembre 2004, <<http://www.ehponline.org/members/2004/7306/7306.html>>.

²⁹ OMS, "Health Effects of Radiofrequency Fields", mai 1998, <www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/efact/efs183.html>.

³⁰ CRTC, "Loi sur les telecommunications", <www.crtc.gc.ca/frn/LEGAL/TELECOM.HTM>

³¹ Industrie Canada, "Programme sans fil", <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inceb-bhst.nsf/fr/h_tt00010f.html>.

En ce qui concerne les fréquences règlementées, l'attribution est généralement faite par enchères pour une période donnée et sur une zone géographique bien précise. Ce ne sont généralement pas des bandes de fréquences entières qui sont allouées mais des tranches de quelques MHz. Par exemple, en 1998, un nombre total de 354 licences ont été accordées pour une période de 10 ans dans le spectre d'hyperfréquence entre 24 et 38 GHz par tranches de 400 et 100 MHz dans 59 zones de service. Bien entendu, il y a une forte concurrence pour en obtenir l'utilisation exclusive. À titre indicatif, pour la zone de Montréal seulement, le prix de vente l'un bloc a été de 22 300 000 \$³².

Avec la multitude d'informations qu'il est nécessaire de répertorier, le gouvernement a mis à la disposition du public un site web transactionnel du nom de « Spectre en direct »³³. Plusieurs outils y sont intégrés afin de faire des recherches sur les fréquences utilisées, payer ses factures, effectuer des demandes de licences et certificats de radiodiffusion et obtenir des informations sur les stations cellulaires ou maritimes. Le « Tableau canadien d'attribution des bandes de fréquences » résume l'attribution des fréquences radioélectriques comprises entre 9 kHz et 275 GHz³⁴.

Plusieurs organismes au Canada œuvrent aussi dans le domaine des télécommunications.

Le *Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes (CRTC)* est une institution incontournable vu son rôle de surveillance et de réglementation. Fondé par la Loi sur le Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes, son mandat est de « surveiller tous les aspects du système canadien de radiodiffusion de même que les entreprises et les fournisseurs de services télécommunications qui sont du ressort fédéral. Les pouvoirs du *CRTC* pour régler la radiodiffusion proviennent de la Loi sur la radiodiffusion.

Pour régler les télécommunications sa source provient de deux lois, la Loi sur les télécommunications et la Loi sur Bell Canada³⁵.

Dans le domaine règlementaire, il y aussi le *Conseil canadien des normes (CCN)* crée en vertu de la Loi sur le Conseil canadien des normes³⁶ qui chapeaute le système canadien des normes, il accrédite les organisme de certification tels que l'*Association canadienne de normalisation (ACS)*³⁷.

D'autres regroupements oeuvrent à formuler des recommandations sur l'impact des normes sur les initiatives de l'industrie :

- *Conseil consultatif canadien sur les normes de télécommunications (CCCNT)*³⁸
- *Groupe d'étude sur le cadre règlementaire des télécommunications*
- *Conseil consultatif canadien de la radio (CCCR)*³⁹

³² Industrie Canada, "Résumé par bloc de licence-Enchère de 24 et 38 GHz", 2005, <<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/fr/sf01983f.html>>.

³³ Industrie Canada, "Spectre en direct", <<http://sd.ic.gc.ca/frndoc/main.jsp>>.

³⁴ Industrie Canada, "Attribution des fréquences radioélectriques au Canada", <[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwajp/spectallocation.pdf/\\$FILE/spectallocation.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwajp/spectallocation.pdf/$FILE/spectallocation.pdf)>.

³⁵ CRTC, <www.crtc.gc.ca>.

³⁶ CCN, <www.scc.ca/Asset/iu_files/LoisurleCCN_fr.pdf>

³⁷ ACS, <www.csa.ca>

³⁸ CCCNT, <www.isacc.ca>

³⁹ CCR, <www.rabc.ottawa.on.ca/f/index.cfm>

- *Association canadienne de la technologie de l'information (ACTI)*⁴⁰

Sur un plan plus technique et scientifique:

Le *Centre de recherches sur les communications Canada (CRC)* réalise de la recherche et développement dans l'optique de faire des transferts technologiques vers l'industrie et pour aider à mieux définir les politiques gouvernementales. Un de ses axes de recherches concerne l'accès à large bande en régions rurales et éloignées⁴¹.

