



Information and Communications
Technology Council

Conseil des technologies de l'information
et des communications

Développer aujourd'hui la
main-d'œuvre de demain



printemps 2007

Carte routière technologique du sans fil : 2006-2016

Définir les compétences essentielles requises afin que le Canada puisse
devenir un chef de file mondial du sans fil

par Doyletech Corporation
et D.R. Senik and Associates Inc.

TECHNO *Compétences*

Comité sectoriel de la main-d'œuvre
en technologies de l'information
et des communications

Remerciements :

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) ainsi que l'équipe de projet aimeraient souligner la participation du comité directeur de la Carte routière technologique du sans fil (CRTSF) à la réalisation de ce projet :

Neil Knudsen, président, Comité directeur du CRTSF du CTIC (Président, Meridian Networks et Président du Ottawa Wireless Cluster)

Paul Swinwood, président, Conseil des technologies de l'information et des communications

Naheed Israeli, directeur, Renseignements et Analyses sectoriels, Industrie Canada

Christian Couturier, directeur général, Institut de technologie de l'information du CNRC

Gerry Chan, vice-président Communications terrestres sans fil, Centre de recherche sur les communications Canada

Jean-Claude Gavrel, directeur, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Steve Finnagan, président, département d'électronique et électromécanique, Algonquin College

Caroline Lewko, président, Wireless Innovation Network of British Columbia

Liza Medek, conseillère en technologie industrielle, Conseil national de recherches Canada

Michel Gaudreau, directeur, Génie des services scientifiques spatiaux et mobile par satellite, Industrie Canada

Denis Potvin, dirigeant en chef des technologies, Institut international des télécommunications

Graham Taylor, vice-président des relations extérieures, Precarn Incorporated

Denzil Doyle, président, Doyletech Corporation

Cindy Pearson, vice-président, British Columbia Technology Industries Association

Kasia Majewski, directrice, affaires gouvernementales, Association canadienne des télécommunications sans fil

Kim Brooks, chef de la division des technologies, Corporate Recruiters

Doug Colley, conseiller en technologie industrielle, Conseil national de recherches Canada

Équipe de projet :



Participation pancanadienne :

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) ainsi que l'équipe de projet aimeraient souligner la participation et la contribution des organismes canadiens suivants :

Entreprises

Atria Networks
Aznavour Ventures inc.
Bell Canada
bitHeads inc.
Cast Ventures
COM DEV International ltée
CompEngServ (CES) ltée
Consult-Com Techno inc.
Corporate Recruiters
Creekstone Consulting
Dessau-Soprin Télécom
DragonWave inc.
E.D. Ducharme Consulting inc.
Electronic Arts Mobile (Canada)
Execulink.com
FanTrust
FirstHand Technologies
GAMELOFT Inc.
High-Speed FX Communications inc.
Human Resources Systems Group (HRSG)
IBM Canada
IDC Canada
Immervation Multimedia inc.
Instantel inc.
International Datacasting Corporation
Larus Technologies Corporation
LochIsle inc.
Logiciels Radio IP
Motorola Software Group
Newtrax Technologies inc.
Nortel Networks
Oz Communications
Pilato Publishing

Research In Motion (RIM)
Rogers Communications inc.
SKYSPAN Ellis Incorporated
Sierra Wireless
Spotwave Wireless
Storm Internet
Strategic Technologies
TalentMap, une division de Napa Networks inc.
Tech Incentives
Telcobridges Inc.
Telus Mobilité
Terry Thomas Consulting
Thieltech Consulting
TR Labs
VeriChip Corporation
Vinodrai & Associates
Wavesat inc.
Wi-LAN inc.

Établissements d'enseignement

Algonquin College
Cégep de Limoilou
Cégep de Sainte-Foy
HEC Montréal
McGill University
Simon Fraser University
University of British Columbia
Université de Sherbrooke
University of Waterloo

Associations et gouvernements

British Columbia Technology Industries Association (BCTIA)
Association des radios amateurs du Canada
Association canadienne des télécommunications sans fil CIMEQ
Communitech Technology Association
Centre de recherche sur les communications (CRC)
Emploi-Quebec
Ressources humaines et Développement social Canada
Industrie Canada (IC)
Association canadienne de la technologie de l'information (ACTI)
Institut international des télécommunications
Institut des télécommunications de la Capitale nationale (ITCN)
Programmes nationaux des Centres d'excellence CRSNG
Conseil national de recherches du Canada (CNRC)
Conseil national de recherches du Canada - PARI
Ottawa Wireless Cluster
Precarn Incorporated
Waterloo Institute for Health Informatics Research
Wireless Innovation Network of British Columbia (WIN BC)

Nous voulons remercier spécialement tous ceux qui ont révisé la version préliminaire du rapport CRTFS et y ont apporté des commentaires supplémentaires :

Dr Gerry Chan, vice-président, CRC

M. Mark Pecan, vice-président, RIM

M John Visser, gestionnaire principal, Normes internationales du sans fil, Nortel

Mme Kasia Majewski, directrice, affaires gouvernementales, Association canadienne des télécommunications sans fil

M Neil Knudsen, président, Meridian Networks et président du Ottawa Wireless Cluster

Table des matières

Table des figures . . . . .	.iv
Table des tableaux . . . . .	.iv
Résumé 3	
Chapitre 1 : Introduction . . . . .	.2
1.1 Mission et historique du CTIC . . . . .	.2
1.2 Les objectifs du projet . . . . .	.2
1.3 La portée et les limites du projet . . . . .	.2
1.4 Plan du rapport . . . . .	.3
Chapitre 2 : un cadre pour tracer la Carte routière technologique du sans fil . . . . .	.4
2.1 Les forces générales du marché . . . . .	.4
2.2 Les dynamiques d'une croissance générée par les technologies . . . . .	.5
2.3 Les systèmes technologiques . . . . .	.7
2.4 L'objectif des applications . . . . .	.8
Chapitre 3 : L'industrie des technologies sans fil . . . . .	.10
3.1 La première industrie mondiale des technologies sans fil : la radiodiffusion (1896-1956) . . . . .	.10
3.2 La deuxième industrie sans fil au monde : la téléphonie cellulaire, entre 1973 et 2033 . . . . .	.11
Chapitre 4 : Les réalités du marché dans la partie ultérieure de la période de croissance . . . . .	.16
4.1 Réglementation (politique) . . . . .	.16
4.2 Technologie . . . . .	.17
4.3 Économie . . . . .	.18
4.4 Social . . . . .	.20
4.5 Environnement . . . . .	.20
Chapitre 5 : Le contexte canadien : les trois points d'intérêt . . . . .	.21
5.1 Système de transport intelligent (STI) . . . . .	.21
5.2 Plate-forme logicielle sans fil pour l'intégration de systèmes . . . . .	.23
5.3 Plate-forme sans fil pour les jeux multi-joueurs mobiles . . . . .	.24
5.4 Résumé des exigences de pilotes de produit et des exigences de rendement . . . . .	.26
Chapitre 6 : Besoins canadiens et capacités . . . . .	.30
6.1 Facteurs socio-économiques . . . . .	.30
6.2 Le rapport entre les facteurs socio-économiques et les pilotes de produit, de marché et de technologie . . . . .	.31
6.3 Réaction aux pilotes . . . . .	.32
Chapitre 7 : La carte routière de la technologie . . . . .	.36
7.1 Contraintes majeures . . . . .	.36
7.2 La carte routière pour les STI . . . . .	.38
7.3 La carte routière pour l'intégration des systèmes . . . . .	.38
7.4 La carte routière des jeux mobiles multi-joueurs . . . . .	.38
Chapitre 8 : Dimension des habiletés : le résultat . . . . .	.42
8.1 En résumé : les exigences en matière d'habiletés . . . . .	.47
8.2 Importance relative des habiletés précises . . . . .	.48
8.3 La situation dans les secteurs d'applications . . . . .	.49
Chapitre 9 : Conclusion . . . . .	.54

9.1 Le résumé de la carte routière . . . . .	.54
9.2 Utilisation de la carte routière . . . . .	.55
9.3 Réunion de validation . . . . .	.56

Annexe 1 : Groupe de discussion technique de la CRTSF, Ottawa (le 8 novembre 2006)58
---	-----

Table des figures

Figure 1 : La métaphore de la clairière . . . . .	.4
Figure 2 : Courbe de croissance théorique . . . . .	.6
Figure 3 : Centre d'innovation durant le cycle de vie de l'industrie . . . . .	.8
Figure 4 : L'analyse des applications . . . . .	.9
Figure 5 : Le revenu des services mobiles . . . . .	.12
Figure 6 : Revenu cellulaire par abonné . . . . .	.13
Figure 7 : La spécialisation et la segmentation dans la prestation de services . . . . .	.14
Figure 8 : L'offre et la demande du spectre . . . . .	.16
Figure 9 : Coûts de transition . . . . .	.19
Figure 10 : Facteurs socio-économiques principaux et pilotes ayant un impact sur les secteurs d'application . . . . .	.31
Figure 11 : Taux des données de réseau . . . . .	.37
Figure 12 : Progrès des logiciels c. un secteur « lent » (vente au détail) . . . . .	.37
Figure 13 : La carte routière de STI . . . . .	.39
Figure 14 : La carte routière de l'intégration des systèmes . . . . .	.40
Figure 15 : La carte routière des jeux mobiles multi-joueurs . . . . .	.41
Figure 16 : le Modèle « T » des habiletés de travail . . . . .	.42

Table des tableaux

Tableau 1 : Pilotes de produits pour les STI (c.-à-d., fonctions de produits exigées par le marché) . . . . .	.27
Tableau 2 : Pilotes de produits pour les SI (c.-à-d., fonctions du produit exigées par le marché) . . . . .	.28
Tableau 3 : Pilotes de produits pour un SGM (c.-à-d., fonctions de produit exigées par le marché) . . . . .	.29
Tableau 4 : Groupes de discussion régionaux . . . . .	.42
Tableau 5 : Habiletés fondamentales requises – Ingénierie de dispositifs à FR . . . . .	.43
Tableau 6 : Habiletés fondamentales requises – Ingénierie de systèmes à FR . . . . .	.44
Tableau 7 : Habiletés fondamentales requises – Réseaux de capteurs de FR . . . . .	.45
Tableau 8 : Habiletés fondamentales requises – Génie logiciel . . . . .	.46
Tableau 9 : Habiletés fondamentales requises – Habiletés de soutien . . . . .	.47
Tableau 10 : Applications sans fil mondiales en contexte . . . . .	.54

Résumé

La technologie fait ressortir les compétences en créant de nouvelles industries, allant des semi-conducteurs aux logiciels, ainsi qu'en remodelant d'autres industries établies depuis longtemps comme les services bancaires et le commerce de détail. En fait, *la technologie, c'est l'économie; le secteur prédominant et l'organisation du travail.*

Les natures très étroitement entrelacées de la technologie et de l'économie sont au cœur même de la présente Carte routière technologique du sans fil du Conseil des technologies de l'information et des communications puisque la technologie représente, à elle seule, plus de 80 pour cent de la croissance économique. Ce rapport constitue un effort novateur visant à appliquer certains des plus récents résultats de recherches pour établir un modèle du processus d'évolution des technologies. L'objectif est d'appliquer ce modèle pour mieux comprendre les compétences nécessaires à la réussite dans ce nouvel environnement sans fil qui se dévoilera au cours des dix prochaines années.

Les cartes routières traditionnelles étaient axées sur la technologie. La International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) en est un exemple classique. Ses prévisions sur les tendances en matière de technologies guident les efforts de l'industrie pour relever les défis cruciaux de la performance des circuits intégrés.

La carte routière que vous tenez entre vos mains est cependant différente puisqu'elle examine la technologie dans un contexte plus large que celui de ses applications. Ainsi, alors que la technologie représente une influence importante sur les changements, son impact est modéré, et sans doute contraint, par les différentes forces sociales, politiques et économiques. Un exemple est en la réglementation la plus immédiate, un héritage des ères précédentes de radiodiffusion, qui, au détriment des besoins des nouveaux spectres, favorise toujours les besoins de ceux qui sont établis depuis longtemps. Ou les investissements dans les technologies de réseaux avancées, des technologies contraintes par les répercussions négatives sur les bilans de grandes entreprises publiques offrant des services de téléphonie cellulaire sans fil. Ou encore l'évolution relativement lente de l'ingénierie des logiciels, un facteur central dans l'offre de fonctions avancées qui sont de plus en plus attendues dans les applications sans fil.

Pour comprendre l'étendue des développements technologiques, nous nous sommes fiés à des données internationales. La technologie sans fil est une industrie mondiale dans laquelle le Canada n'occupe qu'une faible part de la production. Cependant, les applications sans fil visées par la présente étude ont été sélectionnées par le comité directeur selon leur importance stratégique et leur contribution à la croissance du PIB du Canada, ainsi qu'en fonction des capacités nationales à faire face à la concurrence. Une série

de groupes régionaux de réflexion auxquels participaient plus de cent intervenants venant de différents secteurs de l'industrie, d'établissements postsecondaires et de gouvernements se sont penchés sur les applications choisies et les ont examinées en détail afin de comprendre les réalités pratiques à l'œuvre derrière les technologies sans fil et les compétences nécessaires pour en exploiter les progrès constants.

Ces compétences sont beaucoup plus vastes que celles qui sont normalement liées aux technologies sans fil. L'ingénierie des logiciels, tout particulièrement, est un thème puissant qui touche les applications sélectionnées des systèmes de transport intelligents, les systèmes d'intégration sans fil et les jeux mobiles multi-joueurs. En effet, ces logiciels jouent un rôle important dans plusieurs développements clés des technologies sans fil. L'entrepreneuriat et les communications sont deux autres compétences importantes – ce qui reflète de profonds changements structurels découlant de la mondialisation, notamment la prédominance des PME¹ dans l'industrie canadienne des TIC ainsi que l'intégration croissante de plus grands joueurs dans des réseaux multinationaux.

L'industrie mondiale des technologies sans fil, dominée par la téléphonie cellulaire – un secteur valant un demi-billion \$ US – est entrée dans une longue période de croissance à un seul chiffre où l'accent sera mis sur l'innovation à l'égard des processus plutôt que des produits, et sur le recours accru aux intrants comme le logiciel pour optimiser la création de valeur. Ceci s'ajoute au rôle grandissant qu'ont la commercialisation et la distribution comme vedettes de la chaîne de valeur, contrairement à la technologie qui n'y joue qu'un rôle secondaire. Cet état de fait présente des défis pour les compétences canadiennes traditionnellement fortes en sciences et technologie et en recherche et développement, mais plus faibles en commercialisation, qui devront désormais répondre aux exigences dans les secteurs de l'évolution mondiale des technologies sans fil – des secteurs qui seront au premier plan de l'évolution globale de ces technologies au cours des vingt prochaines années.

Le modèle de carte routière technologique, ainsi que les exigences de compétences qu'il présente en détail, offrent un cadre complet qui aidera à façonner le plan stratégique servant à prévoir les besoins en matière de compétences dans l'industrie des technologies sans fil. Le travail à cet égard est déjà entrepris puisque le CTIC convoqué prévu une rencontre le 15 mai 2007 entre les différents intervenants. C'est à ce moment que le modèle de carte routière a été validé, que les compétences centrales permettant de répondre au défi ont été établies et que se sont tenu les premières discussions entourant les mesures à prendre. Une réponse canadienne efficace se prépare.

¹ Petites et moyennes entreprises.

Chapitre 1 : Introduction

Cette section résume les plus importants éléments ayant façonné la première carte routière des technologies pour le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). En conclusion, elle présente un résumé des grandes sections de ce document.

1.1 Mission et historique du CTIC

C'est pendant la décennie 1990 que le gouvernement fédéral a créé un Conseil des ressources humaines en réponse aux besoins de compétences nécessaires dans les grands secteurs de l'économie canadienne. Ces organismes sans but lucratif visent à catalyser les gestes de collaboration posés par les entreprises, les travailleurs, les établissements d'enseignement ainsi que par le gouvernement afin d'aider les Canadiens à acquérir les compétences et connaissances requis sur les lieux de travail. Le CTIC, fondé en 1992, sous le nom du Conseil des ressources humaines du logiciel (CRHL), se concentrait à l'origine sur le secteur des logiciels.

En 2006, la mission du CTIC s'est élargie afin de répondre aux besoins en matière « d'équipement » et des secteurs des technologies émergentes. L'équipement comprend la partie transformation du secteur des Technologies de l'information et des communications (TIC) du Canada alors que les technologies émergentes comprennent les nouveaux domaines tels la nanotechnologie et l'informatique quantique qui remodeleront les produits et services du TIC.

L'ensemble du secteur des TIC génère à lui seul 60,6 milliards \$ du PIB, soit environ 5,6 pour cent du PIB du Canada en 2005. Le secteur de transformation des TIC (équipement) représente environ 12,2 milliards \$ du PIB. En 2004, on retrouvait 104 000 travailleurs dans ce domaine dont près de 80 pour cent devaient posséder des compétences techniques pour exécuter leur travail.

L'équipement est un secteur qui évolue rapidement et qui repose sur une plate-forme technologique de systèmes électroniques. Il va des téléphones cellulaires et des ordinateurs aux radars contrôlant le trafic aérien et aux numériseurs IRM².

Afin d'aider à guider son expansion et à couvrir tant l'équipement que les logiciels, le CTIC a convoqué une conférence nationale des dirigeants de l'industrie, de l'éducation et du gouvernement. La « Technology Vision Conference » du CTIC, tenue en mars 2006, visait à obtenir

un consensus sur une courte liste de technologies essentielles pour qu'ainsi le Canada puisse demeurer concurrentiel dans le secteur des TIC au niveau international. Plus de soixante participants ont révisé les développements dans sept domaines importants ayant un impact sur la plate-forme technologique des systèmes électroniques : les microélectroniques, les MEMS³, les logiciels et systèmes, les réseaux de capteurs, les technologies sans fil, les systèmes photoniques, la nanotechnologie et l'informatique quantique.

Les technologies sans fil ont ensuite été sélectionnées comme objet de la première carte routière technologique du CTIC, une carte conçue pour mieux comprendre la façon dont les technologies sans fil refaçonnent le milieu de travail des TIC. **Elle a pour objectif global de fournir des renseignements permettant la mise au point de politiques et de programmes pour satisfaire les exigences en matière de compétences dans le milieu de travail des TIC.**

1.2 Les objectifs du projet

Ce projet représente un effort novateur visant à combler le fossé entre les cartes routières de technologies traditionnelles, les réalités de l'impact de l'évolution des technologies sur les compétences et les connaissances qui seront nécessaires dans le milieu de travail de demain. D'une manière plus détaillée, elle pour objectif :

- de définir l'état actuel des technologies sans fil;
- d'offrir une vision des développements des technologies dans l'avenir;
- de tracer le développement de cette technologie sur le marché du travail; et
- de prévoir les exigences sur le plan des compétences afin de bénéficier des avancées en matière des technologies sans fil.

1.3 La portée et les limites du projet

Cette carte routière technologique du sans fil (CRTSF) a débuté par un survol de l'industrie⁴ qui fut effectué à l'automne 2006. Ce survol présentait un résumé de l'état actuel des technologies sans fil pour souligner, de façon générale, les plus importants développements qui allaient les façonner ainsi que leurs applications. De façon plus précise, ce résumé présentait des données et des prévisions sur la croissance d'une vingtaine d'applications sans fil d'importance⁵.

² Imagerie par résonance magnétique

³ Systèmes microélectromécaniques.