Le *Centre de la sécurité des télécommunications (CST)* a un rôle plus technique et opérationnel de protection des infrastructures d'information du gouvernement fédéral ainsi que bien d'autres activités⁴².

Pour en revenir à la technologie *WiMAX*, bien que la plage de fréquence possible soit assez vaste, la disponibilité des spectres réglementés ou non est limitée. Les fabricants et partenaires de l'industrie envisagent trois bandes de fréquences : 2.5 GHz, 3.5Ghz et le 5Ghz. Des tranches variant de 1.5 MHz à 20 MHz sont habituellement distribuées⁴³.

La bande non-réglémentée des 5 GHz semble être celle qui sera la plus convoitée puisqu'il n'est pas nécessaire d'obtenir une licence d'utilisation et la puissance d'émission permise est plus élevée. De plus, selon la réglementation de chaque pays, si la puissance d'émission des signaux est bien contrôlée, il n'est pas nécessaire d'obtenir un permis d'opération. En évitant de passer par un processus d'acquisition de licence qui peut s'étendre généralement sur plusieurs mois, le temps de mise en marché est accéléré. Dans plusieurs pays, le choix des plages disponibles est également plus grand, allant de 300 Mhz à 600 Mhz.

Que la fréquence soit réglementée ou non, les fabricants doivent s'assurer que leurs produits ne créent pas d'interférences, aussi connues sous le terme « *brouillage* ». Dans certaines situations, *Industrie Canada* est le ministère responsable de résoudre ces types de problèmes. Dans le passé, *Industrie Canada* faisait des enquêtes pour déceler les sources de brouillage, mais ce service n'est plus offert. Par contre, les plaintes de brouillage qui leur sont déposées sont évaluées selon la gravité et les répercussions sur la population en général. Quand le brouillage affecte les systèmes de navigation aérienne par exemple, des organismes tel que *NAV Canada* peuvent également intervenir pour aider à préciser le conflit⁴⁴. Le gouvernement peut intervenir à différents niveaux allant de simples recommandations jusqu'au retrait des licences d'opération.

III. Les initiatives gouvernementales

Le Canada possède le deuxième plus grand territoire au monde après la Russie, avec une superficie de 9 984 670 kilomètres carrés. En 2001, la population était de 30 007 094 habitants, dont 79,4 % vivaient dans un centre urbain de 10 000 personnes ou plus. Au Nunavut, il y a 26 000 habitants répartis en 28 collectivités éparpillées sur un territoire de deux millions de

⁴⁰ ACTI <www.itac.ca>

⁴¹ CRC, <www.crc.ca>.

⁴² CST, <www.cse-cst.gc.ca>.

⁴³ INTEL, "Deploying License-Exempt WiMAX Solutions", 2005, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/306013.pdf>.

⁴⁴ NAV Canada, <www.navcanada.ca>.

kilomètres carrés. L'étendue du territoire et la dispersion de la population est une contrainte importante quand vient le temps de livrer des services à ces communautés⁴⁵.

Selon certaines données démographiques d'*Industrie Canada*, plusieurs villes n'ont toujours pas de connexion à large bande même si elles sont dans une région très densément peuplée comme celle Montérégie⁴⁶. Pour des régions telles que la Côte-Nord, le besoin pour une meilleure connectivité est d'autant plus important⁴⁷.

Le gouvernement canadien considère que les services de télécommunications constituent un service essentiel pour la population. Non seulement s'est-il engagé à mettre à la disposition de toutes les collectivités l'accès Internet à haute capacité mais cette volonté est également inscrite dans la Loi sur les télécommunications et la Loi sur la radiodiffusion⁴⁸. La Politique canadienne vise entre autres à favoriser le développement des télécommunications pour renforcer la structure culturelle, politique, sociale et économique; permettre l'accès dans toutes les régions à des services sûrs, abordables et de qualité; satisfaire les exigences économiques et sociales des usagers. Le *WiMAX* et autres technologies à large bande sans fils ouvrent une voie intéressante pour relever les défis de l'accessibilité à ces services.