⁴ « ICTC Wireless Technology Roadmap: Industry Overview » Doyletech Corporation et D.R. Senik and Associates (novembre 2006).

⁵ Voir chapitre 9.

En fonction des recommandations d'un groupe d'experts techniques de partout au pays⁶, le comité directeur du CRTSF a sélectionné trois de ces applications pour déterminer leurs répercussions potentielles sur l'économie, leur contribution attendue sur la compétitivité internationale et sur les capacités du Canada face à la concurrence. Ces applications, détaillées au chapitre 5, sont :

- les systèmes de transport intelligents;
- une plate-forme sans fil pour l'intégration d'un système; et
- une plate-forme sans fil pour les jeux en temps réel et multi-joueurs.

Le CRTSF souligne une vision du développement des technologies essentielle à la réalisation de ces applications et à la manière dont elles se dévoileront sur le marché entre 2006 et 2016.

Le niveau de détail de cette analyse reflète les résultats de six consultations d'un jour auprès d'intervenants qui jouent un rôle dans les applications sans fil mentionnées ci-dessus. Ces résultats ont ensuite été ajoutés aux cartes routières sans fil existantes établies par de grandes entreprises, de grands organismes et les différents gouvernements. L'intégration de ce premier survol de l'industrie et des résultats des consultations au portrait d'ensemble des cartes routières du sans fil contemporaines constitue la base sur laquelle fonder les prévisions de cette étude quant aux exigences des compétences nécessaires dans le secteur des TIC Canadien.

1.4 Plan du rapport

L'analyse de la carte routière commence au chapitre 2 par un survol des concepts et modèles s'appliquant à la croissance économique engendrée par les technologies et ayant guidé les recherches et analyses. Au chapitre 3, nous appliquons ce cadre conceptuel à l'ensemble de l'industrie sans fil. L'objectif est de comprendre les facteurs importants qui ont façonné l'industrie moderne dès ses débuts, après la Seconde Guerre mondiale, jusqu'à aujourd'hui.

Le chapitre 4 souligne l'état actuel des plus importants facteurs qui continueront à façonner l'évolution mondiale de cette industrie au cours des dix prochaines années. Au chapitre 5, nous tournerons notre attention vers le Canada et les aspects clés des produits, du marché et des technologies pour les trois applications présentant un intérêt particulier pour notre industrie nationale. Ce chapitre se termine par une analyse des attributs nécessaires aux produits et les niveaux précis de performance nécessaires à la réussite dans les applications visées. À leur tour, ces exigences de performance déterminent les technologies qui façonneront les compétences des producteurs ainsi que des utilisateurs.

Le chapitre 6 examine la situation canadienne et de manière plus précise, les facteurs déterminants de l'ensemble du marché qui façonneront les applications sans fil particulièrement pertinentes pour le Canada. Elle se termine par des recommandations pour que le Canada puisse répondre d'une manière efficace à ces facteurs.

Le chapitre 7 présente la Carte routière technologique. Il souligne les stratégies à envisager pour chacune des trois applications sélectionnées, y compris les enjeux clés des ressources humaines, les facteurs externes et les indicateurs de réussite.

Les exigences de compétences résultant de cette étude sont présentées en détail au chapitre 8 alors que le neuvième et dernier chapitre résume l'ensemble des résultats de cette carte routière.

⁶ Voir annexe 1.

Chapitre 2 : un cadre pour tracer la Carte routière technologique du sans fil

Cette carte routière est conçue selon des modèles techno-économiques récents qui ont su définir de façon plus précise les processus d'une croissance économique engendrée par les technologies. Ces modèles de déploiement des technologies sans fil entre 2006 et 2016 sont basés sur les travaux de Branscomb⁷, de Freeman et de Louca⁸, de Perez⁹ et de Romer¹⁰. Cette section présente d'abord un bref aperçu des concepts clés de ces modèles, et d'autres encore, ayant été intégrés dans le cadre dans lequel nous avons tracé la CRTSF.

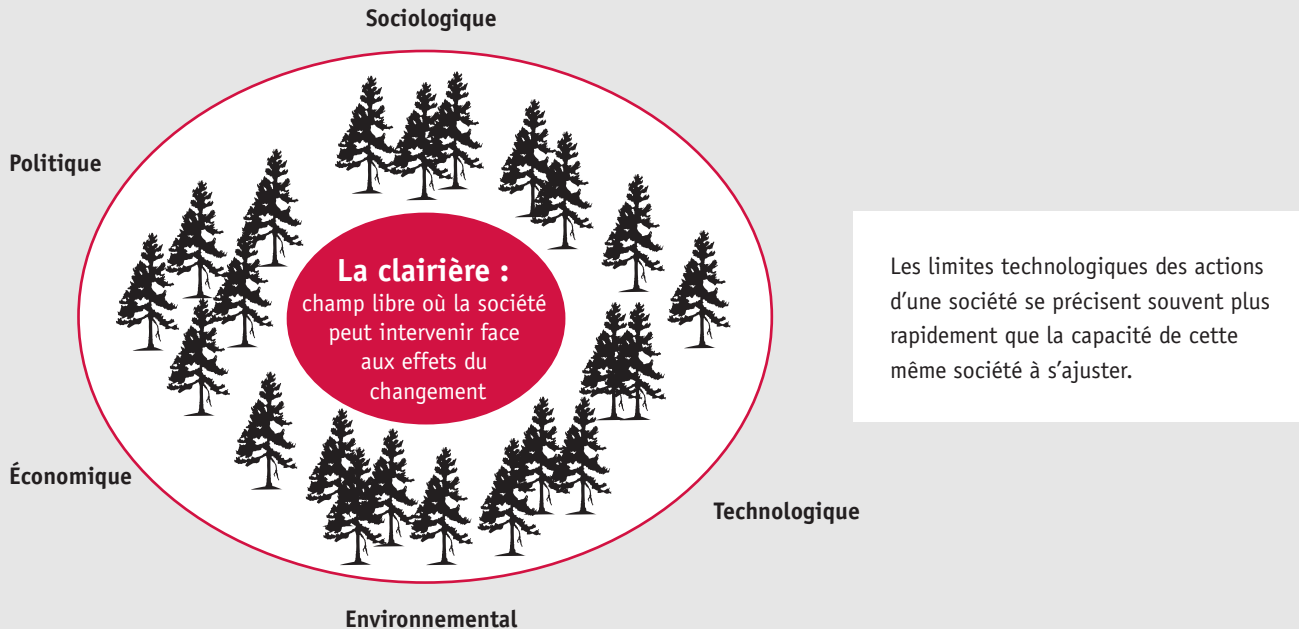
2.1 Les forces générales du marché

Alors que la technologie est un facteur déterminant du changement, l'impact industriel est modéré par l'interaction avec les forces générales du marché, dont les plus importantes sont soulignées ci-dessous. L'influence réciproque de ces forces façonne l'environnement général dans lequel se déploient les progrès technologiques qui, en bout de ligne, déterminent à nouveau les compétences requises des travailleurs de

l'industrie. Dans le contexte des technologies sans fil, cela inclut les forces :

- sociologiques : par exemple, les attentes des utilisateurs, les questions de confidentialité et de sécurité;
- politiques : par exemple, la réglementation du spectre et les lois sur la propriété intellectuelle;
- économiques : par exemple, la structure industrielle, les coûts de transition et les investissements irrécupérables;
- environnementales : par exemple, les enjeux de santé tels l'augmentation des rayonnements électromagnétiques (EM) dans les secteurs urbains, l'élimination des piles et des pièces d'équipement; et
- technologiques : par exemple, l'efficacité du spectre, la durée de vie des piles, le taux de transfert des données, la couverture, etc.

Figure 1 : La métaphore de la clairière



⁷ Branscomb, Lewis, *Where do high-tech commercial innovations come from?* Duke University (février 2004).

⁸ Freeman, Chris et Louca, Francisco, *As Time Goes By*, Oxford University Press (2002).

⁹ Perez, Carlota, *Technological Revolutions and Financial Capital*, Edward Elgar, Cheltenham, U.K. (2002).

¹⁰ Romer, Paul M. « Increasing Returns and Long-run Growth », *Journal of Political Economy*, vol. 94, numéro 5, (1986).

Les changements technologiques face aux forces générales du marché

Alors que l'analyse de cette carte routière porte précisément sur le changement technologique, la réalité est que la technologie ne fait qu'ouvrir les portes aux nouvelles possibilités. Ces possibilités sont ensuite développées dans la mesure où elles doivent se conformer aux contraintes imposées par l'environnement d'un marché en constante évolution.

La capacité de la société à incorporer les changements effectués par la technologie s'exprime dans la métaphore de la clairière dans la forêt¹¹. Ici, les arbres situés aux alentours représentent les contraintes imposées par les forces comme la réglementation, la structure industrielle et les normes sociales. Si les possibilités offertes par les avancées technologiques sont suffisamment convaincantes, alors la société, avec le temps, s'ajustera et agrandira la clairière. Les ères de grands changements technologiques, comme la révolution industrielle ou, plus tard, l'ère du rail et de la vapeur, nécessitent environ 50 à 60 ans avant de s'épanouir complètement.

Ce n'est pas qu'une simple coïncidence si le temps dont la société a besoin pour s'ajuster correspond à environ deux générations de travailleurs. C'est le temps dont le système, cadre solidement bâti selon les institutions et les pratiques de la société, a besoin pour changer, un système profondément ancré dans la culture ainsi que dans les idéologies. Les institutions, tout particulièrement, sont de puissants bastions du statu quo. Comme l'a dit un politicien américain bien averti « pour bien s'entendre, il faut suivre »¹².

La culture est un motif tissé serré autour de la vie de tous les jours, autour de ce qu'est la société. Les idéologies sont un ensemble très puissant de concepts qui exprime la façon dont devrait être la société. Le Système, quant à lui, forgé par la culture et les idéologies, change seulement avec les nouvelles générations qui, elles, viennent lentement remplacer les précédentes.

Ce cadre¹³ culturel et idéologique forme la manière dont les institutions, telles le gouvernement, les entreprises, les universités et leurs gestionnaires, pensent et agissent. Le résultat final étant que l'inclusion des technologies dans les courants dominants est réglée par les conditions et l'horaire de la société. La technologie transporte, mais c'est finalement la société qui guide. Ces concepts seront utiles pour identifier les

facteurs socio-économiques (chapitre 6) qui influenceront les produits, le marché et les facteurs technologiques qui, à leur tour, influenceront sur la direction que prendra l'industrie canadienne des technologies sans fil.

2.2 Les dynamiques d'une croissance générée par les technologies

La croissance économique générée par les technologies sera plus facile à comprendre si on la voit comme une séquence d'ères. Le moteur de ces ères de changement comprend un petit noyau de technologies qui interagissent étroitement ainsi que les industries qui se bâtissent sur ces dernières.

La révolution des technologies de l'information (TI) en est un exemple très significatif. Elle est poussée par quatre industries connexes : les ordinateurs, les semi-conducteurs, les logiciels et les télécommunications, toutes construites autour des technologies :

- microélectroniques (la conception et la fabrication de circuits intégrés);
- logicielles (ces segments d'instructions dictent aux circuits ce qu'ils doivent faire); et
- sans fil et photoniques (la génération, le contrôle et la détection de radiation EM, par ex., transmettre et recevoir des signaux).

Ce regroupement relié génère des innovations d'envergure. Il crée de nouveaux produits, tels les Blackberry, et de nouveaux services, tels la localisation par GPS. Ce qui déclenche ses ères majeures¹⁴ de changement engendrées par la technologie, ce sont les percées novatrices qui ouvrent de toutes nouvelles portes à différentes possibilités de conception et de production, ce qui embrase l'imagination des ingénieurs, des entrepreneurs et des investisseurs.

Dans la révolution des TI, la percée, réalisée en 1971, fut l'avènement du microprocesseur qui réunissait les composantes essentielles de l'ordinateur sur une seule puce. Les nouvelles possibilités créées étaient d'un tel intérêt que cette petite puce a grandi pour ensuite créer l'industrie des semi-conducteurs, une industrie ayant généré des revenus de 250 milliards US \$ en 2006. Les puces sont partout, sous le capot, dans le cœur des humains, dans les fours à micro-ondes, dans les ouvre-portes de garage, dans les appareils portatifs servant aux analyses de sang et dans les ordinateurs portables. Elles ont été un point central dans la création de nouvelles industries allant des logiciels aux téléphones

¹¹ La clairière dans la forêt, un concept inventé par le philosophe contemporain américain Herbert Dreyfus, de l'université de la Californie, Berkeley.

¹² Sam Rayburn (Démocrate du Texas), un orateur qui a longtemps occupé le poste de président de la House of Representatives

¹³ Lodge, George C. et Vogel, Ezra F., *Ideology and National Competitiveness*, Harvard Business School (1987).

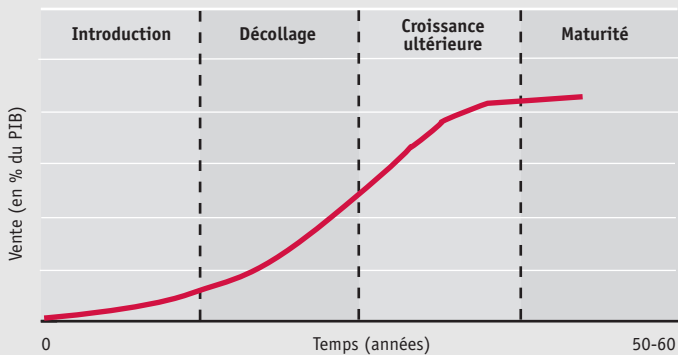
¹⁴ À l'époque contemporaine, commençant avec la révolution industrielle, les économistes ont identifié quatre ères subséquentes : la vapeur et le rail; l'électricité et la mécanique lourde; le pétrole, les voitures et la production de masse; et la révolution des technologies de l'information.

cellulaires et ont réécrit les règles des industries depuis longtemps établies, telles les banques et la vente au détail.

Les possibilités qu'offrent ces ères de changement sont si convaincantes qu'elles ont définitivement redéfini les « meilleures pratiques » d'une grande partie de l'économie. Cependant, l'impact complet de ces révolutions sur l'économie, mesuré selon un pourcentage du PIB, ne peut être évalué qu'après environ deux générations de travailleurs. Ainsi, pendant ces deux premières générations, une grande partie des efforts sera déployée pour trouver les applications les plus appropriées et mettre la technologie au point pour mieux servir les pratiques quotidiennes. *Les changements engendrés dans l'ensemble de l'économie s'appliquent autant aux états d'esprit et aux positions des institutions qu'aux progrès technologiques.*

Une longue période considérable est nécessaire pour la construction des infrastructures qui soutiendront les innovations technologiques. Ainsi, la commercialisation d'Internet, qui a joué un rôle majeur dans la révolution des TI, ne s'est faite qu'en 1995, un quart de siècle après la naissance de la puce. Le schéma de la croissance économique qui suit dans ces ères de changement ressemble à la courbe en S traditionnelle : lente au départ, suivie d'une accélération, puis d'un effet d'aplatissement à la fin de l'ère. Voici un exemple dans la figure ci-dessous :

Figure 2 : Courbe de croissance théorique



La croissance se déploie en quatre grandes phases : introduction, décollage, croissance ultérieure et maturité. Les développements majeurs de chacune de ces phases sont résumés ci-dessous.

Les dynamiques de la croissance d'une industrie

Introduction: Ce sont les pionniers qui posent les jalons, ce qui leur permet d'acquérir de l'expérience en production par une approche d'essais-erreurs. Les utilisateurs potentiels apprennent « l'utilité » de la technologie. Cette période, qui peut durer entre dix ou vingt ans, est couronnée par une percée technologique offrant un aperçu de ce qui est à venir, par exemple :

- l'aviation : le premier vol propulsé des frères Wright en 1903; et
- les ordinateurs : ENIAC en 1946.

L'apparition des nouvelles technologies suit le même processus qu'a subi le vilain petit canard. Ainsi, ENIAC, le premier ordinateur électronique et numérique nécessitait plus de 18 000 tubes à vide. Reprogrammer l'appareil signifiait carrément recâbler ses circuits logiques.

Le décollage : la technologie est mise au point pour offrir une conception associant parfaitement les fonctions et le prix, ce qui entraîne un fort pourcentage d'adoption. La croissance s'accélère à un rythme à deux chiffres, par exemple :

- le modèle T de Henry Ford en 1908 a défini la conception de base des voitures pour des décennies à venir; les moteurs à essence (plutôt qu'à vapeur ou électrique) et la propulsion arrière. Il offrait un moyen de transport à un prix abordable; et
- l'Appel II en 1977; le premier ordinateur personnel offert en format préassemblé, il a enclenché la révolution dans les ordinateurs personnels.

Croissance ultérieure : l'expansion de l'industrie chute à des taux inférieurs à 10 %. Il n'y a plus d'innovations majeures apportées au produit, elles sont plutôt remplacées par des améliorations graduelles. Les innovations dans le processus dominant. La commercialisation et la distribution sont les moteurs de la compétition alors que les regroupements d'entreprises réduisent constamment le nombre de concurrents, par exemple :

- la technologie des semi-conducteurs se concentre sur les améliorations dans la fabrication de plaquettes : chaque nouvelle génération peut comprendre deux fois plus de transistors dans un même espace, ce qui réduit le coût des puces de 40 pour cent; et
- Nortel vend sa fabrication de semi-conducteurs à ST Microelectronics en 2000, Hitachi et Mitsubishi fusionnent afin de former Renesas en 2003, Renesas, Toshiba et NEC entreprennent des pourparlers de fusion en 2006.

Maturité : les nouvelles idées dominent de plus en plus les innovations et les produits; les marchés sont hautement segmentés et les taux moyens de croissance diminuent pour se rapprocher du niveau général d'expansion économique, par exemple :

- les avions : la dynamique des fluides numériques, les commandes de vol électriques, les composites; et
- les ordinateurs : les ordinateurs de bureau, ordinateurs portables, bloc-notes, tablettes.

2.3 Les systèmes technologiques

Ce concept désigne les réalités pratiques constituant le moteur de la commercialisation des innovations. Il décrit les « ensembles » conviviaux qui intègrent sans heurts plusieurs composantes afin d'atteindre l'équilibre parfait entre les fonctions et le prix, ce qui déclenche une croissance rapide du marché et définit l'ère du décollage.

Un bon exemple de système technologique est le téléphone cellulaire. Il comprend trois éléments tangibles dont deux essentiellement invisibles, comme ils sont décrits ci-dessous :

Les éléments des systèmes technologiques : le téléphone cellulaire

L'appareil principal¹⁵ : l'émetteur-récepteur constitue le cœur des fonctions offertes par ce système technologique. Il génère et reçoit des signaux radio pour permettre la communication personnelle mobile.

L'appareil de soutien : les sous-systèmes. Ils peuvent aider l'appareil principal à jouer son rôle, par exemple l'antenne et l'alimentation ou en faciliter l'utilisation générale, par exemple l'affichage, la mémoire, les logiciels intégrés.

Les composantes et le matériel : les ressources de base à partir desquelles les sous-systèmes sont conçus, par exemple : une carte de circuits imprimés, les puces, les différents plastiques, les cristaux liquides.

Deux éléments plus ou moins invisibles représentent les infrastructures ainsi que les normes et les standards :

Infrastructure : comprend le cadre et les installations sous-jacentes qui facilitent l'installation du réseau qu'utilisent les téléphones cellulaires, les stations cellulaires et les centres de commutation centraux, par exemple.