Le gouvernement a mis sur pied deux grands projets visant à mieux desservir les régions rurales, les collectivités autochtones et nordiques :

Le Programme pilote de services à large bande pour le développement rural et du Nord : Ce programme vise à aider les collectivités qui n'ont pas accès à des services à large bande à premièrement élaborer un plan d'affaires et deuxièmement financer la mise en œuvre⁴⁹.

L'initiative nationale de satellite: Cette initiative vise à fournir une capacité satellitaire à prix abordable pour le déploiement de services à large bande aux collectivités dans le Grand Nord et dans les régions isolées et éloignées où la technologie des communications par satellite constitue la seule solution pratique⁵⁰.

En mars 2005, le *ministre des Affaires indiennes et du Nord canadien*, Andy Scott et Karetak-Lindell, députée du Nunavut, ont octroyé une subvention de 551 569 \$ pour deux projets visant la mise en place de services à large bande au Nunavut⁵¹. Le *Qiniq network* a implanté un système de la même famille que le *WiMAX*. Une station recevant des ondes par satellite retransmet le signal par antenne à 2.5 Ghz directement aux abonnés. Ces derniers n'ont qu'à installer un modem sans fil de *NextNet* à l'intérieur de leur domicile pour avoir accès à un lien Internet et à la téléphonie IP. L'offre de service commence à 60\$/mois pour un lien à 256 Kbps.

⁴⁵ Ressources naturelles Canada, "Répartition de la population, 2001", <<http://atlas.gc.ca/site/francais/maps/peopleandsociety/population/population2001/distribution2001/1>>.

⁴⁶ Industrie Canada, "Données démographiques, Montérégie", <www.broadband.gc.ca/maps/images/2435.jpg>.

⁴⁷ Industrie Canada, "Données démographiques, Côte-Nord", <www.broadband.gc.ca/maps/images/2480.jpg>.

⁴⁸ CRTC, "Lois et Règlements", <www.crtc.gc.ca/frn/statutes.htm>.

⁴⁹ Industrie Canada, "Le Programme pilote sur les services à large bande pour le développement rural et du Nord", <www.broadband.gc.ca/pub/program/bbindex.html>.

⁵⁰ Industrie Canada, "Initiative nationale de satellite", <www.broadband.gc.ca/pub/program/insi/index.html>.

⁵¹ Affaires indiennes et du Nord Canada, "Le gouvernement du Canada effectue un investissement stratégique dans la mise en place d'un service à large bande au Nunavut", 18 mars 2005, <www.ainc-inac.gc.ca/nr/prs/j-a2005/2-02607_f.html>.

Le modem peut recevoir des ondes jusqu'à une distance de 30Km de la centrale. *Qiniq network* dessert 25 communautés et environ 29,000 personnes sur tout le territoire du Nunavut⁵².

Industrie Canada explore cinq domaines où il est possible d'avoir des retombés économiques: les entreprises, l'éducation, la gestion municipale, le développement communautaire et l'agriculture. Les habitants des régions rurales se sentent souvent bien isolés du reste des grands centres urbains. La possibilité d'avoir accès à des réseaux à large bande permet également d'utiliser de nouvelles technologies. Des applications comme la vidéoconférence sont fortement limitées par la bande passante disponible. Avec des coûts de transport très élevés, la téléconférence permet des activités comme l'apprentissage à distance, la télé médecine, la téléphonie Internet et la rencontre avec des partenaires d'affaires dans de nouveaux marchés. Pour les municipalités, l'utilisation des nouvelles technologies représente des économies monétaires et des bénéfices non tangibles appréciables, telle que la satisfaction des résidents vis-à-vis des services municipaux⁵³.

La ville de Tillsonburg dans le sud-ouest de l'Ontario a été le sujet d'une étude économique portant sur les bénéfices d'adopter des services à large bande. Cette étude porte surtout sur les avantages que retirent les municipalités en informatisant leur processus de gestion des services. Avec un budget de plus en plus restreint, les villes doivent trouver des moyens créatifs de rentabiliser leurs activités. En adoptant des moyens technologiques qui permettent de communiquer entre ses différents services et en implantant un centre de service téléphonique, la ville a pu retirer des avantages se chiffrant à 873 162 \$ par rapport aux coûts d'investissements initiaux. Les nouveaux contrats de sous-traitance représentent 100 000\$ et la population de la ville augmente en moyenne de 2,5 % par année⁵⁴.