Les normes et standards : les règles établies, pratiques et principes qui gouvernent la mise en place et le fonctionnement des systèmes technologiques. De plus, ils définissent des normes dans les relations essentielles entre les parties, ce qui améliore la performance du système dans son ensemble, par exemple, les niveaux de puissance de transmission pour les combinés, la largeur de bande des voies de transmission, le format des cellules et les protocoles d'application.

L'évolution des systèmes technologiques dans le cycle de vie de l'industrie

Au fur et à mesure que l'ère de changement avance, les capacités des systèmes technologiques évoluent au rythme des améliorations apportées dans les cinq éléments cités ci-dessus. Pendant la première moitié du cycle de vie, soit entre 50 et 60 ans, les systèmes technologiques progressent. Ils passent de la phase du vilain petit canard aux solutions pratiques bien adaptées aux précisions des applications du marché qui deviennent de plus en plus claires.

Cependant, le grand nombre de nouveaux entrants qui jouent un rôle clé dans le lancement de systèmes technologiques novateurs décline au fur et à mesure que l'industrie croît et se regroupe. L'étendue des approches de conception divergentes et les nouvelles applications que l'on tente de lancer sur le marché – deux éléments caractérisant la phase d'introduction – diminuent alors que l'industrie approche de la demi-vie. L'émergence de la conception dominante et la croissance à double chiffre du marché réduisent l'innovation des produits pour favoriser l'innovation du processus, l'accroissement du volume et la réduction des coûts. Les investissements énormes dans les infrastructures de l'industrie (par exemple 3 milliards US \$ pour une usine à la fine pointe de la technologie), l'utilisation croissante de méthodes éprouvées et les essais de conceptions (normes et standards) viennent graduellement évincer les innovations fondamentales des systèmes technologiques.

Les innovations des systèmes technologiques deviennent plus progressives et plus précises pour transformer les systèmes en commodités ne requérant aucun effort de la part de l'utilisateur. En fait :

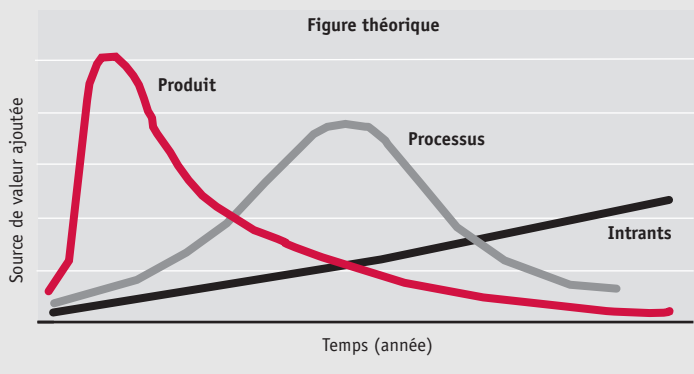
Selon une recherche menée pour nous par Booz, Allen et Hamilton, le secteur économique des innovations de haute technologie est totalement négligeable et sans valeur dans une économie de dix trillions... où, bien que l'industrie privée dépensait quelques centaines de milliards de dollars en recherche et développement, seuls 16 milliards \$ étaient consacrés à la recherche et au développement des innovations fondamentales.¹⁶

¹⁵ Un aspect clé de l'émetteur-récepteur est la technologie de filtre étroit et la synchronisation des fréquences afin de procéder à une utilisation efficace du spectre radio assigné.

¹⁶ Branscomb, Lewis *Where do high-tech commercial innovations come from?* Duke University (février 2004).

Lorsque l'ère tire à sa fin, les seuls joueurs pouvant encore exécuter des projets de recherche et de développement non conventionnels sont ceux qui ne sont pas embrassés par la camisole de force extrêmement serrée qui entoure la chaîne de valeur de l'industrie primaire. Les innovations significatives font la dernière étape de leur voyage d'un produit à un processus à un fournisseur. Ce changement de cap d'une innovation dans le cycle de vie d'une technologie est présenté à la figure 3.

Figure 3 : Centre d'innovation durant le cycle de vie de l'industrie



2.4 L'objectif des applications

Dans le contexte canadien, les conclusions de la « Technology Vision Conference » de la CTIC en mars 2006 indiquaient que :

Les applications sont les aspects qui présentent les plus grands défis en matière de commercialisation de la technologie. Comprendre le marché et la valeur ajoutée créée par la technologie est essentiel au succès.

La « Technology Vision Conference » de la CTIC en 2006

C'est pour cette raison que notre cadre de la carte routière est conçu en fonction des applications futures. Elles constituent le point de départ à partir duquel nous devons définir le chemin critique reliant le présent aux résultats voulus pour l'avenir. Une partie intégrante de notre approche exigeait donc de concentrer l'analyse de la carte routière sur les trois applications importantes pour l'industrie canadienne des technologies sans fil :

L'objectif de la carte routière : **trois applications**

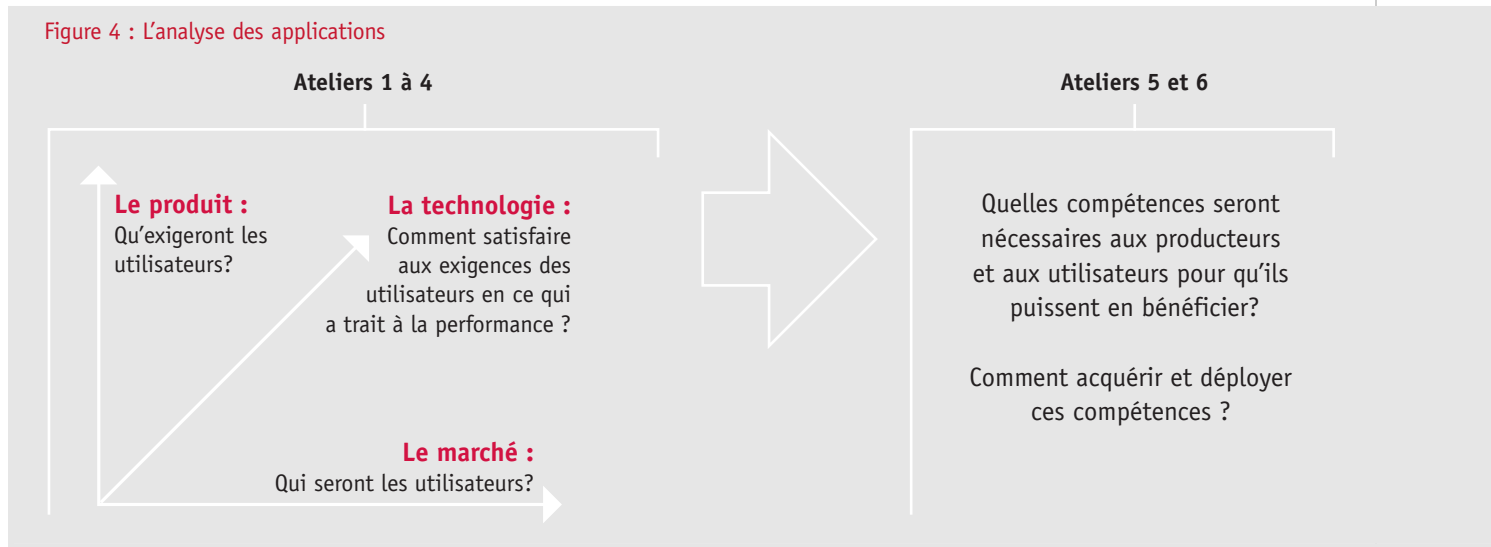
- Les systèmes de transport intelligents
- Une plate-forme sans fil pour l'intégration des systèmes
- Une plate-forme sans fil pour les jeux en temps réel et multi-joueurs

Ces trois applications futures ont servi de *véhicules d'exploration* pour une série de groupes de discussion comprenant plus de 100 participants provenant de différents gouvernements, industries et établissements postsecondaires. L'objectif était de mieux comprendre ces applications ainsi que l'élaboration requise pour leur mise en œuvre. Les séances de discussion traitaient de quatre questions essentielles à la compréhension du déploiement de ces applications au cours des prochaines décennies (voir la figure 4 ci-dessous) :

- *Le marché* : Qui seront les utilisateurs?
- *Le produit* : Que sera cet « ensemble » que recevront les utilisateurs?
- *La technologie* : Comment atteindre la performance nécessaire du produit?
- *Les compétences* : Lesquelles seront requises pour créer et utiliser ces produits?

L'objectif général des groupes de discussion et leur rôle dans l'atteinte des objectifs de la carte routière sont illustrés ci-dessous :

Figure 4 : L'analyse des applications



Les groupes de discussions ont été guidés par les résultats de nos recherches sur les technologies sans fil. Nous nous sommes tout particulièrement penchés sur le cadre général des forces du marché et les tendances de croissance de l'industrie qui caractérisent les ères de changements engendrés par la technologie :

1. *Forces générales du marché* : parmi les grandes tendances sociales, politiques, technologiques, économiques et environnementales qui imposent des contraintes avec lesquelles les trois applications sélectionnées devront composer, lesquelles sont les plus importantes?
2. *Les dynamiques d'une croissance engendrée par la technologie* : où se trouve l'industrie des technologies sans fil dans le cycle du développement technologique? Quel en sera l'impact sur le développement dans la prochaine décennie?

3. *Les systèmes technologiques* : sur le plan de la performance requise des sous-systèmes, des appareils, des composantes, et dans les normes et infrastructures sur laquelle la performance du système repose, quelles sont les plus importantes lacunes? Quels sont les niveaux actuels de performance et leur rythme d'amélioration afin qu'ils répondent aux besoins clés du marché en matière d'applications d'intérêt particulier?

Répondre à ces questions constituait le point de départ de l'analyse qui souligne la façon dont la Carte routière technologique du sans fil du CTIC a été tracée (chapitre 7). Cette analyse est le sujet du prochain chapitre.

Chapitre 3 : L'industrie des technologies sans fil

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse du cadre qui a guidé nos recherches visant à comprendre comment les applications sans fil qui sont d'un intérêt particulier pour le Canada peuvent évoluer entre 2006 et 2016.

Nous commençons par une analyse de la première industrie générale des technologies sans fil : du télégraphe sans fil de Marconi dans les années 1890 jusqu'à la construction de réseaux nationaux de radiodiffusion dans les années 1920 et 1930.

3.1 La première industrie mondiale des technologies sans fil : la radiodiffusion (1896-1956)

Les dynamiques de la croissance des technologies sans fil

Depuis son émergence à la fin du 19^e siècle, la technologie sans fil a créé non seulement une, mais deux industries majeures. La première fut l'industrie de la radiodiffusion, soulignée ci-dessous. La deuxième fut la téléphonie cellulaire sans fil dont le déploiement se poursuit depuis ses débuts après la deuxième Guerre mondiale. Les quatre phases de croissance de l'industrie de la radiodiffusion sont présentées dans le tableau ci-dessous :

L'Industrie de la radiodiffusion : de 1896 à 1956

La période d'introduction, entre 1896 et 1906 :

- 1896 : Marconi procède à la démonstration du sans fil devant le British Patent Office.
- 1900 : fondation de la Marconi International Marine Communication qui offre des services radio navire-terre.
- 1901 : Marconi transmet une première liaison transatlantique. Il obtient une reconnaissance mondiale.
- 1903 : Poulsen met au point un transmetteur qui génère des ondes radio continues.
- 1905 : Marconi invente l'antenne directive.

Période de décollage, entre 1906 et 1929, la radio apprend à parler, le monde apprend à écouter :

- 1906 : Fessenden transmet la voix ainsi que la musique, par opposition au code Morse
- 1912 : les radioamateurs se multiplient, forçant les États-Unis à réglementer et à émettre des permis pour les transmetteurs
- 1917 : Les États-Unis entre dans la Première Guerre mondiale, les forces militaires monopolisent les radios, interdisant les récepteurs et transmetteurs privés. En 1919, le gouvernement des États-Unis impose la vente des « technologies stratégiques » de la division américaine de Marconi à GE, ce qui créera RCA.

1919 : le début des transmissions de Westinghouse stimule les ventes de radios et Westinghouse établit la première station de radio des États-Unis, KDKA en 1920.

1921 : AT&T décide d'implanter un nouveau réseau de radiodiffusion national (1922). RCA et Westinghouse répondront en créant un réseau concurrent. AT&T vend à RCA, ce qui créera NBC.

1922 et 1923 : la quantité de stations fait un bon de 30 à 556. En 1928, les ventes d'équipement radio ont augmenté, elles ont passé de 60 millions \$ en 1922 à 843 millions \$ en 1928.

1928 : arrivée d'un nouveau joueur, CBS, qui lance 16 stations.

Croissance ultérieure : 1929-1945

1929 à 1939 : le divertissement gratuit et le prix des radios qui a chuté contribuent à la croissance de l'auditoire à un moment difficile pour l'économie : la Grande Dépression.

1939 : une couverture radio nationale complète, avec 1 465 stations américaines et quatre réseaux : NBC (2), CBS et le Mutual Broadcasting System.

Maturité du marché : à partir de 1945

1945 : la pénétration du marché est essentiellement complétée : 95 % des foyers possèdent une radio.

Préparer le terrain pour la téléphonie cellulaire sans fil

De nouvelles fonctions créent de nouveaux marchés. La *mobilité* a enclenché la prochaine révolution dans les technologies sans fil. En 1928, le service de police de la ville de Détroit a été un pionnier dans les communications unidirectionnelles transmises à l'intérieur même des voitures de patrouille. Puis, en 1933, ce fut l'avènement de la radio AM à émetteur et à récepteur. Ces premiers systèmes occupaient cependant presque tout le coffre arrière et la réception était difficile. Dans les années 1940, la radio FM, qui a amélioré la qualité des signaux ainsi que la résistance aux interférences, est devenue la norme pour la plupart des systèmes de police.

La percée ayant ouvert la porte aux téléphones cellulaires fut l'appareil radiotéléphonique pilote de AT&T lancé en 1946. AT&T fut la première entreprise à relier la radio mobile par le biais du système téléphonique public. Cependant, son adoption, telle que décrite par la métaphore de la clairière (voir chapitre 2), a été freinée par les forces générales du marché, ce qui a retardé de quarante ans l'avènement du téléphone cellulaire comme marché important.

Les forces générales du marché interviennent, de 1946 à 1987

Des cinq forces générales incluses dans la métaphore de la clairière (voir chapitre 2), les forces économique, politique et technologique ont été en grande partie responsables de la période d'inactivité relative à la commercialisation des téléphones cellulaires qui aura duré quarante ans :

— **Économique** : c'est plus précisément la structure de l'industrie qui fut la raison la plus immédiate pour laquelle, en 1946, AT&T fut forcée de mettre au placard les résultats du pilote du téléphone cellulaire. Le monopole lucratif qu'AT&T exerçait sur les lignes n'offrait aucun incitatif pour que l'entreprise n'assume les coûts de construction d'un réseau sans fil. Le monopole de AT&T découlait directement de la réglementation qui était déjà, et depuis longtemps, établie pour le marché de la téléphonie.

— **Politique** : sous forme de réglementation du spectre, ce fut le plus grand obstacle à la réalisation des téléphones cellulaires. Cela commença de façon plus sérieuse avec la création de la Commission fédérale des communications (FCC) en 1934, qui faisait partie du « New Deal » de M. Roosevelt. La réglementation voulait utiliser le spectre radio, perçu comme une ressource naturelle restreinte, dans l'intérêt public général (par exemple, la radio-diffusion, les services d'urgences, les organismes gouvernementaux, etc.). L'utilisation privée, comme les communications radio bilatérales, était perçue comme une mauvaise utilisation des ressources.

Au bout du compte, c'est la disponibilité du spectre par rapport aux nouvelles applications qui en a souffert. Ainsi, en 1947, les fréquences attribuées aux téléphones cellulaires ne pouvaient soutenir simultanément que 23 appels par cellule. En fait, le concept même des téléphones cellulaires était une conséquence directe du manque de spectre. Dans les années 1940, les chercheurs ont compris que le spectre radio limité attribué au service de téléphonie mobile pouvait être « recyclé » plusieurs fois en limitant la portée de l'émission aux petites cellules.

— **Technologique** : Alors que l'ingénierie des systèmes radio pouvait soutenir les communications personnelles bidirectionnelles, la technologie de l'appareil ne le pouvait pas. Certains éléments essentiels manquaient au système technologique qui devait soutenir de véritables téléphones cellulaires. Par exemple, les téléphones cellulaires actuels dépendent du format substantiellement réduit des puces

avancées. Les formats d'origine des téléphones cellulaires reflétaient ces aspects manquants :

- mobile (installés de façon permanente dans les voitures);
- transportable (les téléphones de mallette); et
- de poche (à l'origine, des téléphones cellulaires encombrants).

3.2 La deuxième industrie sans fil au monde : la téléphonie cellulaire, entre 1973 et 2033¹⁷

Comme il a été indiqué ci-dessus, la téléphonie cellulaire mort-née en 1946 a été bloquée par le monopole d'AT&T et privée d'une largeur de bande plus que symbolique par la FCC. Alors que la communication radio bidirectionnelle était une réalité depuis 1933, grâce aux systèmes encombrants montés sur des véhicules et nécessitant des tuyaux à vide, les radiotéléphones réellement portables et de poche ont dû attendre la venue de l'industrie des semi-conducteurs.

Les éléments des systèmes technologiques

Cette attente a duré un quart de siècle. En 1947, le transistor a révélé la promesse longtemps attendue¹⁸ des semi-conducteurs. Cependant, son volume important en raison des circuits a fait en sorte qu'elle dépendait des inventions à venir telles le circuit intégré en 1959, la technologie de fabrication des CMOS¹⁹ en 1968 et les microprocesseurs en 1971.

Malgré les besoins de l'appareil, le matériel et les technologies entourant les composantes nécessaires à la réalisation d'un système technologique de téléphonie cellulaire étaient tous en place, tout comme AT&T. Son influence se fera sentir jusqu'à sa dissolution en 1984 par le U.S. Justice Department en vertu de la loi antitrust. Les développements importants de la période d'introduction qui ont mené à la croissance explosive de la téléphonie cellulaire sans fil, qui a débuté à la fin de la décennie 1980, sont présentés dans le tableau suivant :

La téléphonie cellulaire sans fil : la période d'introduction entre 1973 et 1987

1973 : Motorola fait une démonstration publique de sa technologie de téléphonie cellulaire à New York.

¹⁷ Cette date est approximative, elle reflète le cycle de vie d'une durée d'environ soixante ans.

¹⁸ Bell Labs a entrepris des recherches entourant les semi-conducteurs dans les années 1930.

¹⁹ Semi-conducteur complémentaire fait d'oxyde métallique.

1975 : Motorola se voit attribuer le brevet pour le système de téléphone radio.

1976 : AT&T dessert à contrecœur le marché des téléphones cellulaires. Par exemple, la demande dans la ville de New York qui monte en flèche se heurte à des listes d'attente et à un piètre niveau de service.

1979 : le premier système cellulaire commercial au monde est mis en service à Tokyo.

1982 : La Commission fédérale des communications autorise finalement le service cellulaire.

1983 : Mise en service de Ameritech à Chicago.