IV. La convergence

Tout comme la convergence des réseaux de téléphonie et celui de l'Internet, les développements des technologies sans fils à large bande viennent une fois de plus offrir la possibilité d'unifier toute une gamme de services. Les réseaux téléphoniques étaient auparavant séparés des réseaux informatiques, chacun d'eux avait une infrastructure autonome : une prise pour le téléphone et une pour les ordinateurs. La téléphonie IP a permis de transmettre les deux signaux sur un seul réseau avec les solutions VoIP. Les réseaux de téléphones cellulaires ont aussi saisi cette opportunité pour rendre disponible l'accès à l'Internet via ces appareils portables. Des services de courriel, de clavardage, d'imagerie numérique et furetage sont aujourd'hui des services de base pour tout abonné. Certaines technologies permettent même de recevoir un courriel comportant un message téléphonique et vice versa. Les compagnies de câblodistributions sont maintenant en mesure d'offrir la téléphonie IP, l'Internet et les signaux télévisés à leurs abonnés. Les réseaux sans fils à large bande offrent ainsi la possibilité de réunir sous un même toit l'ensemble de ces commodités peu importe l'emplacement physique d'un abonné.

⁵² Qiniq network, "Broadband for Nunavut:From Vision to Reality", <www.qiniq.com/project-history.php>.

⁵³ Industrie Canada, "Large bande - Avantages", <www.broadband.gc.ca/pub/benefits/index.html>.

⁵⁴ Industrie Canada, "Ville de Tillsonburg - Étude d'incidence Économique ", janvier 2003, <www.broadband.gc.ca/pub/program/case_studies/tillsonburg/index.html?iin.lang=fr>.

L'omniprésence de cette connectivité ramène à la surface le concept de « *Ubiquitous computing* »⁵⁵. Aussi connue sous le terme de « *Pervasive computing* », cette notion représente l'intégration des technologies dans notre environnement afin de rendre nos interactions avec celle-ci plus naturelles. Nos déplacements dans cet environnement pourraient être facilités puisque ces ordinateurs seraient en mesure de détecter et réagir à notre présence. Ainsi les ordinateurs ne seraient pas plus mobiles, mais la disponibilité de ceux-ci serait plus répandue. Les appareils qui nous entourent comportent déjà beaucoup de composantes électroniques. Les appareils ménagers, les automobiles, les GPS, les RFID et détecteurs de mouvements, les thermomètres électronique et autres capteurs en sont des exemples. D'une autre perspective, ces appareils sont aussi devenus plus mobiles et plus facilement transportables. Les agendas de poche, cellulaires et ordinateurs nous accompagnent dans la vie de tous les jours.

Toutes ces possibilités peuvent nous sembler bien envoûtantes mais il y a également un risque pour le respect de notre vie privée. Entouré de ces appareils, nos déplacements et comportements sont bien identifiables. Avec un réseau sans-fil pouvant couvrir toute une ville, il est possible de s'imaginer une foule de scénarios. Imaginez que vous allez dans une boutique pour acheter une chemise d'une ample taille comportant une puce RFID en forme de filament, puis que vous vous rendez à la pharmacie pour acheter des médicaments dont l'emballage comporte une étiquette du même type. Tout au long de votre chemin votre cellulaire est allumé, soudainement vous recevez un message publicitaire sur votre agenda électronique vous offrant un abonnement au centre sportif le plus près. Peu après, vous perdez votre téléphone portable. N'ayez crainte, la compagnie de cellulaire a déjà désactivé votre appareil avant que vous n'arriviez à la maison. Cette histoire peut sembler surréaliste mais un groupe de chercheurs finlandais a développé un prototype qui enregistre, grâce à des capteurs, le profil de mouvement d'un individu. C'est ce qu'ils appellent le « *Gait code* » inspiré d'une méthode biométrique, le « *Gait analysis* », qui sert à identifier la démarche d'une personne par une caméra. Ce prototype rend possible la désactivation automatique d'un téléphone cellulaire si le comportement enregistré de l'utilisateur diffère de celui de son propriétaire⁵⁶.