1987 : Aux États-Unis, 1,2 million d'abonnés dépassent la capacité de transmission permise par la FCC.²⁰

Un compromis habilitant sur le plan de la réglementation a permis la *période de décollage* subséquente de croissance accélérée dans les services de téléphonie cellulaire. Au lieu d'allouer une largeur de bande additionnelle afin de répondre à la demande des services cellulaires, la FCC a accordé aux détenteurs de permis le droit d'utiliser les technologies de transmission concurrentielle (par exemple, incompatibles) dans la bande de 800 MHz. Les routes des détenteurs de permis se sont alors séparées afin qu'ils puissent mettre au point des technologies de transmission pouvant maximiser la capacité dans une largeur de bande restreinte, par exemple :

- Verizon, Sprint et Altel ont mis au point des versions de ARMC²¹;
- AT&T et Cingular ont mis au point des versions de AMRT²².

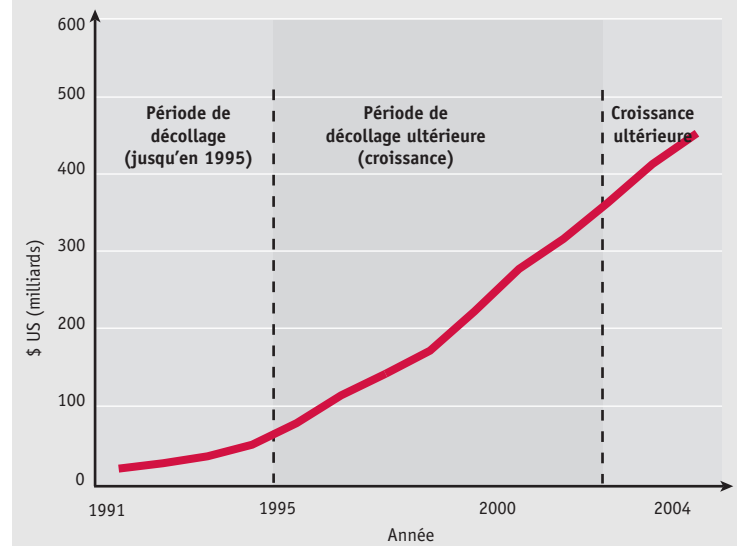
Cette façon de faire fut à l'opposé des Européens qui, dès 1982, ont formé un groupe, le Groupe Spécial Mobile (GSM), chargé de la mise au point d'un système mobile public paneuropéen devant proposer une solution à une situation indésirable dans laquelle chaque pays pouvait mettre au point son propre système, un système incompatible avec l'équipement et les opérations des autres. Ceci a entraîné la création de la norme GSM qui a vu le jour au milieu de l'année 1991. En 1993, on retrouvait 36 réseaux GSM dans 22 pays différents²³. Aujourd'hui, le GSM (Système mondial pour communication avec les mobiles) constitue la norme dans 170 pays²⁴.

« Le GSM était la première technologie qui pouvait gérer les terminaux mobiles itinérants en tant que norme mondiale. Ceci est très important puisque ce facteur, à lui seul, signifie qu'une seule technologie pouvait être largement déployée dans le monde entier, là où existe la demande de service.²⁵» Les normes sont importantes.

La période de décollage, entre 1987 et 2004

Les renseignements fournis par l'Union internationale des télécommunications permettent de voir la forme classique de la première moitié de la courbe en S dans la croissance des revenus mondiaux des services mobiles.

Figure 5 : Le revenu des services mobiles



La décision de la FCC de permettre les normes concurrentielles a grandement ravivé l'innovation du produit, un élément plus courant pendant la phase d'introduction. Comme il a été indiqué ci-dessus, l'expansion rapide à un taux à deux chiffres marque la période de décollage qui a atteint son sommet en 1995, à 56 pour cent. Comme dans toutes les ères technologiques, une expansion qui ralentit graduellement à partir de la croissance maximum indique la partie ultérieure de la période de décollage. En 2004, la croissance des ventes a glissé sous la barre des 10 %, ce qui indiquait le début de la période de croissance ultérieure de l'industrie, l'avant-dernier acte d'une ère technologique.

²⁰ Au Canada, les cellulaires ont été mis sur le marché par Cantel et les sociétés affiliées à Mobility Canada.

²¹ Accès multiple par répartition de code.

²² Accès multiple par répartition dans le temps.

²³ « A Brief Overview of GSM », John Scourias, University of Waterloo, <http://www.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html#/> (18 mai 2007)

²⁴ Eurotel www.eurotelgsm.com (1^{er} mai 2007)

²⁵ Mark Pecan, vice-président, Technologies avancées, RIM (18 mai 2007)

La section qui suit se concentre sur les développements actuels qui façonnent la période de croissance ultérieure de l'industrie.

Croissance ultérieure, entre 2004 et 2024²⁶

La technologie sans fil entre dans une période de ralentissement et de croissance constante qui verra le développement complet de ses applications pour leur permettre d'atteindre leur potentiel économique maximal, mesuré en pourcentage du PIB.

Le centre de gravité de l'industrie a pris un tournant majeur, plaçant la commercialisation et la distribution au cœur de la concurrence. La lutte pour la part de marché ne sera cependant plus déterminée par les fonctions des produits. Il n'y aura plus de grandes innovations dans les produits. *Le rôle de la technologie passe de celui de vedette à celui de soutien.*

Les innovations des produits seront de plus en plus progressives avec l'accentuation du perfectionnement des systèmes technologiques. L'objectif sera d'améliorer les applications sans fil au point où elles commenceront à se fondre dans le décor pour ainsi devenir un outil pratique qui sera tenu pour acquis, comme les véhicules, les voyages en avion et l'électricité.

En termes généraux, les activités de recherche, de développement et d'ingénierie de l'industrie se concentreront de plus en plus sur les objectifs suivants des consommateurs :

Les attributs clés des systèmes technologiques : la croissance ultérieure

Compatibilité : est-ce que cela s'adapte facilement aux applications du consommateur ?

Facilité d'emploi : est-ce que cela se rapproche suffisamment du concept « branchez et utilisez » ?

Fiabilité : les échecs doivent être peu nombreux et bien espacés.

Servabilité : l'appareil doit être facile à réparer, à remplacer et à mettre à jour. Les coûts des systèmes et leur performance devront être améliorés.

Coûts d'acquisition : ils doivent diminuer afin de garder la concurrence à une certaine distance et d'offrir de nouvelles applications.

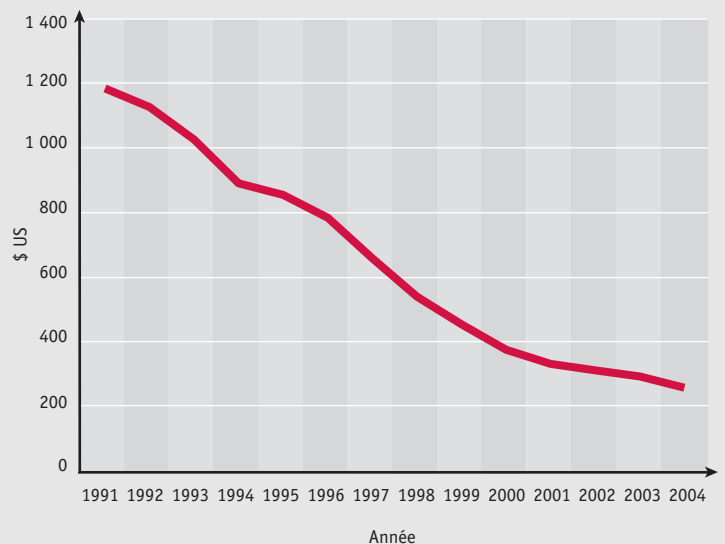
Coûts d'opération : doivent diminuer.

Fonctionnalité (performance) : doit continuellement être améliorée – une exigence « impérative ».

Puisque les fonctions de base, qui font l'affaire, sont maintenant considérées comme acquises, la question clé qui permettra de choisir entre les différents fournisseurs est le coût. Les innovations des processus deviennent impératives pour atteindre la réduction des coûts, un élément essentiel pour obtenir la part de marché dans les applications existantes et ouvrir la porte à de nouvelles. Cependant, ces nouvelles applications seront modestes par rapport au marché principal de la téléphonie cellulaire mobile. Alors qu'en 2005, ce marché représentait la moitié d'un billion de dollars, les trois prochaines applications les plus importantes, mises ensemble, ne généreront que 47 milliards \$²⁷. Ces nouvelles applications sont aussi solidement ancrées dans les réseaux se trouvant au cœur de la croissance ultérieure stable, caractéristique de la deuxième phase de croissance.

Le marché principal, la téléphonie cellulaire sans fil, démontre une pression incessante sur les coûts, un aspect central de la deuxième phase de croissance :

Figure 6 : Revenu cellulaire par abonné



Source : International Telecommunications Union.

²⁶ Cette date est approximative.

²⁷ « Mobile Entertainment, Mobile Health Care and Location-based Services », *Survol de l'industrie des cartes routières des technologies sans fil du CTIC* (1^{er} novembre 2006).

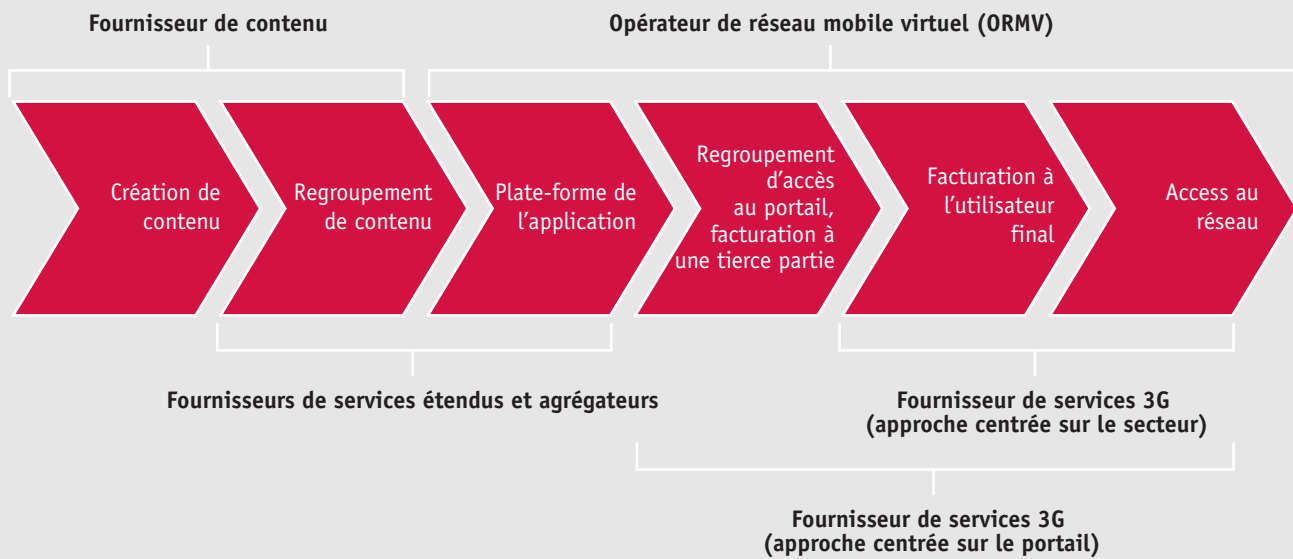
Les pressions exercées sur les coûts se traduisent en fusions et en acquisitions au fur et à mesure que l'industrie se regroupe devant le ralentissement de croissance du revenu. Ainsi, les récentes fusions d'entreprises parmi les entreprises importantes aux États-Unis et au Canada comprennent :

- En 2004, la fusion, d'une valeur de 41 milliards \$ US, de Cingular avec AT&T Wireless, ce qui a créé la plus importante entreprise de communications sans fil aux États-Unis;
- En 2005, la fusion de Verizon avec MCI, ce qui a créé la deuxième plus importante entreprise de communications sans fil avec un revenu annuel de 90 milliards \$ US;
- L'achat de Nextel par Sprint pour 35 milliards \$ US en 2005, ce qui a créé la troisième plus importante entreprise de communications sans fil aux États-Unis; et
- Au Canada : Rogers, le troisième plus important transmetteur, a acheté Microcell Telecommunications inc., le quatrième plus important, en novembre 2004. Ceci a donné lieu au plus grand transmetteur, Bell et Telus se classent au deuxième et troisième rang, respectivement.

L'écho de tous ces regroupements s'est aussi fait sentir chez les fournisseurs. Parmi les exemples de fusions de fournisseurs, notons Alcatel-Lucent et la combinaison des branches de réseaux de Nokia et de Siemens²⁸, ce qui a formé Nokia-Siemens Networks; les acquisitions comprennent la vente de l'unité UMTS Access de Nortel à Alcatel²⁹.

Une grande différence entre la période de décollage et la période ultérieure de croissance est la transformation du produit qui, dans l'œil du consommateur, passe de merveille technologique à nécessité pour survivre. C'est ce qui motive l'augmentation de la commercialisation et de la distribution du produit afin de dominer la concurrence à l'intérieur de la chaîne de valeur de l'industrie. La pression concurrentielle exercée pour créer de la valeur pour le client vient modifier la chaîne de valeur au profit de cette tâche critique. La figure suivante illustre les résultats :

Figure 7 : La spécialisation et la segmentation dans la prestation de services



²⁸ « Telecom Giants plan \$30 Billion Deal », *New York Times* (19 juin 2006).

²⁹ « Nortel Selling UMTS Wireless Access Unit to Alcatel for US\$320 Million », www.cdc.ca (1^{er} septembre 2006).

Afin de mieux répondre aux besoins des usagers des technologies sans fil, les fournisseurs ont segmenté la chaîne de la valeur de l'industrie, regroupant ainsi les activités autour de cinq centres de gravité stratégiques :

- **Création de contenu** (par exemple, CNN et Disney) : ils fournissent des renseignements et du divertissement par le biais de portails Internet mobiles;
- **Fournisseurs de services étendus** (par exemple, United Parcel Services et les banques) : ils offrent des solutions sans fil aux clients afin qu'ils puissent accéder aux bases de données, aux applications et aux intranets de l'entreprise;
- **Opérateurs de réseau mobile virtuel** (par exemple, Financial Times et Virgin) : ils utilisent la force de leur marque et de la commercialisation pour faire concurrence aux opérateurs de réseau et aux fournisseurs de contenu;
- **Fournisseurs de services centrés sur le secteur** (par exemple, Vodafone et Sprint-Nextel) : ils vendent des services de réseau sans fil de base auxquels ils ajoutent certaines caractéristiques ou certains contenus, par exemple, l'assistance routière, la composition vocale, les assurances de téléphone cellulaire, etc.; et
- **Fournisseurs de services centrés sur le portail** (par exemple, AOL et Yahoo!) : ils s'associent aux fournisseurs de services centrés sur le secteur afin de fournir un contenu et des caractéristiques, par exemple les courriels, les cotes boursières, la météo, etc.

La reconfiguration de la chaîne de valeur est un changement essentiel, passant de l'intégration verticale aux spécialistes horizontaux, qui se concentre sur les différents niveaux de cette chaîne.

Un changement identique se produit dans la partie *équipement* de l'industrie des technologies sans fil. Ici, d'autres entreprises établies depuis longtemps et intégrées verticalement, par exemple Motorola et Ericsson qui, au début, étaient uniquement axées sur la fabrication de puces et qui ont monté la chaîne de valeur pour en venir à créer des combinés et des stations de base, se sont concentrées davantage sur l'intégration des systèmes. Elles ont utilisé l'impartition pour répondre à leurs besoins en matière d'équipement et ont fait appel à des séries de spécialistes œuvrant dans ce qui est devenu des niveaux distincts de la chaîne de valeur : *les puces, les logiciels, la fabrication, la conception et la valorisation de la marque.*

Dans la nouvelle structure horizontale de l'équipement sans fil, les puces (AMD, par exemple) et les logiciels (Microsoft, par exemple) peuvent être achetés par le grand public. L'on peut faire appel aux entreprises de produits électroniques (Solectron, par exemple) ou ODM³⁰ en sous-traitance pour assurer la fabrication. De telles entreprises, par exemple HDC (Taiwan), ont conçu et construit des combinés pour des entreprises plus connues telles qu'Orange (France Telecom) qui y apposent leur propre marque. Cette pratique souligne le changement d'enjeu stratégique, qui passe de la technologie à la commercialisation.

La création du contenu connaît aussi un changement dans son centre de gravité. « Avec la venue de YouTube et d'autres méthodes de partage poste-à-poste, le volume de téléchargement a changé de façon spectaculaire. Ceci présente un défi aux prévisions antérieures qui favorisaient la conception de liaisons asymétriques montantes et descendantes. En effet, la nature de ce changement dans la création du contenu peut représenter un pour l'ensemble de la structure de la capacité des TIC à offrir aux consommateurs ce qu'ils veulent. »³¹

Maturité, entre 2023 et 2033

Les dix dernières années du cycle de vie d'une technologie de la téléphonie cellulaire sans fil verront le centre de gravité des innovations se tourner vers les fournisseurs de l'industrie. Deux candidats potentiels sont les logiciels et les microélectroniques.

Les logiciels demeurent toujours plus près d'un art « noir » que d'une vraie discipline d'ingénierie (voir chapitre 5, Une plate-forme de logiciels pour l'intégration des systèmes). Ils reposent sur une grande expérience ainsi que sur un perfectionnement pratique plutôt que sur des fondements solides basés sur des théories scientifiques appliquées par des méthodes d'ingénierie pouvant être reproduites. L'on s'attend à voir des progrès considérables dans ce domaine au cours des quinze prochaines années.

La microélectronique, qui date de 60 ans³², a déjà vu l'émergence des technologies qui lui succéderont. *L'électronique moléculaire*, basée sur la physique quantique plutôt que sur la physique classique, remplacera peu à peu la microélectronique, tout comme la microélectronique a commencé à remplacer les tubes à vide dans les années 1950. Une percée dans ce développement est le premier ordinateur quantique présenté par D-Wave, une entreprise canadienne, au début de 2007³³.

³⁰ Original Design Manufacturer : les plus importants, toutes des entreprises taiwanaises, sont BenQ, Arima et Compal.

³¹ John Visser, Ing. *Normes internationales du sans fil*, Nortel (18 mai 2007).

³² Le transistor a été inventé par Bell Labs en 1947.

³³ « Orion's Belter », *The Economist*, 15 février 2007.

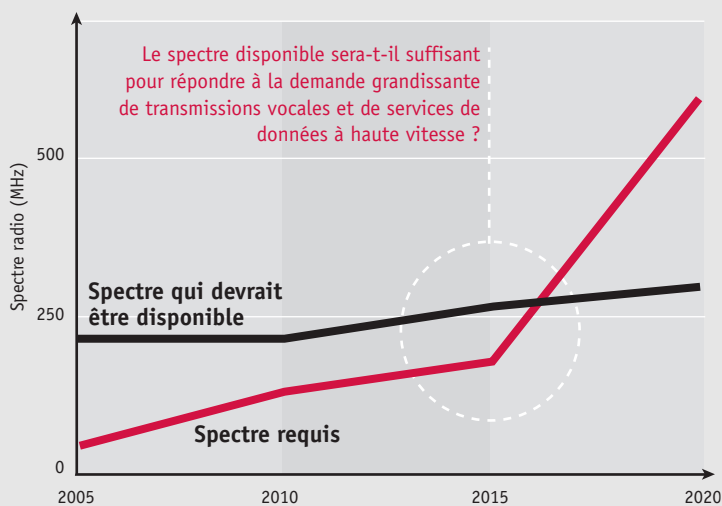
Chapitre 4 : Les réalités du marché dans la partie ultérieure de la période de croissance

Ce chapitre souligne les forces générales du marché qui joueront un rôle important dans la manière dont se déroulera la période ultérieure de croissance, de 2004 à 2024, de l'industrie mondiale des technologies sans fil.