Ces préoccupations sont cependant très différentes de ceux qui pourraient fortement en bénéficier. Pour les gens handicapés ou aveugles par exemple, la possibilité de se faire guider à travers la ville à l'aide d'appareils GPS serait d'une aide fort appréciée. Les avantages économiques sont aussi innombrables, les commerçants et consommateurs pourraient se servir des services de géo-localisation comme *Google Earth* pour échanger leurs services. Les services d'urgence observent attentivement la possibilité d'avoir un réseau redondant qui leur permettrait de poursuivre leurs opérations en cas de désastre.

Mais pour en arriver là, le *WiMAX* devra dans un premier lieu avoir des partenaires technologiques qui seront en mesure de produire des puces à faible coût et en quantités suffisantes pour prendre une part importante du marché. Deuxièmement, le *WiMAX* devra réussir à prendre une place imposante vis-à-vis de ses concurrents. Le géant des télécommunications *Cisco*, a déjà exprimé clairement qu'il n'avait pas l'intention de produire des appareils adhérant à la norme 802.16⁵⁷. Selon eux, l'avenir repose sur d'autres alternatives

⁵⁵ Accenture, "Ubiquitous and Mobile Computing: Accenture Technology Labs", <http://www.accenture.com/Global/Services/Accenture_Technology_Labs/UbiquitousLabs.htm>.

⁵⁶ MSNBC, "Sensors detect changes in user's walking style", 13 octobre 2005, <<http://www.msnbc.msn.com/id/9685814>>.

⁵⁷ Cisco. "Cisco Position on WiMAX and Related Technologies for Mobile Operators",

beaucoup mieux adaptées. Les ondes de type cellulaire EV-DO et HSDPA sont quant à eux beaucoup plus performantes et adaptées à des situations où la mobilité des personnes est élevée.

Conclusion

Bien que le *WiMAX* soit une solution intéressante, plusieurs autres technologies émergent également dans le domaine des réseaux à large bande. Ces technologies disposent déjà d'infrastructures bien établies et continuent d'évoluer rapidement. Dans les technologies sans-fil le G4 et le HSDPA sont en évolution⁵⁸. Pour les compagnies avec des fils, le ADSL2+ est déjà à l'essai. D'autres solutions innovatrices, comme les systèmes de communication large bande sur ligne électrique (BPL) sont aussi envisagées⁵⁹. Le *WiMAX* demeure une solution bien onéreuse à intégrer et certaines compagnies préfèrent plutôt investir dans leurs technologies actuelles. La compagnie *Nokia* qui faisait partie du *WiMAX Forum* a décidé de quitter ce consortium pour appuyer les réseaux de type 3G et *WiFi*. *Intel* de son côté continue d'appuyer le *WiMAX* en développant des puces qui seront utilisées par les divers fabricants qui ne souhaitent pas investir dans des activités de recherche et développement⁶⁰. L'élément déterminant de l'adoption d'une technologie par rapport à une autre est le coût de production des appareils. Les compagnies qui seront en mesure d'offrir les produits au plus bas prix auront une plus grosse part du marché et un plus gros pouvoir d'influence.

<http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns177/networking_solutions_white_paper0900aecd801aa448.shtml>.

⁵⁸ Kevin Fitchard, "The soul of the next generation", *Telephonyonline*, 1er janvier 2005, <http://telephonyonline.com/wireless/mag/wireless_soul_next_generation/index.html>.

⁵⁹ Industrie Canada, "Document de consultation sur les systèmes de communication large bande sur ligne électrique (BPL)", juillet 2005, <<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/fr/sf08434f.html>>.

⁶⁰ Rethink Research Associates, "Nokia leaves WiMAX Forum", *WIRELESS WATCH*, Vol.2, No 10, 6 mai 2004, p.8., <<http://wireless.fcc.gov/outreach/2004broadbandforum/comments/ReThinkResearchAssoc.pdf>>

Bibliographie

1. Wi-Fi alliance, "Get to Know the Alliance", <<http://www.wi-fi.org>>.
2. Jupitermedia Corporation, "WiFi Hotspot Directory", <<http://www.wi-fihotspotlist.com/browse/ca/2000272/1803884>>.
3. Ed Sutherland, « Wi-Fi Hardware Sales Climb », Wi-Fi Planet, 23 novembre 2004, <www.wi-fiplanet.com/news/article.php/3439801>.
4. WiMAX Forum, "WiMAX Forum™ Brand Usage", <www.wimaxforum.org/join/Governing_Documents>
5. IEEE, "IEEE 802.16 Backgrounder", 24 mai 2002, <www.ieee802.org/16/pub/backgrounder.html>.
6. Institute of Electrical and Electronics Engineers, <www.ieee.org>.
7. European Telecommunication Standards Institute, <http://www.etsi.org/etsi_radar/cooking/rub1/hiperlan2_a.htm>.
8. Soon Young Yoon, "Introduction to WiBro Technology", 10 septembre 2004, <www.itu.int/ITU-D/imt-2000/documents/Busan/Session3_Yoon.pdf>.
9. Telecommunications Technology Association, <www.tta.or.kr/English>.
10. WiMAX Forum, "Technical Information", <www.wimaxforum.org/technology>.
11. D.J. Johnston, "IEEE 802.16* WirelessMAN* Specification Accelerates Wireless Broadband Access", Intel Magazine, août 2003, p.4., <www.intel.com/technology/magazine/standards/st08031.pdf>.
12. Alcatel, "WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality", juin 2004, <www.alcatel.com/com/en/appcontent/apl/S0406-WiMAX-EN_tcm172-44791635.pdf>.
13. Vidéotron, "Haute vitesse Extrême", <<http://www.videotron.com/services/fr/internet/caracteristiques-xm.jsp>>.
14. Cisco, "The cisco position on wimax and related next-generation radio technologies for mobile operators", <www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns177/networking_solutions_white_paper0900aecd801aa448.shtml>.
15. IEEE, "Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems", 10 septembre 2001, <<http://www.tehnicom.net/clanci/pdf/802.16.2-2001.pdf>>
16. Industrie Canada, "Consultation sur les bandes de fréquences de 24 et 38 GHz", août 1998, p.4, <[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/24-38f.pdf/\\$FILE/24-38f.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/24-38f.pdf/$FILE/24-38f.pdf)>.
17. Ben Willis, "Wireless Access Technologies", 5 juillet 2005, p.5, <www.ofcom.org.uk/media/speeches/2005/07/wat.pdf>.
18. Alcatel, "WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality", juin 2004, p.1, <www.alcatel.com/com/en/appcontent/apl/S0406-WiMAX-EN_tcm172-44791635.pdf>

19. Intel, "Deploying License-Exempt WiMAX Solutions", 2005, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/306013.pdf>.
20. Intel, "Orthogonal Frequency Division Multiplexing", 2004, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303787.pdf>.
21. Intel, "Adaptive Modulation (QPSK, QAM)", 2004, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303788.pdf>
22. Binarywolf, "Pringles Antenna Parts", <www.binarywolf.com/249/pages/bwpringlesantenna.htm>
23. Drew Fahey and Eric Smith, "Wireless Networks - Detecting / Exploiting / Securing", SANSFIRE 2002, <www.sans.org/SANSFIRE02/FaheySmith.pdf>.
24. Wi-Fi Alliance, "Securing Wi-Fi Wireless Networks with Today's Technologies", 6 février 2003, <www.wi-fi.org/getfile.asp?f=Whitepaper_Wi-Fi_Networks2-6-03.pdf>.
25. Cisco, "Give your network users freedom and mobility without giving up network security", <www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps430/prod_brochure09186a00801f7d0b.html>.
26. Industrie Canada, "Consultation on the band 4 940 - 4 990 MHz for Public Safety", 5 octobre 2005, <www.rabc.ottawa.on.ca/e/Files/Phuong%20Vu%20APCO-05%20on%204.9%20GHz.ppt>.
27. ICNIRP, "Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure", Environmental Health Perspectives, Vol. 112, No. 17, décembre 2004, <<http://www.ehponline.org/members/2004/7306/7306.html>>.
28. OMS, "Health Effects of Radiofrequency Fields", mai 1998, <www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/efact/efs183.html>.
29. CRTC, "Loi sur les télécommunications", <www.crtc.gc.ca/frn/LEGAL/TELECOM.HTM>
30. Industrie Canada, "Programme sans fil", <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inceb-bhst.nsf/fr/h_tt00010f.html>.
31. Industrie Canada, "Résumé par bloc de licence-Enchère de 24 et 38 GHz", 2005, <<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/fr/sf01983f.html>>.
32. Industrie Canada, "Spectre en direct", <<http://sd.ic.gc.ca/frndoc/main.jsp>>.
33. Industrie Canada, "Attribution des fréquences radioélectriques au Canada", <[http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/spectallocation.pdf/\\$FILE/spectallocation.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/vwapj/spectallocation.pdf/$FILE/spectallocation.pdf)>.
34. CRTC, <www.crtc.gc.ca>.
35. CCN, <www.scc.ca/Asset/iu_files/LoisurleCCN_fr.pdf>
36. ACS, <www.csa.ca>
37. CCCNT, <www.isacc.ca>