4.1 Réglementation (politique)

Un enjeu majeur lorsqu'il est question de répondre à la demande croissante de services sans fil. Dans le système actuel, les manquements du spectre devraient survenir dans environ dix ans.

Figure 8 : L'offre et la demande du spectre³⁴



Le cœur du problème repose sur le cadre de réglementation qui, surtout, est un héritage³⁵ conçu autour de la technologie issue de la première industrie mondiale de technologie sans fil, à savoir, la transmission radio. Pendant cette ère, la seule façon d'éviter les interférences était d'accorder l'utilisation exclusive de bandes de fréquences précises. Conséquemment, le spectre radio a été perçu comme une ressource rare qui « doit être attribuée par les différents gouvernements sinon achetée ou vendue, telle une propriété. »³⁶

Depuis les années 1930, les gouvernements ont défini la meilleure utilisation des ondes. Cette approche de planification centrale qui allouait gratuitement des permis d'exclusivité dans « l'intérêt du public », de la radio et de la télévision, aux gouvernements locaux, aux services militaires et aux diffuseurs éducatifs. L'utilisation du spectre selon une approche basée sur le marché est toujours perçue comme étant nouvelle. Bien que les gouvernements de l'Amérique du Nord et de l'Europe aient commencé à vendre aux enchères leurs bandes de fréquence en 1995, une planification centrale représente toujours 98 pour cent de l'utilisation du spectre. Même aujourd'hui, les enchères détiennent seulement 2 pour cent du « spectre premier ».

Le spectre premier, un pour cent de la fréquence sous les 3 GHz, vaut plus que les autres 99 pour cent du spectre radio se trouvant entre les 3 GHz et 300 GHz. Les fréquences plus basses sont prisées puisqu'elles voyagent mieux sous la pluie et entre les arbres et pénètrent mieux les bâtiments. Cependant, près d'un siècle de réglementation a laissé en héritage l'investissement d'énormes quantités de fréquences à des fins ne les utilisant pas à leur plein potentiel alors que les nouveaux usages, qui en ont désespérément besoin, en sont privés.

« La plus grande partie du spectre se retrouve la plupart du temps vide, cela est absurde. »

Dennis Roberson, ancien ARM, Motorola³⁷

Ainsi, les diffuseurs télé contrôlent 15 pour cent du spectre premier, mais ne desservent que 11 millions de foyers aux États-Unis alors que le câble et le satellite en desservent 88 pour cent et n'utilisent pas le spectre premier. Les entreprises de téléphonie cellulaire n'ont droit qu'à la moitié du spectre pour offrir des services à 137 millions de clients. WiFi dessert 20 millions de clients uniquement grâce à la moitié du spectre alloué, mais rarement utilisé, pour distribuer des vidéos dans les écoles.

³⁴ [Source: IST-2003-507581 Winner D6.5 v1.0 Spectrum Requirements for "Further Developments of IMT-2000 and Systems Beyond IMT-2000"]

³⁵ La réglementation américaine date de la Radio Act de 1912 et de la Communications Act de 1934. Cependant, le Canada a suivi de près les pratiques américaines.

³⁶ « On the same Wavelength », *The Economist*, le 12 août 2004.

³⁷ « Dead Air », *Forbes Magazine*, le 25 novembre 2002.

La question que l'on doit se poser est : qu'arriverait-il si nous utilisions une petite quantité du bon spectre à d'autres fins ? »

Tren Griffin, Stratégiste des télécommunications, réglementation, Microsoft³⁸

Les coûts connexes à la renonciation entourant les services et technologies non offerts en raison de l'héritage de l'attribution du spectre ont été évalués, aux États-Unis en 2001, à 771 milliards \$³⁹.

En résumé, le problème des interférences radio qui ont, il y a longtemps, mené au régime réglementaire d'aujourd'hui est, en effet, d'ordre technologique. En outre, les développements dans les technologies radio rendent inutile le besoin d'une planification centrale.

4.2 Technologie

Cinq grands développements dans les technologies sans fil ont augmenté de façon significative la capacité des utilisateurs à partager le spectre :

- **Spectre étendu** : cette technique distribue le signal sur de larges bandes de fréquences. Elle découle d'une vieille technologie de radiodiffusion qui concentre le signal sur une seule fréquence. L'avantage du spectre étendu est qu'il peut fonctionner à l'intérieur de bandes de fréquences déjà attribuées à d'autres fins. Une des façons d'y arriver réside dans le fait que le signal peut rapidement « sauter » entre les fréquences inutilisées dans la bande, ce qui fait en sorte qu'il s'ajuste constamment aux bruits et aux interférences pour permettre une meilleure utilisation des fréquences disponibles. Une autre façon est de distribuer un signal à faible courant sur une bande de fréquence large, « sous-tendant » ainsi les usages existants. Les bandes ultralarges (UWB) appliquent cette approche à une très grande gamme de fréquences. « Les UWB représentent une technologie intéressante, mais il faut faire attention puisqu'elles contribuent au bruit de RF et, ce faisant, peuvent rendre une solution qui était auparavant praticable pour d'autres utilisateurs du spectre impraticable. »⁴⁰
- **Radio réalisée par logiciel** : la plupart des radios sont câblées pour ainsi transmettre et recevoir un type de signal selon une gamme de fréquences. Cependant, un microprocesseur suffisamment puissant peut utiliser des logiciels pour reconfigurer les circuits d'une puce, selon

certaines limites⁴¹, pour qu'ils puissent fonctionner à l'aide de plusieurs types de signaux et de gammes de fréquences.

- **Radio cognitive** : des logiciels puissants donnent aux systèmes sans fil la capacité de détecter et de s'adapter à un environnement EM, par exemple, en changeant les caractéristiques de transmission pour ainsi mieux utiliser le spectre radio disponible.
- **Antennes intelligentes** : ces systèmes utilisent des antennes multiples pour, à la fois, diriger les signaux dans une direction précise et sélectionner un signal précis à partir d'un bruit de fond. Les antennes intelligentes peuvent retrouver un signal individuel qui partage les mêmes fréquences.
- **Réseaux maillés** : un développement récent ayant été volontairement conçu⁴² comme une technologie de perturbation pour remplacer les réseaux commerciaux par un service gratuit, basé et appartenant au client. Ces derniers sont des réseaux aléatoires et non planifiés qui se sont formés eux-mêmes grâce à la coopération d'individus émetteurs-récepteurs. Chaque récepteur membre du réseau agit comme répéteur pour transmettre des données provenant de voisins aux alentours à des homologues situés plus loin, ce qui permet aux signaux de « sauter » à travers le réseau. Comme avec le spectre, l'avantage est que les signaux, qui n'ont que des centaines de mètres à voyager plutôt que des kilomètres, peuvent être transmis à faible puissance, ce qui permet de réutiliser le même spectre plusieurs fois.

À l'image des systèmes technologiques, la performance des technologies sans fil dépend des développements des appareils de soutien, des composantes et du matériel. Bien qu'une analyse détaillée de ces secteurs aille bien au-delà de la portée de ce document, les enjeux clés sont cités ci-dessous :

- **Les Piles** : le talon d'Achille des appareils mobiles et portatifs. Elles demeurent une importante contrainte aux utilisations actuelles des caractéristiques telles les écrans couleur. Les combinés de demain comprendront des caractéristiques encore plus énergivores comme la vidéo. Les piles seront aussi un facteur de pénétration du marché des nouvelles technologies sans fil, telles le WiMax⁴³ qui offre une plus grande vitesse de réseau aux frais d'une plus grande consommation d'énergie.

³⁸ Idem.

³⁹ « On the same Wavelength », *The Economist*, le 12 août 2004.

⁴⁰ John Visser, ing. *Normes internationales du sans fil*, Nortel (18 mai, 2007).

⁴¹ « Par exemple, une radio conçue pour, disons 3,7 GHz, ne peut être facilement adaptée à 3,5 GHz puisque cela s'éloigne trop de la meilleure performance de ses composantes RF gouvernées par les lois de la physique » John Visser, Ing. *Normes internationales du sans fil*, Nortel (18 mai 2007).

⁴² 1995, « the massive array cellular system (MACS) », un brevet canadien.

⁴³ « WhyMax? », *The Economist*, le 24 février 2007.

En résumé, « les capacités de traitement ainsi que les exigences des applications sont contraires au développement de la technologie des puces qui avance à petits pas⁴⁴.

- **Jeux de puces** : les avancées dans la technologie des semi-conducteurs ont joué un rôle important dans la création des combinés sans fil. Ils constituent un élément essentiel de la plate-forme technologique sur laquelle reposent les systèmes électroniques et leurs applications sans fil. Réduire le format des transistors a été la clé des améliorations apportées au niveau des coûts et de la performance dans les jeux de puces. Intel, le plus important fabricant de semi-conducteurs au monde, a été un chef de file dans l'avancement des technologies de puces. Ainsi, au début de 2006, la majeure partie de la production d'Intel⁴⁵ utilisait la technologie 90-nanomètre (nm)⁴⁶. À la fin de l'année, la majorité des puces d'Intel était fabriquée à l'aide d'un procédé plus avancé, soit le 65-nm. Intel prévoit aussi produire, plus tard en 2007, le premier appareil utilisant sa nouvelle technologie 45-nm⁴⁷.

Alors que la technologie de fabrication des puces aura à franchir les barrières fondamentales⁴⁸ imposées par la physique quantique au fur et à mesure que diminuera le format, ceci ne devrait pas créer une congestion en ce qui concerne les applications sans fil dans la période visée par la carte routière, soit entre 2006 et 2016.

- **Photonique** : cette technologie vise la capacité de transmission⁴⁹, une contrainte de base imposée aux systèmes électroniques. Alors que les puces rapetissent, le délai de transmission du signal électronique d'une puce à une autre et d'une puce à une carte devient un point de congestion sur le plan de la performance des systèmes. Ceci est dû au fait que le très grand nombre de transistors sur une puce entraîne une longueur d'interconnexion prolongée⁵⁰. En 2010, environ, une densité d'intégration croissante entraînera 20 km/cm² d'interconnexion⁵¹.

Par conséquent, les branchements photoniques remplacent de plus en plus les branchements électroniques dans lesquels une importante largeur de bande (bits/seconde) est requise. En effet, les approches électroniques permettant d'envoyer 10 Gb/s⁵² sur la carte mère se sont montrées, jusqu'à présent, problématiques⁵³.

- **Logiciels** : pour l'électronique, les logiciels sont de plus en plus déterminants dans la prestation des fonctions accrues attendues par les usagers. Cela est aussi vrai tant au niveau des appareils, les puces, par exemple, qu'au niveau des systèmes, comme pour les téléphones cellulaires.

Au début, les puces étaient des composantes « de base » des systèmes électroniques. Une fiche technique suffisait pour soutenir l'application dans les systèmes. Aujourd'hui, les avancées dans la technologie de fabrication ont rendu possible la réduction du format du système pour qu'ainsi, il puisse s'intégrer entièrement dans une seule puce, une technologie appelée système sur une puce. *En guise de résultat, là où il y avait auparavant une nette distinction entre la conception de la puce et des systèmes, il y a maintenant une convergence.*

Par exemple, les fabricants de puces fournissaient les logiciels plus simples et les tiers mettaient au point les systèmes d'exploitation. Une fois que le système sans fil a été mis à la disponibilité des usagers, ils ont mis au point des applications spécialisées. Cependant, l'intégration des systèmes présente un tout nouveau défi : maintenant, les logiciels partant de la puce, passant par les systèmes et allant jusqu'aux applications subséquentes, doivent fonctionner ensemble, ce qui suggère une conception conjointe du matériel et des logiciels.

4.3 Économie

L'économie posera des limites significatives à la commercialisation des technologies sans fil. Les plus importants facteurs sont soulignés ci-dessous :

- **Mondialisation** : a un impact majeur sur la structure de l'industrie et sur la capacité du Canada de développer les compétences nécessaires afin de faire face à la concurrence sur le plan international.

Le problème se trouvant au cœur de la structure repose sur le fait qu'au Canada, le secteur des TIC est fragmenté. Les PME⁵⁴ dominent : 98 pour cent des 32 000 entreprises de TIC emploient moins de 100 personnes. Les grandes entreprises intégrées verticalement qui étaient auparavant des

⁴⁴ « The Future of Wireless », Mark Pecan, vice-président, Technologies avancées, RIM (11 janvier 2007).

⁴⁵ « Intel to produce smaller and less power-consumptive chips », www.itworldcanada.com (16 mars 2007).

⁴⁶ Un nanomètre représente un milliardième d'un mètre.

⁴⁷ « Intel UltraMobile PC chip nears release », www.crn.com.au (21 mars 2007).

⁴⁸ Par exemple, « The Red Brick Wall: Computing faces the end of a road », Pile Systems Inc. (2004).

⁴⁹ La capacité de transmission est mesurée par le taux de production de bit (B) x distance (L). B est la vitesse de transmission (bits/sec.) et L est la distance que les signaux peuvent voyager sans se régénérer.

⁵⁰ L'interconnexion est le « câblage » entre les transistors.

⁵¹ « Will Silicon be the Photonic Material of the Third Millennium? » *Journal of Physics: Condensed Matter* 15(2003) R1169-R1196.

⁵² Gigabits par seconde (milliards de bits par seconde).

⁵³ « Silicon Photonics Poised to Invade Local Area Networks », *Photonics Spectra*, mars 2006.

⁵⁴ Petites et moyennes entreprises.

entreprises efficaces en matière de formation pour les scientifiques et ingénieurs nouvellement diplômés ne sont plus. Elles ont exposé les nouveaux diplômés à l'ensemble du portrait des affaires, à la transformation des idées en projets et à sa mise en marché, à la recherche et au développement de l'ingénierie et à la production de prototypes jusqu'à la fabrication et la distribution.

Dans une nouvelle économie mondiale, les fonctions telles la recherche et le développement, la fabrication et la commercialisation sont toutes situées à des endroits différents. Les sièges sociaux intègrent les résultats provenant de différents pays. Puisque le Canada bénéficie d'un environnement favorable à la recherche et au développement, une partie importante de la recherche est souvent effectuée ici. Cependant, les PME doivent couvrir l'ensemble des activités de l'entreprise. Leur source pour trouver l'expérience requise, qui est d'environ cinq ans, était auparavant les grandes entreprises intégrées verticalement. Malheureusement, elles sont parties car elles ont été achetées par des géants mondiaux et ont été redirigées vers des missions plus spécialisées.

Même les entreprises canadiennes dont la valeur se chiffre dans les milliards de dollars ont été rachetées. Une courte liste d'exemples de TIC comprend Newbridge Networks (par Alcatel), ATI (par Advanced Micro Devices), C-Mac (par Solectron) et Creo (par Kodak).

- **Les coûts de transition et les investissements irrécupérables** : en 2005, la valeur établie de l'industrie des technologies sans fil se chiffrait à 500 milliards \$ US, les géants mondiaux dominés par les grands opérateurs détenant d'énormes avoirs basés sur des réseaux existants.

Bien que les réseaux de troisième génération (3G) représentent la norme dans l'industrie actuelle, il existe déjà des inquiétudes quant à leur capacité à répondre à la demande de nouvelles applications :

« Il est possible que 3G ne puisse pas satisfaire la performance requise pour les systèmes multimédias, la vidéo plein écran et les téléconférences sans fil à venir. »⁵⁵ D'autres disent carrément : « 3G n'est pas assez performante pour satisfaire aux demandes des bandes larges sans fil. »⁵⁶

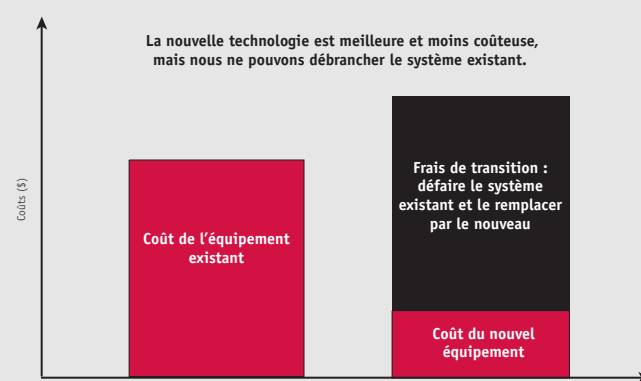
Cependant, à l'étape ultérieure de croissance de l'industrie, un moment où le taux de croissance du marché n'est qu'à un chiffre, les opérateurs de réseau sans fil sont pris dans le piège des coûts fixés à un niveau élevé et à des revenus marginaux en déclin (voir chapitre 3). Il y a un besoin d'investissement dans les technologies autres que

3G, mais les frais de transition sont inabordables.

Comme le montre la figure 9, les coûts liés aux nouveaux équipements ne peuvent que représenter un tiers des coûts de l'ancien équipement, mais les frais de transition peuvent excéder le coût de l'équipement existant.

De plus, en tant qu'entreprise publique majeure, l'effet indésirable de la réduction des avoirs oblige les opérateurs de réseau sans fil, le client le plus important pour les investissements en infrastructures importantes, à gérer leur entreprise sur une base d'avoirs existants.

Figure 9 : Coûts de transition⁵⁷



Finalement, le Bureau de la concurrence du Canada a déterminé que : « il y a des barrières très hautes en ce qui a trait aux entrées des installations, y compris les frais en capitaux élevés pour construire et exploiter un réseau, les exigences réglementaires et les restrictions de la propriété étrangères. »⁵⁸

- **Les coûts de la propriété intellectuelle (PI)** : l'évolution de l'industrie du semi-conducteur qui s'est produite sur une période de cinquante ans, qui a passé des géants verticalement intégrés aux couches des spécialistes horizontaux, a vu la PI s'élever pour former à elle seule une industrie. Par exemple, les entreprises « non-fabricantes » conçoivent et commercialisent les puces. Cependant, elles effectuent de la sous-traitance pour tout ce qui a trait à la fabrication et, pour cela, elles ont recours aux fabricants de plaquettes, entreprises provenant typiquement du sud-est de l'Asie, qui se spécialisent dans la production de puces. Les exemples canadiens de ces entreprises « non-fabricantes » comprennent Zarlink et Tundra Semiconductor.

⁵⁵ « 4G – Beyond 2.5G and 3G Wireless Networks » www.mobileinfo.com (2 octobre 2006).

⁵⁶ « Nortel CEO: 3G can't cut it » http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=117486 (15 février 2007)

⁵⁷ « The Future of Wireless » Mark Pecan, vice-président des technologies avancées, RIM (11 janvier 2007).

⁵⁸ « Competition Bureau's Clearance of Rogers-Microcell Wireless Merger Explained », *The Competitor*, Stikeman Elliott (juin 2005).

Avec la complexité croissante des puces, le commerce de la conception a créé des entreprises qui se spécialisent davantage dans les parties du circuit de la puce. Ces conceptions sont vendues en tant que PI à d'autres qui, eux, les intègrent à leurs puces. Les exemples canadiens de ces entreprises « sans puces » comprennent MOSAID Technologies dans la mémoire et Elliptic Semiconductor dans la sécurité et la vérification.

Une réalité illustrée par la montée des « breveteurs », ces entreprises qui menacent de poursuites en justice en raison de présumée violation à leur conception. Avec les coûts engendrés par ces poursuites et l'incertitude face à la capacité des tribunaux de résoudre correctement des questions techniques complexes, il en résulte souvent d'onéreux règlements hors cour, ce qui entraîne des augmentations de coûts en matière d'innovations. « En effet, les « breveteurs » et les enjeux de DPI qui y sont reliés deviennent un problème de plus en plus sérieux et coûteux et peuvent mettre les innovations carrément en veilleuse ».⁵⁹

Un exemple canadien récent⁶⁰ est le paiement de 612,5 millions \$ de RIM à l'entreprise détentrice de brevet NTP pour régler un litige qui, depuis longtemps, menaçait de fermer le service de courriel de RIM offert aux utilisateurs de Blackberry.

4.4 Social

L'accès sans fil est maintenant tenu pour acquis. Les utilisateurs s'attendent à un minimum de service, un développement normal dans le cycle de vie d'une technologie lorsqu'un nouveau produit commence à être considéré comme acquis puisque celui-ci se fond dans le décor, comme s'il était une commodité.

Les préoccupations de confidentialité au sujet de l'utilisation des technologies sans fil augmentent alors que la technologie rend les infiltrations plus faciles, au point où il est possible de localiser un individu. La sécurité constitue aussi un enjeu majeur, particulièrement en raison de l'essor du commerce électronique.

4.5 Environnement

L'élimination des ordinateurs désuets ainsi que de leurs accessoires devient un enjeu majeur dans toutes les sociétés industrialisées. Plusieurs États américains, par exemple la Californie, le Massachusetts et le Minnesota, en interdisent l'élimination dans les sites d'enfouissement alors que les opérateurs d'incinération font plutôt preuve de réserve à l'égard de certains produits, notamment les piles, envoyés dans leurs usines. Alors que les appareils deviennent de plus en plus petits, plusieurs petites entreprises les éliminent dans leurs déchets domestiques car les exigences entourant leur élimination sont souvent moins sévères. On estime que 500 millions d'ordinateurs personnels ont été mis hors service entre 2000 et 2007.

Les entreprises de traitement des déchets dans les secteurs plus réglementés offrent des services spécialisés d'élimination moyennant des frais supplémentaires. Dans les secteurs moins réglementés, des pièces d'équipement se retrouvent souvent entre les mains des marchands de bric-à-brac qui les désassemblent, rendant plus difficile l'intervention par les autorités. Dans la lignée des règlements environnementaux, les fabricants de telles pièces d'équipement devront faire face à des règles qui faciliteront l'élimination sûre de leurs produits. Ceci pourrait entraîner l'application de nouvelles technologies, par exemple les capteurs, à l'étape de la fabrication afin d'en assurer le respect.

⁵⁹ John Visser, Ing. Normes internationales du sans fil, Nortel (18 mai 2007).

⁶⁰ « Blackberry Maker, NTP Ink \$612 Million Settlement », www.money.cnn.com (3 mars 2006).

Chapitre 5 : Le contexte canadien : les trois points d'intérêt

Ce chapitre commence par souligner les trois applications choisies par le comité directeur national de la CRTSF et vérifiées par les groupes régionaux de discussion pour s'assurer qu'ils présentent un intérêt particulier pour l'industrie canadienne des technologies sans fil :

- Systèmes de transport intelligent (STI)
- Plate-forme sans fil pour l'intégration d'un système
- Plate-forme sans fil pour les jeux en temps réel et multi-joueurs.

Pour chacune de ces applications, nous présentons ci-dessous les conclusions tirées des groupes régionaux de discussions. Ces sessions d'un jour avec plus de 100 de cent intervenants étaient essentielles pour valider et mettre au point les dimensions du produit, y compris les services, lorsqu'appropriés, du marché et de la technologie des applications sélectionnées :

- Le produit : ce que recevront les utilisateurs
- L'application au marché : qui seront les utilisateurs
- La technologie : comme atteindre la performance nécessaire.
Par exemple, le savoir-faire requis pour pouvoir mettre au point les produits que recevront les utilisateurs.

Ce chapitre se termine par un survol des *facteurs motivant les produits* qui alimenteront la demande des clients pour chacune de ces trois applications avec un sommaire des exigences précises concernant les compétences auxquelles doivent répondre ces applications.

5.1 Système de transport intelligent (STI)

Le produit : liaison terrestre sans fil pour les STI

Les systèmes de transport intelligents comprennent des réseaux de capteurs intégrés, des ordinateurs, des communications et des technologies de contrôle⁶¹. Les clients utilisent ces réseaux pour améliorer l'efficacité, la sécurité et la productivité dans leurs systèmes de transport (par exemple, système de transport en commun urbain).

La liaison terrestre se définit comme le transport des données de la bordure du réseau à des points plus centralisés où ces données sont traitées comme des informations pour soutenir les commandes et décisions de contrôle. Les exemples de

données transmises par liaison terrestre dans les systèmes de transport comprennent :

- la vidéo en temps réel transmise des voitures de police aux hélicoptères;
- la localisation d'autobus et des passagers transportés;
- la détection de véhicules pour les systèmes adaptés de contrôle de la circulation; et
- la surveillance en centre de traumatologie des signes vitaux des victimes d'accidents lors du transport vers l'hôpital.

Le marché : les systèmes de transport

Voici certains exemples de systèmes de transport urbain faisant partie du marché des STI :

- transport en commun (par exemple, autobus, trains et métros);
- gestion de la circulation dans les centres urbains et les routes d'accès;
- services d'urgence (par exemple, police, pompiers et ambulances); et
- systèmes de prévention de collision.

La technologie

Les exigences de performance de base sont bien décrites par le slogan de Motorola : « Tout, partout ». Satisfaire à ce préalable pour l'étendue et le volume de données n'est qu'un début. La technologie de liaison terrestre doit aussi savoir répondre aux exigences qui présentent un défi de taille, tel que la sécurité du réseau, l'interopérabilité et la robustesse.

Les solutions suggérées aux besoins des liaisons terrestres en matière de grandes quantités de données sur de longues distances comprennent :

- Les réseaux de téléphonie câblés et sans fil : les réseaux existants pourraient être utilisés pour transmettre les données aux capteurs de faible capacité. En effet, « les technologies en progrès constants ont permis aux réseaux d'accès existants d'augmenter leur capacité, par exemple xDSL, alors que les réseaux centraux ont aussi une bien plus grande capacité, les fibres, par exemple, qu'auparavant. »⁶²
- Les réseaux câblés réservés : les fibres optiques et câbles coaxiaux joueront un rôle important dans les secteurs urbains. Dans les systèmes comme la gestion de la circulation, la surveillance sera effectuée en grande partie par les

⁶¹ Société des systèmes de transport intelligents du Canada. STI inclut généralement les véhicules, l'infrastructure et les conducteurs.

⁶² John Visser, Ing. *Normes internationales du sans fil*, Nortel (18 mai 2007).

installations fixes, par exemple les caméras de surveillance de la circulation.

- Lignes de transmissions sans fil : bien que ce soit possible, c'est cependant peu probable puisque les liaisons terrestres sont limitées et la distance entre les répéteurs est relativement courte. Les câbles de fibre optique et coaxiaux réservés sont des solutions bien plus adaptées au transport de données dans les centres urbains.
- Conformation du faisceau : permet de viser les ondes au receveur désiré. Cela minimise la perte de signaux à trajets multiples. Il en résulte une augmentation de l'efficacité du spectre. Par exemple, dans les systèmes cellulaires, cela permet d'intégrer des conversations d'un volume deux ou trois fois plus important dans la même largeur de bande.⁶³
- MIMO (entrée et sorties multiples) : plutôt que de tenter d'éliminer les effets d'une transmission à trajets multiples, MIMO utilise un réseau d'antennes qui transmettent et reçoivent afin de bénéficier de ce phénomène. MIMO⁶⁴ peut être utilisé avec le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF⁶⁵) et devrait faire partie de la norme 802.11.n⁶⁵. Il est mieux adapté à l'environnement de diffusion riche des centres urbains, il permet de plus grands taux de données et de faible taux d'erreurs. Cependant, c'est une technologie complexe, coûteuse et en évolution⁶⁶.
- La radio intelligente : elle applique des puissances de calcul significatives pour permettre au transmetteur de « détecter » son environnement et d'ajuster de façon dynamique les paramètres tels la fréquence, la modulation, la puissance, etc. afin d'utiliser le spectre le plus approprié. La plupart des systèmes de transmission RF⁶⁷ contrôlent déjà la puissance de transmission :
- WiFi : parce que ces systèmes utilisent les « bandes superflues »⁶⁸, les fréquences déjà allouées à d'autres fins, leur utilisation potentielle dans des applications essentielles est limitée en raison de la possibilité significative d'interférence incontrôlable.
- WiMax : ceci est une version étendue du WiFi (maximum 70 Mb/s et 50 km.). Puisqu'il utilise le spectre pour lequel des permis sont émis, il offre une meilleure qualité de service. Aux États-Unis, le plus important segment disponible est d'environ 2,5 GHz. Ailleurs, il est plus probable d'utiliser des bandes d'environ 3,5 GHz, 2,3/2,5 GHz ou 5 GHz.

- Satellite : les réseaux actuels de télécommunications à longue distance pourraient être utilisés, particulièrement pour couvrir de grands secteurs, par exemple Google Earth. Cependant, les satellites causeront un temps d'attente de 0,25 seconde, soit le délai du signal.
- Gestion de la largeur de bande : l'utilisation contrôlée des réseaux est un outil standard de la gestion de la capacité de transmission des données disponible.
- Fusion des capteurs de données : le processus de jumelage des renseignements obtenus de plusieurs capteurs hétérogènes, sur plusieurs plates-formes, dans une image composée de ce que mesure le réseau. La fusion des données relativement au capteur facilitera les exigences de capacité des liaisons terrestres. C'est un champ d'exploration jeune et en évolution qui a moins de 20 ans.
- Compression de données : processus d'encodage de l'information à l'aide d'un nombre inférieur de bits que ce qui serait requis si les données étaient transmises en format non codé. La performance de la compression de données est directement fonction de la nature des données compressées.

Les caractéristiques et attributs importants pour le système, *facteurs motivant les produits*, et qui doivent être offerts par ces technologies comprennent :

- la vitesse de téléchargement ultra rapide (par exemple, pour la surveillance en temps réel des dangers tels les déversements sur les routes, les accidents, la formation de glace, etc.);
- les interfaces multimodales (par exemple, pour transmettre de façons différentes les données par câble, fibre optique ou sans fil, selon les exigences);
- les liaisons avec un ordinateur de grille (par exemple, pour résoudre des algorithmes d'optimisation complexes dans la gestion de la circulation);
- les applications intégrées à la robotique et aux réseaux d'agents autonomes (par exemple, pour le contrôle de systèmes de fabrication flexible);
- l'application de systèmes cognitifs (par exemple, les « voitures pensantes » comme celles qui se stationnent seules ou qui communiquent entre elles afin d'éviter les collisions);

⁶³ « How to create beam-forming smart antennas using FPGAs », *Embedded Systems Design*, www.embedded.com (17 février 2005).

⁶⁴ MIMO et MROF sont aussi des technologies fondamentales pour WiMax.

⁶⁵ 802.11n est mieux connu sous le nom de WiFi. Le Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE) devrait publier les nouvelles normes 802.11n en octobre 2008. Le débit réel de données devrait, en théorie, atteindre 540 Mbps et voyager à une vitesse jusqu'à 50 fois plus rapide que 802.11b et jusqu'à 10 fois plus rapide que 802.11a ou 802.11g.

⁶⁶ « How to create beam-forming smart antennas using FPGAs », *Embedded Systems Design*, www.embedded.com (17 février 2005).

⁶⁷ Fréquence radio.

⁶⁸ À 900 MHz, 2,4 GHz et 5,8 GHz.

- les appareils RF de systèmes dans un ensemble (par exemple, les capteurs haut de gamme pouvant transmettre par des bandes radio multiples et des protocoles);
- la technologie de carte intelligente (par exemple, pour permettre le paiement automatisé par les utilisateurs);
- le véhicule logistique et la gestion de l'état d'opération en temps réel⁶⁹ (par exemple, les diagnostics à distance pour obtenir de l'information sur les services d'entretien pour les problèmes mécaniques ou électroniques);
- l'identification par radiofréquence⁷⁰ (par exemple, pour la localisation de l'inventaire et la gestion des véhicules de transport); et
- la télémédecine (par exemple, pour surveiller et veiller au transport des patients en ambulance).

5.2 Plate-forme logicielle sans fil pour l'intégration de systèmes

Le produit : un processus d'intégration de systèmes

L'intégration de systèmes se définit comme le processus permettant de combiner, de façon transparente, plusieurs systèmes discrets pour ainsi obtenir un système pouvant répondre aux besoins auxquels aucun autre système individuel ne pourrait répondre.

Il existe déjà des logiciels capables d'exécuter une vaste gamme de fonctions distinctes sur des dispositifs sans fil. Des exemples de fonctions financières incluent les transactions bancaires, l'argent virtuel et les cartes de crédit. Cependant, les concepteurs de logiciels manquent de procédures, de normes et de méthodologies sûres pour combiner ces programmes, par exemple, pour permettre aux utilisateurs de gérer tous leurs besoins financiers à partir d'un dispositif mobile.

Un processus d'intégration de système rigoureux et sûr pourrait permettre à plusieurs logiciels d'être traités comme des modules pouvant être configurés dans de plus grandes architectures pour ainsi augmenter énormément la fonctionnalité des dispositifs sans fil pour les usagers.

Le marché : développeurs de logiciels pour applications sans-fil

Un marché énorme dans lequel les besoins en intégration de systèmes ne sont pas comblés est celui des soins de santé. Un exemple en est l'intégration des dossiers médicaux pour ainsi créer un dossier électronique exhaustif pour chaque patient – un projet annoncé récemment par la Colombie-Britannique

« ... pour stocker les dossiers médicaux des patients et les résultats de tests de laboratoire pour qu'ainsi, tous les professionnels de la santé à travers la province y aient accès. »⁷¹

La technologie

Le défi fondamental repose sur le fait que la conception et le développement des logiciels doivent encore évoluer pour devenir une vraie discipline d'ingénierie. Ce processus évolutionnaire et ses étapes principales sont cependant bien connus⁷². Tout commence par le travail et les créations d'amateurs doués, des créations entièrement fondées sur leur intuition. Des praticiens ingénieurs perfectionnent ensuite les procédures établies, les raffineront et utiliseront les ressources économiques pour satisfaire la demande en croissance rapide du marché. La technologie est sera entièrement développée quand les professionnels initiés, comptant sur la théorie et l'analyse scientifiques, les solutions de conception ayant fait leur preuve et le contrôle rigoureux de la qualité, sauront reproduire des résultats prévisibles dans un cadre temporel et financier précis. Cette étape finale de l'évolution, qui transformera le développement logiciel en une véritable discipline technique, n'a cependant pas encore été atteinte.

Les fonctions et attributs de base des produits (*pilotes de produit*) qu'une technologie d'intégration de logiciels doit fournir comprennent :

- la capacité de réseautage et le soutien de logiciels intermédiaires, y compris :
 - l'accès aux données mobiles et la visualisation de celles-ci;
 - le téléchargement à partir de serveurs-hôte (par exemple, un satellite intégré avec télévision en direct pour la circulation de données axées sur la diffusion et la vidéo sur demande);
- la pleine capacité pour le commerce électronique, y compris :
 - les transactions mobiles des consommateurs (par exemple, l'intégration de l'argent électronique, des paiements de carte de crédit et des comptes bancaires sur les cellulaires);
 - les transactions interentreprises (par exemple, la facturation, les frais en temps réel pour les services, ainsi que les opérations des systèmes financiers et du marché boursier);

⁶⁹ Télématique.

⁷⁰ Identification par radio-fréquence

⁷¹ « B.C. government sets \$148M EHR project in motion », www.ITWorldCanada.com (18 avril 2007).

⁷² Voir, par exemple, « Prospects for an Engineering Discipline of Software », Mary M. Shaw, *IEEE Software* (1990).

- la gestion de points de vente mobiles et les architectures orientées sur les services (par exemple, les terminaux portatifs de UPS et de FedEx);
- les réseaux à IP avec réseau de stockage (par exemple, pour entreposer des données à distance et y accéder);
- la conformité aux questions juridiques et de gestion réglementant la vie privée et la sécurité de l'information (par exemple, la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques*⁷³);
- la capacité de survie du système (par exemple, aux attaques véhiculées par Internet et sa capacité de reprise après sinistre);
- une interface simple, facile à utiliser et robuste avec un bon affichage de l'information et un accès sécurisé en tous lieux, en tout temps;
- la capacité de transfert d'informations géospatiales (par exemple, GPS);
- la sécurité, y compris :
 - l'identification électronique transférable entre les différentes plates-formes (par exemple, les empreintes digitales ou le balayage de l'iris par un ordinateur);
 - la sécurisation des interfaces SQL⁷⁴ sur une base de données massive et entièrement sauvegardée;
 - le contrôle de l'accès à l'information (par exemple, les RPV⁷⁵, les interactions horodatées retrouvables – via une base de données centrale avec fonctionnalité accrue et le suivi de transactions);

Les défis sont intimidants et ce document ne porte pas sur l'analyse des solutions technologiques pour les résoudre. Comme l'a reconnu un haut fonctionnaire du US Institute of National Standards and Technology⁷⁶ :

Les approches actuelles sont frêles, c'est-à-dire, qu'elles se dégonflent devant de légères perturbations dans l'information échangée et plus les systèmes sont mis à niveau, plus ces approches sont difficiles à entretenir. Ces approches sont aussi difficiles à modifier lorsque se présentent des exigences supplémentaires au niveau du contenu de l'information ou des systèmes constitutifs.⁷⁷

Le besoin d'intégrer les imposants systèmes logiciels en « systèmes de systèmes » complexes est évident dans les domaines à problèmes multiples. Toutefois, les témoignages dans l'industrie décrivent des dépenses de plusieurs millions de dollars dans le cadre d'efforts vains pour l'intégration des systèmes logiciels. Les approches actuelles sont onéreuses, voraces en temps et aboutissent fréquemment à des résultats moins qu'optimaux.

*Steven R. Ray, Ph.D
Chef, Division de l'intégration de systèmes de fabrication
U.S National Institute of Standards & Technology*

5.3 Plate-forme sans fil pour les jeux multi-joueurs mobiles

Le produit : une plate-forme technologique pour les jeux multi-joueurs en temps réel

Les jeux multi-joueurs mobiles sont des applications sans fil exigeantes qui propulseront la conception de jeu, les réseaux et les cellulaires vers des niveaux de performance inégalés. Ainsi, la capacité de traitement des serveurs de jeu requise doit augmenter exponentiellement avec le nombre de joueurs. La capacité de transmission des réseaux doit aussi augmenter significativement.

L'industrie canadienne du jeu, un secteur jeune, vibrant et en forte croissance, requiert un processus bien généré pour soutenir le développement, la personnalisation et la modification de jeux pour le marché du divertissement sans fil. Ce processus doit efficacement intégrer les cinq grands secteurs d'activité : la conception de jeu, le graphisme, la programmation, la production et le contrôle de la qualité (phase de test du jeu).

Le marché

Le marché des jeux mobiles est toujours à un stade embryonnaire. En 2006, il s'agissait d'un secteur avec un chiffre d'affaires mondial de 2,4 milliards de dollars américains, soit à peine 0,5 % du marché mondial de la téléphonie cellulaire sans fil. La clientèle ciblée est le joueur occasionnel (plutôt que le joueur pur et dur) âgé entre 12 et 40 ans. Des joueurs occasionnels jouent pour passer le temps, par exemple, dans la salle d'attente du médecin ou en file d'attente pour l'achat d'un billet.