38. CCR, <www.rabc.ottawa.on.ca/f/index.cfm>
39. ACTI <www.itac.ca>
40. CRC, <www.crc.ca>.
41. CST, <www.cse-cst.gc.ca>.
42. INTEL, "Deploying License-Exempt WiMAX Solutions", 2005, <www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/306013.pdf>.
43. NAV Canada , <www.navcanada.ca>.
44. Ressources naturelles Canada, "Répartition de la population, 2001", <<http://atlas.gc.ca/site/francais/maps/peopleandsociety/population/population2001/distribution2001/1>>.
45. Industrie Canada, "Données démographiques, Montérégie", <www.broadband.gc.ca/maps/images/2435.jpg>.
46. Industrie Canada, "Données démographiques, Côte-Nord", <www.broadband.gc.ca/maps/images/2480.jpg>.
47. CRTC, "Lois et Règlements", <www.crtc.gc.ca/frn/statutes.htm>.
48. Industrie Canada, "Le Programme pilote sur les services à large bande pour le développement rural et du Nord", <www.broadband.gc.ca/pub/program/bbindex.html>.
49. Industrie Canada, "Initiative nationale de satellite", <www.broadband.gc.ca/pub/program/insi/index.html>.
50. Affaires indiennes et du Nord Canada, "Le gouvernement du Canada effectue un investissement stratégique dans la mise en place d'un service à large bande au Nunavut", 18 mars 2005, <www.aicn-inac.gc.ca/nr/prs/j-a2005/2-02607_f.html>.
51. Qiniq network, "Broadband for Nunavut: From Vision to Reality", <www.qiniq.com/project-history.php>.
52. Industrie Canada, "Large bande - Avantages", <www.broadband.gc.ca/pub/benefits/index.html>.
53. Industrie Canada, "Ville de Tillsonburg - Étude d'incidence Économique ", janvier 2003, <www.broadband.gc.ca/pub/program/case_studies/tillsonburg/index.html?iin.lang=fr>.
54. Accenture, "Ubiquitous and Mobile Computing: Accenture Technology Labs", <http://www.accenture.com/Global/Services/Accenture_Technology_Labs/UbiquitousLabs.htm>.
55. MSNBC, "Sensors detect changes in user's walking style", 13 octobre 2005, <<http://www.msnbc.msn.com/id/9685814>>.
56. Cisco. "Cisco Position on WiMAX and Related Technologies for Mobile Operators", <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns177/networking_solutions_white_paper0900aecd801aa448.shtml>.
57. Kevin Fitchard, "The soul of the next generation", Telephonyonline, 1er janvier 2005, <http://telephonyonline.com/wireless/mag/wireless_soul_next_generation/index.html>.

58. Industrie Canada, "Document de consultation sur les systèmes de communication large bande sur ligne électrique (BPL)", juillet 2005, <<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/insmt-gst.nsf/fr/sf08434f.html>>.

59. Rethink Research Associates, "Nokia leaves WiMAX Forum", WIRELESS WATCH, Vol.2, No 10, 6 mai 2004, p. 8., <<http://wireless.fcc.gov/outreach/2004broadbandforum/comments/ReThinkResearchAssco.pdf>>