⁷³ La *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques de l'Aberta* a pour objet de fixer des règles régissant la collecte, l'utilisation et la communication de renseignements personnels d'une manière qui tient compte du droit des individus à la vie privée à l'égard des renseignements personnels qui les concernent et du besoin des organisations de recueillir, d'utiliser ou de communiquer des renseignements personnels à des fins qu'une personne raisonnable estimerait acceptables dans les circonstances.

⁷⁴ Langage relationnel SQL : utilisé par de nombreux programmes qui manipulent de grandes bases de données.

⁷⁵ Un réseau privé virtuel est un réseau de communication privé souvent utilisé par les sociétés ou les organisations pour communiquer dans un réseau public.

⁷⁶ "The Future of Software," Institute for Software Integrated Systems, Vanderbilt University (4 avril 2007).

⁷⁷ Idem.

Les jeux multi-joueurs sont importants parce que les joueurs aiment se mesurer à des concurrents humains. Les producteurs de jeu font face à une clientèle exigeante habituée à une expérience de jeu ultra perfectionnée sur les ordinateurs et dans Internet. « Le marché des jeux avec un nombre colossal de joueurs en ligne dans l'Ouest canadien a atteint 1 milliard de dollars pour la première fois en 2006. »⁷⁸

La technologie

Comme pour l'intégration de systèmes, le progrès des jeux multi-joueurs mobiles repose en grande partie sur les améliorations dans le domaine du génie logiciel.

Parce que la conception des jeux est si étroitement liée aux éléments connexes comme les combinés et les réseaux, les pilotes de produit du marché de jeux multi-joueurs mobiles seront mieux analysés dans le contexte des systèmes technologiques (voir le chapitre 2) :

Le dispositif principal : le jeu

- la valeur du contenu : créativité, culture, psychologie, différenciation de jeux existants, par ex.;
- l'interface de jeu multilingue;
- la compatibilité avec l'information géospatiale (à l'appui du jeu interactif en temps réel, basé sur l'emplacement, par ex.);
- les jeux multitâches et multisessions (pour soutenir la jouabilité simultanée (jeux et joueurs multiples);
- le soutien du réseautage par secteur personnel interactif en temps réel (interaction sociale avec d'autres joueurs);
- les algorithmes de compression de données (les mouvements des personnages sont envoyés sur le réseau plutôt que l'image complète résultante, par ex.);
- la maximisation de l'utilisation des pixels : liée seulement à la présentation du jeu sur le cellulaire, et non à la transmission sur le réseau;
- la capacité de paiement électronique (pour payer une partie ou acheter le jeu).

Le dispositif de soutien : le combiné

Les besoins importants incluent :

- l'interfonctionnement : du combiné à l'ordinateur (il s'agit d'une nouvelle exigence qui était précédemment sans importance puisque le marché des jeux sur ordinateur était distinct.) Les capacités liées comprennent :

- le branchement aux systèmes audiovisuels et aux réseaux de divertissement maison;
- la conception de l'interface humaine, y compris des fonctions comme :
 - la modification des réglages pour convenir à l'utilisateur;
 - les accessoires à porter (des lunettes d'affichage, des gants, par ex.);
 - la reconnaissance vocale, l'écran de contrôle tactile;
 - le fonctionnement intuitif, l'interface facile à utiliser;
 - la conception optimisée pour le jeu, et non pour la voix;
- la capacité multimédia, y compris :
 - le téléchargement de musique;
 - la messagerie texte;
 - l'enregistrement de la voix, l'inscription et les communications vocales par IP⁷⁹;
 - la télévision interactive et mobile par IP;
- l'électronique à faible consommation énergétique;
- la mémoire de haute capacité;
- le moteur de traitement des graphiques;
- la protection contre les FR (c.-à-d. les inquiétudes de santé associées à la radiation EM);
- les options d'alimentation (c.-à-d., l'autonomie de la pile, le temps de recharge, etc.);
- les matériaux légers;
- la dissipation de la chaleur.

Infrastructure : le réseau

- la haute vitesse et la capacité élevée : la vidéo en temps réel serait l'idéal; elle cependant peut probable car les moteurs graphiques à haut rendement reconstituent la vidéo en fonction de données primitives plus simples envoyées par l'entremise du réseau, par exemple, le mouvement des personnages, l'agrandissant des images et le panorama;
- le temps de réponse de jeu (c'est-à-dire, période d'attente très courte, fonctionnement en temps réel) : quand les satellites géostationnaires font partie de la couverture du réseau à grande portée, c'est impossible puisque l'aller-retour du signal du terminal à l'orbite prend environ 0,25 seconde⁸⁰;

⁷⁸ « Analyst report: multiplayer online game market in the West to hit \$1.5 billion by 2011 », *Digital Media Industry Newsletter*, (mars 2007).

⁷⁹ Communications vocales par protocole Internet.

⁸⁰ Bien que les signaux EM voyagent à la vitesse de la lumière, soit 300 000 km/sec., le voyage aller-retour dure 0,24 seconde.

- l'accès à un réseau universel : fait référence aux capacités intermodales comme le transfert transparent à la fibre et aux fils. Les protocoles IP devraient résoudre ce problème;
- les protocoles (pour transporter le contenu comme une fonction de l'interface d'accès);
- la gestion de bande passante.

Même si cette analyse porte sur la conception et la production de jeux, les exigences des autres éléments du système technologique utilisent aussi les éléments importants **que les jeux mobiles** partagent avec les applications **d'intégration de systèmes et de systèmes de transport intelligent**.

5.4 Résumé des exigences de pilotes de produit et des exigences de rendement

Pilotes de produit

Les pilotes de produit font référence aux fonctions et aux attributs qui auront probablement une influence importante sur le désir d'un client d'acheter le produit. Le terme « produit » devrait inclure un service, s'il y a lieu. Les pilotes de produit sont propres aux trois applications et sont décrits dans les sections précédentes.

Exigences de rendement

Pour ces trois applications, nous avons défini ci-dessous un ensemble commun d'exigences de rendement basées sur les quatre façons fondamentales par lesquelles un produit crée de la valeur pour un usager.

La première est *la fonctionnalité*, le travail de base que le produit doit accomplir. Même si les trois applications sont différentes, elles comptent toutes sur la transmission de FR pour transporter l'information.

1. La fonctionnalité – *Quelles sont les capacités de base essentielles pour accomplir le travail?*
 - la portée et la capacité automatiques mobiles (diversité spatiale);
 - un court temps d'attente dans la transmission de données;
 - le niveau élevé de compression de données;
 - le degré de sécurité et de vie privée;
 - le degré de sécurité : taux d'absorption propre aux radiations micro-ondes;
 - l'efficacité du spectre de FR;
 - la consommation (autonomie des piles);
 - la qualité du service.

2. L'économie – *Quel est le prix?*

- le coût d'achat (*combien coûte l'installation et la mise en fonction?*);
- les frais d'exploitation (*combien coûte le fonctionnement sans pépin?*);
- la fiabilité (*tombe-t-il souvent en panne?*);
- la durabilité (*avec quelle facilité peut-on le réparer/remplacer?*).

3. La compatibilité – *Est-il facilement compatible avec les systèmes existants de l'utilisateur?*

- la comptabilité avec le réseau;
- est-il fondé sur les normes?;
- est-il fondé sur un langage commun?;
- y a-t-il un accès mobile au système par le Web?

4. Facilité d'utilisation – *Simple et facile?*

- l'entrée des données reconfigurables;
- la conception reconfigurable de logiciels radio;
- les capacités multimédias diverses;
- la conception ergonomique.

Les figures ci-dessous présentent les pilotes de produit pour les trois applications. Ces pilotes ont été classés sur une échelle de 1 à 5 (1 = faible importance, 5 = importance élevée) selon la création de la valeur pour les utilisateurs, mesurés selon les quatre exigences de rendement ci-dessus. Dans les figures qui suivent, seules les réponses 4 et 5 sont retenues, les 4 sont en rouge et les 5 en gris pour mettre en évidence les pilotes les plus critiques pour chaque secteur d'application.

Tableau 1 : Pilotes de produits pour les SI (c.-à-d., fonctions de produits exigées par le marché)

Légende : ■ = 4 importance modérée ■ = 5 importance élevée

Exigences clés fondées sur le rendement (ci-dessous)	Téléchargement ultra-rapide	Accès universel au réseau (c.-à-d., interfaces multi-modales)	Connexion à un réseau informatique	Applications intégrées	Applications de systèmes cognitifs	Dispositifs de systèmes emballés FR	Technologie de carte à puce	Gestion de véhicules logistiques et d'état de fonctionnement en temps réel	Identification par FR	Télé-médecine
Fonctionnalité										
Portée et capacité de remise mobile	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Court temps d'attente pour la transmission de données	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Degré élevé de compression de données	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Degré de sécurité et de vie privée	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Niveau de sécurité (taux d'absorption spécifique de radiation micro-ondes)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Efficience du spectre de FR	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Consommation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Qualité du service	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Économie										
Coût d'achat	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Frais d'exploitation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fiabilité	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Remise en état de marche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compatibilité										
Interfonctionnement réseau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fondé sur les normes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Commun fondé sur la langue	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Accès mobile au système à partir d'Internet	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Facilité d'utilisation										
Saisie de données reconfigurables	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Conception de logiciel radio reconfigurable	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacité multimédia diversifiée	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Conception ergonomique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tableau 2 : Pilotes de produits pour les STI (c.-à-d., fonctions du produit exigées par le marché)

Légende : ■ = 4 importance modérée ■ = 5 importance élevée

Exigences clés fondées sur le rendement (ci-dessous)	Capacité de réseautage et de soutien de logiciels intermédiaires	Capacité de commerce Internet complet	Réseaux d'entreposage de protocole Internet	Conformité aux enjeux juridiques et de direction	Survie du système	Interface simple, robuste et facile d'emploi	Capacité d'information géospatiale
Fonctionnalité							
Portée et capacité de remise mobile	■				■	■	
Court temps d'attente pour la transmission de données	■				■	■	
Degré élevé de compression de données	■	■			■	■	
Degré de sécurité et de vie privée		■		■	■	■	■
Niveau de sécurité (taux d'absorption spécifique de radiation micro-ondes)							
Efficience du spectre de FR	■				■		
Consommation					■		
Qualité du service	■	■		■	■	■	■
Économie							
Coût d'achat							■
Frais d'exploitation	■				■	■	■
Fiabilité	■	■	■	■	■	■	■
Remise en état de marche	■		■	■	■	■	■
Compatibilité							
Interfonctionnement réseau	■	■	■	■	■	■	■
Fondé sur les normes	■	■	■	■	■	■	■
Commun fondé sur la langue	■	■		■	■	■	■
Accès mobile au système à partir d'Internet	■	■			■	■	■
Facilité d'utilisation							
Saisie de données reconfigurables					■	■	
Conception de logiciel radio reconfigurable							
Capacité multimédia diversifiée	■			■	■	■	
Conception ergonomique						■	

Tableau 3 : Pilotes de produits pour un SGM (c.-à-d., fonctions de produit exigées par le marché)

Légende : ■ = 4 importance modérée ■ = 5 importance élevée

Exigences clés fondées sur le rendement (ci-dessous)	Valeur du contenu	Interface de jeu multilingue	Jouabilité multitâches et multi-séances	Soutien pour le réseautage interactif personnel en temps réel	Capacité de paiement électronique	Conception d'interface humaine	Capacité multimédia	Options d'alimentation (c.-à-d. la durée de vie de la pile, temps de recharge)	Temps de réponse du jeu (c.-à-d. délai, etc.)	Capacité d'accès universel au réseau
Fonctionnalité										
Portée et capacité de remise mobile	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Court temps d'attente pour la transmission de données	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Degré élevé de compression de données	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Degré de sécurité et de vie privée	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Niveau de sécurité (taux d'absorption spécifique de radiation micro-ondes)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Efficience du spectre de FR	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Consommation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Qualité du service	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Économie										
Coût d'achat	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Frais d'exploitation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fiabilité	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Remise en état de marche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compatibilité										
Interfonctionnement réseau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fondé sur les normes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Commun fondé sur la langue	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Accès mobile au système à partir d'Internet	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Facilité d'utilisation										
Saisie de données reconfigurables	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Conception de logiciel radio reconfigurable	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacité multimédia diversifiée	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Conception ergonomique	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Chapitre 6 : Besoins canadiens et capacités

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles le Canada devrait jouer un rôle significatif dans le marché mondial du sans fil, en général, et y réussir, tout particulièrement dans les applications susmentionnées. La raison principale est que le Canada compte déjà une industrie du sans fil forte jouissant d'un avantage considérable. Elle comprend des groupes de sociétés créées ici, ainsi que des filiales de multinationales. Ces deux groupes ont un rôle à jouer pour relever les défis et profiter des différentes occasions décrits dans cette carte routière. Les groupes ayant vu le jour au pays ont répondu à un besoin local fort ou à un impérieux bassin local de technologies. Par exemple, les origines du groupe de Vancouver peuvent être retracées à la création de Glenayre Electronics dans les années cinquante, création qui répondait à des besoins de communication uniques dans l'industrie d'exploitation du bois. Pour sa part, la mise sur pied du groupe Kitchener-Waterloo (maintenant dominé par le RIM) est attribuable principalement à la présence de l'Université de Waterloo.

6.1 Facteurs socio-économiques

Les pilotes qui auront un effet sur les produits, les marchés et les technologies associés à chacun des secteurs d'application se développeront à partir de différents facteurs socio-économiques (qui devraient s'appliquer au Canada au cours des deux prochaines décennies). Ces facteurs sont décrits ci-dessous et nous aborderons leurs répercussions par la suite.

Un accent plus important sur la diversification économique

Bien qu'au fil des années, les décideurs canadiens ne se soient occupés que de l'infrastructure industrielle « des bûcherons et des draveurs » du Canada, de plus en plus de tentatives sérieuses de diversification de l'économie sont à prévoir dans les années à venir. Cette diversification sera dirigée par des facteurs comme un approvisionnement décroissant en carburants fossiles et la vulnérabilité de notre approvisionnement général en ressources. Le problème du dendroctone du pin ponderosa dans l'Ouest canadien est un exemple de cette vulnérabilité. Plusieurs participants à l'atelier croient que les politiciens et les décideurs obtiendront une meilleure compréhension des forces en jeu dans le cadre de la diversification prochaine de l'économie du pays. Comme ils sont maintenant sensibles au rôle central de la technologie dans ce processus de diversification, ils prennent maintenant conscience du potentiel domestique du marché des produits et services basés sur la technologie dans des secteurs comme les soins de santé et l'environnement.

L'accent sur un environnement plus propre

Au Canada, il y a maintenant un vaste consensus à l'égard de la lutte, dans le pays, pour un environnement plus propre et il est certain que la technologie jouera un rôle clef dans ce nettoyage.

Cet élément environnemental sera lié au facteur de diversification économique car le marché canadien des produits et des services environnementaux sera suffisamment vaste pour être utilisé comme terrain d'essai par les sociétés souhaitant s'étendre dans les marchés étrangers.

L'accent sur la sécurité et la sûreté

En raison de sa géographie et du rôle qu'il joue sur la scène internationale, le Canada fait face à des défis et à des occasions inhabituels pour assurer la sécurité de ses citoyens et du pays. Ses frontières sont presque indéfendables contre des attaques terroristes et ses systèmes de transports et de communications sont tellement vastes qu'ils sont vulnérables aux attaques contre lesquelles il ne peut pas se préparer. Le développement de nouvelles technologies sera critique pour affronter de tels défis. Dans les ateliers, les participants ont beaucoup discuté du rôle que les capteurs joueront dans le cadre de nos initiatives en matière d'environnement et de sécurité.

Le virage vers une industrie de services

L'économie du Canada, comme celles de la plupart des pays occidentaux, comprend maintenant 70 pour cent de services et seulement 30 pour cent de produits. Les services s'étendent de la recherche et développement (R et D) aux activités de service après-vente – dont un fort pourcentage est maintenant offert par les centres d'appel. Le concept d'une société verticalement intégrée, dans laquelle un produit est transformé de l'idée à la fabrication dans la même entreprise ou les mêmes installations, est maintenant désuet, ce qui a un effet marqué sur les types de systèmes de communications utilisés dans une société donnée.

Le changement au niveau démographique

La population du Canada vieillit⁸¹ et cela a un impact sur tous les domaines : de l'inscription scolaire à l'adoption des technologies de toutes catégories par les industries et les établissements. Ainsi, le secteur des soins de santé est axé sur l'information, mais beaucoup d'autres travailleurs plus âgés œuvrant dans ce secteur ne sont pas à l'aise avec les systèmes ICT avancés en général et avec les systèmes sans fil en

⁸¹ Les données du recensement de 2001 montrent que l'âge moyen de la population du Canada a atteint un sommet inégalé de 37,6 années, soit une augmentation de 2,3 ans par rapport à 1996 (35,3). Il s'agissait de la plus importante augmentation d'un recensement à l'autre depuis un siècle. Statistique Canada (1^{er} mai 2007).

particulier. On voit aussi un grand nombre de jeunes dentistes qui adoptent des systèmes perfectionnés pour la gestion des dossiers des patients car ils sont à même de voir les économies que l'adoption de ces technologies peut engendrer.

6.2 Le rapport entre les facteurs socio-économiques et les pilotes de produit, de marché et de technologie

La figure 10 montre le rapport entre ces facteurs socio-économiques et les pilotes de produit, de marché et de technologie, quant à leur application aux trois secteurs, soit les systèmes de transport intelligent, l'intégration de systèmes et les jeux mobiles multi-joueurs.

Les pilotes de produit font référence aux caractéristiques des produits qui auront probablement une influence majeure sur le désir d'un client d'acquiescer le produit. Le terme « produit » inclut les services, s'il y a lieu.

Les pilotes de marché font référence à une combinaison de forces qui vont probablement jouer un rôle majeur dans une décision d'achat. On a vu dans le dernier chapitre qu'un marché est défini par les clients qui achètent les produits. Plus précisément, on fait référence à « un groupe de gens ou d'établissement avec un besoin commun et la capacité et le désir de satisfaire ce besoin ». Puisqu'un des objectifs primaires de ce projet consiste à décrire une vision de l'industrie canadienne du sans fil, de tels marchés feront référence aux clients étrangers et domestiques dans les trois secteurs d'application que nous aborderons.

Les pilotes de technologie sont les forces liées à la technologie qui vont probablement être influencées par de nouvelles avancées dans des technologies connexes, tant au Canada qu'à l'étranger. Les technologies, croit-on, sont composées d'éléments tangibles comme les prototypes techniques, les algorithmes et la propriété intellectuelle (par exemple, les brevets d'invention) et intangibles comme le savoir-faire et l'habileté de démonstration.

La figure 10 présente les pilotes de produit, de marché et de technologie qui devraient s'appliquer aux trois secteurs d'application. Elle présente aussi « une autre » catégorie de pilotes intégrant les facteurs n'appartenant à aucune des trois autres catégories, mais qui sont assez propres à l'industrie du sans fil pour ne pas correspondre à des facteurs socio-économiques. La figure 10 vise à fournir une structure pour documenter les intrants principaux provenant des différents ateliers.

Figure 10 :
Facteurs socio-économiques principaux et pilotes ayant un impact sur les secteurs d'application

Facteurs socio-économiques

Diversification économique

Un environnement plus propre

Sécurité et sûreté

Démographie changeante

Économie des services

→ Pilotes de produit

- Robustesse, tant pour le matériel que pour les logiciels
- Facilité d'utilisation
- Interfonctionnement
- Facilité de réparation
- Éléments communs du langage
- Souplesse du réseau
- Temps d'attente pour le réseau
- Accès au système par Internet
- Fiabilité/disponibilité
- Sécurité
- Faible coût
- Meilleur affichage/plus clair
- Fonctionnement multitâches

→ Pilotes de marché

- Infrastructure vieillissante
- Sécurité de l'information
- Sécurité personnelle
- Besoin d'information en temps réel
- Niveau d'urbanisation plus élevé
- Tendance à la privatisation des biens publics
- Capacité multimédia (MP3, JPEG, etc.)
- Coût élevé de la mise à niveau des systèmes
- Entreposage de films haute définition
- Compatibilité IP
- Déchets de produits et rejet

→ Pilotes de technologie

- 4G inclura beaucoup d'autres technologies
- Savoir-faire en matière de normes
- Savoir-faire en matière de systèmes
- Bassin grandissant d'expertise en FR
- Radio définie par le logiciel
- Capacité de comprendre les exigences du client
- Cryptage
- Utilisation efficace de la bande passante
- Ingénierie des pixels (inclut l'utilisation efficace de l'écran)
- Conception des sources d'alimentation (amélioration des piles en retard sur demande)
- La loi de Moore s'appliquera environ jusqu'à 2020

→ Autres pilotes

- Capital de risque
- Normes/règlements
- Mondialisation
- Augmentation prochaine de la disponibilité de la bande passante
- Attitudes sociales envers la technologie
- Maturité de l'industrie

Tout comme ces pilotes auront différents niveaux d'importance dans le développement de la carte routière, il en va de même pour les facteurs socio-économiques qui influencent ces pilotes. Cependant, l'on peut prédire sans problème qu'un accent plus important sera mis sur la diversification économique par rapport aux autres facteurs. Les pilotes connexes s'appliqueront à presque tous les secteurs, tout comme aux produits, aux marchés et à la technologie. La disponibilité du capital de risque en est un exemple. La façon de financer les industries de haute technologie du Canada changera probablement radicalement pendant la prochaine décennie.

Ainsi, le bassin de capital de rachat du pays a augmenté ces dernières années, ce qui pourrait offrir aux investisseurs et aux entrepreneurs canadiens plus d'options qu'à l'heure actuelle pour les liquidités. L'option la plus répandue a été de vendre les entreprises en début de croissance à des acheteurs étrangers. La disponibilité des bassins canadiens de capital de rachat pourrait ainsi signifier que plus de sociétés atteindront leur maturité avec, à leur tête, des gestionnaires canadiens. Cela fournirait non seulement plus de possibilités de prise de décisions stratégiques au Canada, mais plus d'ouvertures à la technologie canadienne. La percée de deux ou trois sociétés, comme RIM, pourrait avoir un impact tant sur les choix de carrière des diplômés du secondaire que pour la prise de risque par les entrepreneurs.

6.3 Réaction aux pilotes

Le plan décrit dans le chapitre suivant ne deviendra réalité que si le Canada répond de façon efficace aux pilotes indiqués ci-dessus. Le reste de cette section portera sur certains pilotes clefs et présentera des recommandations sur leur gestion.

Pilotes intelligents de systèmes de transports

Dans ce secteur d'application, les trois pilotes (soit les produits, les marchés et la technologie) seront importants, mais les dominants sont les pilotes de marchés. Puisque la plupart des clients proviendront sûrement du secteur public, le processus décisionnel pourrait être lent et les prix de vente élevés. Même si les enjeux, comme l'autonomie des piles, ne seront probablement pas aussi importants qu'ils ne le sont pour les applications ludiques, les questions liées au temps d'attente vont probablement avoir autant d'importance. Il s'agit aussi d'un des marchés où la résistance à la transition vers de nouveaux systèmes sera la plus forte en raison des dépenses et des retards que cette transition entraînera.

L'urbanisation continue au Canada et la croyance que l'immigration viendra soutenir la croissance démographique signifient que toutes les grandes villes se fieront de plus en plus aux différents systèmes de transport en commun. La plupart des immigrants s'établissent dans les grands centres urbains et se fient énormément au transport en commun. L'accent mis sur un environnement plus propre entraînera aussi une augmentation des dépenses connexes aux systèmes de transport en commun. Les pilotes de STI seront donc grandement influencés par les facteurs socio-économiques comme « les changements démographiques », ainsi que « la sécurité et la sûreté ».

Les sociétés souhaitant offrir des produits et des services dans ce secteur d'application trouveront beaucoup d'excellentes sources d'information sur les produits, les marchés et la technologie de l'information. Ainsi, le gouvernement fédéral maintient son plan de systèmes de transport intelligent, un plan qui fournit une perspective équilibrée de l'exploitation actuelle et à venir de diverses technologies dans l'industrie du transport au Canada. Ce qui se dégage de ce plan est l'utilisation exhaustive de la technologie du sans fil dans des domaines comme les routes à péage et les systèmes de collecte d'argent. Une force majeure du processus de planification est la société STI du Canada, un partenariat à but non lucratif, incorporé et composé de professionnels des secteurs publics et privés. Cette société réunit 200 sociétés, personnes et chercheurs.

La plupart des pilotes de produits, de marché et de technologie présentés dans la figure 10 sont évidents et ne seront pas présentés en détail. Ce qui sera le plus utile pour les fournisseurs de ressources physiques, financières et humaines nécessaires pour respecter les applications du STI est la distillation de ces facteurs (et l'identification des autres) en une information qu'ils peuvent utiliser dans leurs processus de planification. La première chose à comprendre est que les dépenses de STI sont concentrées sur ce que l'on appelle des dépenses « d'infrastructure ». De tels comptes de dépenses constituent un pourcentage très élevé des budgets des trois paliers de gouvernement (15 milliards de dollars par an au niveau municipal). Et ces derniers comptent de plus en plus sur la technologie pour préserver et mettre à niveau leurs infrastructures. Une sensibilisation aux tendances de financement des infrastructures et à leurs mécanismes constituerait une bonne réponse aux pilotes de marchés des STI.

Les capteurs sophistiqués de tout type sont utilisés pour l'entretien des ponts, des autoroutes et des structures très en vue comme la tour du CN et le pont de la Confédération qui relie le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard. Au même moment, les gouvernements cherchent à s'associer avec le secteur privé pour la conception et l'entretien de tels systèmes. C'est pourquoi « la disponibilité du capital de risque » est présentée comme un pilote de produits des STI dans la figure 10.

Le GPS est l'une des technologies les plus récentes pouvant être appliquées à plus vaste échelle aux applications des STI. Elle peut être utilisée pour mieux suivre les mouvements des véhicules publics (pompiers, policiers, ambulanciers, etc.) qu'avec les systèmes traditionnels de communications radio.

Le Canada est un chef de file dans la conception, la fabrication et le marketing de terminaux de données mobiles pour les taxis, les véhicules de livraison et les véhicules de police. Il sera alors possible de présenter une toute nouvelle génération de ces systèmes, une génération qui fournirait une vaste gamme de services sans fil dans la voiture, non seulement pour les opérateurs de véhicule, mais aussi pour les clients dans le cas des taxis. La télévision et l'information avant l'achat sont des exemples de ces services. La gestion de la flotte en temps réel est un autre secteur dans lequel des sociétés canadiennes connaissent un certain succès alors que, dans un tel système, une application télécharge l'information sur un véhicule dans un point de collecte à la fin de la journée.

Pour résumer la discussion sur les STI comme application, il s'agit d'un secteur qui attirera des sommes importantes de financement public, qui se prêtera bien à l'application de la technologie sans fil, qui encouragera des partenariats publics/privés et qui offrira de nouvelles possibilités d'investissements à tous les niveaux du spectre. Le financement est essentiel pour les villes. Même si elles sont des moteurs majeurs de la croissance du PNB, elles font face à des défis au niveau de l'entretien des infrastructures essentielles. À noter que la question du financement n'est pas encore résolue.

Pilotes d'intégration de systèmes

Les groupes de discussion ont identifié le besoin de développer une expertise d'intégration de systèmes qui permettrait au matériel et aux logiciels d'être traités comme des modules pouvant être configurés pour promouvoir l'adoption des téléphones cellulaires. Le secteur canadien d'application précis choisi pour cette initiative a été celui des soins de santé car ce marché a un besoin énorme d'intégration des dossiers médicaux pour ainsi créer un système de fichiers exhaustifs électroniques sur les patients. En plus de meilleurs systèmes administratifs, il faudrait aussi des systèmes logiciels capables

de traiter les besoins en temps réel du système de soins de santé, soit un meilleur accès aux résultats de laboratoire (rayons X, biochimie, etc.); un meilleur suivi de la médication et même l'utilisation de modèles pour le travail diagnostique.

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'adoption des technologies du sans fil dans le domaine des soins de santé traîne de la patte lorsque l'on compare les résultats canadiens avec ceux d'autres pays, plus précisément les États-Unis. Beaucoup de raisons ont été suggérées pour expliquer ce retard, comme le faible niveau de privatisation du système de soins de santé et l'âge plus avancé des professionnels de la santé au Canada. Ces facteurs changent et la direction du changement porte à croire que nous sommes sur le point d'augmenter significativement les dépenses pour les systèmes sans fil et de dossiers de patients électroniques dans nos établissements de soins de santé.

La privatisation croissante des sociétés publiques a déjà été indiquée comme pilote du marché. Puisqu'elle cette privatisation aura d'importantes répercussions dans ce secteur d'application, cela signifie que l'accent sera mis sur l'efficacité dans la prestation des soins. Une façon de le faire consiste à économiser/gagner de l'argent et à améliorer les soins aux patients par l'entremise de la communication accrue des renseignements médicaux. L'intégration de systèmes et des systèmes de dossiers électroniques sur des patients permettrait de l'atteindre en diminuant les erreurs médicales, ainsi qu'en augmentant l'exactitude des données et l'efficacité des travailleurs de la santé. Il faut aussi tenir compte du coût des erreurs médicales dans le système de soins de santé canadien. En plus des répercussions malheureuses sur les patients, le coût de ces erreurs est énorme pour le système, et si les technologies du sans fil et les systèmes de fichiers électroniques de patients pouvaient être combinés à des systèmes de gestion de la médication, le Canada et les Canadiens en tireraient d'énormes bénéfices.

Aux États-Unis, on évalue qu'un hôpital type utilise plus de 200 logiciels différents et que peu d'entre eux fonctionnent ensemble. De plus, environ 70 pour cent des transactions pour les soins de santé sont encore effectuées sur papier. Au Canada, plus le secteur des soins de santé passera du papier au format électronique, plus la prestation des soins de santé elle-même deviendra mobile grâce aux technologies et aux téléphones cellulaires.

L'adoption des fichiers électroniques sur les patients permettrait au Canada de jouer un rôle principal dans le nouveau domaine des rapports électroniques de soins pour les patients en phase préhospitalière. En Irlande, l'organisme de réglementation prévu sous le régime de la loi sur les soins d'urgence préhospitaliers a demandé la mise en place d'une solution avec tablettes électroniques, des tablettes qui

enregistreraient et transmettraient les données sur les accidents et les soins d'urgence préhospitaliers prodigués aux patients en temps réel « du point de contact initial avec le patient » aux services d'urgence. Les auxiliaires médicaux pourraient alors communiquer les données sur les soins prodigués aux patients de façon transparente à un service d'urgences hospitalier à offrir à un blessé. Grâce à l'information recueillie sur les patients entrants, les professionnels de soins de santé pourraient traiter le patient dès son arrivée.

Considérez l'inefficacité des pratiques canadiennes actuelles, lorsque les ambulanciers remettent le patient au personnel de l'urgence. Dans un système papier traditionnel, des formulaires standard carbonés sont utilisés par les auxiliaires médicaux pour enregistrer manuellement les renseignements et détails sur les patients, ainsi que les interventions et soins prodigués. Si possible, ces données sont écrites pendant le transport mais cela exige souvent un suivi puisque les renseignements sont rarement complets. Les originaux de ces formulaires sont ensuite remis à l'urgence, au moment du transfert du patient. À la fin du quart des ambulances, les copies de ces formulaires sont ensuite renvoyées à la centrale où les données qu'ils contiennent seront entrées par numérisation ou par saisie manuelle.

La sécurité de l'information a été indiquée comme pilote de marché; il s'agira donc d'un pilote important dans ce secteur d'application. La protection des renseignements hautement sensibles sur le patient dans un environnement mobile sera donc exigée par le marché, ce qui fera évoluer la capacité canadienne dans le secteur lié à la sécurité. Comme l'indique la figure 10, « les normes et règlements » ont été identifiés comme un pilote « autre ». Il sera très important, quand l'entreprise entrera en phase « mûre » de sa croissance et s'appliquera aux trois secteurs d'application. Il est aussi étroitement lié au pilote « sécurité d'information » présenté comme pilote de marché car la sécurité de ce processus dépendra directement de l'existence et de la mise en place des normes et des règlements. Ce rapport entre la sécurité d'information et les normes et règlements existera dans tous les secteurs d'application, mais cela est particulièrement évident pour le secteur des soins de santé.

Avec la venue des technologies du sans fil et des systèmes de fichiers électroniques sur les patients, une gamme de professionnels de la santé, dont l'administration, profitera de l'accès amélioré à l'information au chevet du patient ainsi qu'à d'autres moments dans la prestation des soins aux patients.

Pilotes de jeux multi-joueurs mobiles

Plusieurs pilotes de marché auront un impact sur l'adoption de jeux mobiles multi-joueurs au Canada. Les principaux sont le comportement des trois participants principaux du marché dans ce secteur d'application, soit les opérateurs de réseaux mobiles, les consommateurs de jeux mobiles et les concepteurs de jeux mobiles. Les pilotes dans ce secteur d'application seront fortement influencés par « l'économie de services », un facteur socio-économique.

Des opérateurs canadiens du secteur mobile (soit les fournisseurs du service sans fil) ont englouti des sommes énormes dans les technologies actuelles et, comme nous en avons déjà discuté, les frais liés à la mise en place de modifications sont toujours aussi importantes. Peu de promotion a été faite à l'égard du contenu multi-joueurs car cela exigerait d'implanter des changements au niveau de la facturation. De plus, on est aussi en droit de se poser la question : qui pourra que les logiciels sont « corrects » pour un réseau?

Les consommateurs de jeux mobiles canadiens sont différents des joueurs à domicile. La différence fondamentale porte sur le fait que les joueurs mobiles ont tendance à être des joueurs occasionnels alors que les joueurs à domicile sont plutôt des joueurs purs et durs, ce qui aura un impact énorme sur la taille du marché et les possibilités commerciales globales du marché au Canada.

Les développeurs de jeux mobiles canadiens font face à d'importantes dépenses de développement puisque les jeux en réseau mobiles sont beaucoup plus difficiles à développer et coûtent donc plus cher à commercialiser. La complexité des interactions et le nombre élevé de tests pour la mise en œuvre et la vérification font augmenter les frais de développement et de tests. Ajoutez à cela le marché d'utilisateurs occasionnels et cela rend la viabilité difficile, du moins au début. L'o retrouve cependant beaucoup d'entreprises canadiennes internationalement reconnues dans le secteur du développement de jeux pour les ordinateurs ou autres plates-formes. Cependant, les grandes sociétés sont prudentes alors que les petites, qui prennent traditionnellement de plus grands risques pour lancer des titres innovateurs sur le marché, ont en général de la difficulté à convaincre les opérateurs de cellulaires de faire affaire avec eux. La discussion a permis de révéler que les jeux mobiles multi-joueurs pourront percer au Canada s'ils ont été créés en fonction des utilisateurs occasionnels et tiennent compte des inquiétudes des opérateurs et des développeurs de jeux pour cellulaires.

L'un des pilotes de produit le plus important pour cette application est le rendement adéquat du réseau, ce qui touche le délai d'attente, soit le temps entre l'envoi d'une demande et la réception d'une réponse. Personne n'aime voir un délai dans sa partie, ce qui signifie que le jeu doit permettre un délai d'attente tant dans sa conception que l'architecture logicielle.

Un autre pilote de produit dont il faut tenir compte est la résolution de l'écran. Bien que la résolution augmente, elle arrive à peine à s'adapter à diminution de la taille des écrans. Plus de joueurs signifie plus de pixels, ce qui veut dire que tout le secteur de « l'ingénierie des pixels » (comme certaines personnes l'ont mentionné dans les ateliers) prend donc beaucoup d'importance.

Les ateliers ont aussi permis de déterminer qu'« une interface utilisateur robuste » doit être un pilote de produit clef dans ce secteur d'application. Une telle interface utilisateur devrait incorporer un écran tactile, être configurable et aussi facile à utiliser que possible.

Les fortes capacités du Canada en ingénierie de facteurs humains et de conception d'interface utilisateur signifient que ce pilote de produit peut être exploité par les chercheurs/sociétés canadiens. Plusieurs tendances positives peuvent être utilisées pour faire encore augmenter la capacité canadienne dans ce secteur. Tout d'abord, plusieurs petites sociétés œuvrent dans le secteur de la conception des interfaces utilisateur et leurs capacités sont reconnues partout dans le monde. Ainsi, plusieurs sociétés de la région d'Ottawa

ont été créées quand Nortel a décidé de fermer son unité interne d'ingénierie des facteurs humains (IFH) il y a plusieurs années. Le Canada possède aussi une puissance force de recherche dans le secteur des IFN et des domaines connexes; plusieurs universités sont actives dans ce secteur, y compris l'Institut du Conseil national de recherche pour la Technologie de l'information (I-CNR-TI). Precarn a soutenu activement les activités de recherche du Canada dans ce domaine. En outre, l'héritage multilingue du Canada donne l'occasion d'exploiter la richesse culturelle pour ainsi créer des technologies uniques. Ce point est important parce que, comme nous l'avons déjà dit, 98 pour cent du marché du sans fil se trouve à l'étranger.

Plusieurs pilotes de produits peuvent aussi être regroupés sous la bannière « besoin de la collectivité ». Cela fait référence au grand nombre d'utilisateurs mobiles cherchant un degré élevé de communauté dans ces jeux. De tels appareils devront donc posséder des listes d'amis et offrir la capacité de bavarder en temps réel. Puisque les recommandations des amis sont les meilleurs pilotes pour l'achat de cellulaires et de jeux, ces fonctions seront donc essentielles.

Les ateliers ont aussi identifié un pilote de marché, soit les « déchets de produit et leur élimination ». De plus en plus, les consommateurs veulent des produits et des emballages qui utilisent efficacement le matériel (même de matériaux recyclés dans certains cas) et le moins de rejet possible dans l'environnement. Pour le jeu mobile, les déchets incluent les piles, les présentoirs, le plastique, etc., tant dans les appareils portatifs que pour le combiné.

Chapitre 7 : La carte routière de la technologie

Ce chapitre comporte quatre sections principales. La première présente le plan du chapitre. La deuxième, un résumé des principales contraintes qui dicteront l'allure et la forme des développements technologiques de la période à l'étude, soit 2006-2016. Les deux dernières sections présentent la carte routière de la technologie du sans fil.

Cette carte routière diffère beaucoup des cartes traditionnelles. Tout d'abord, le comité directeur a examiné la tâche en fonction des ressources humaines. Ce type d'examen visait à permettre de comprendre comment les applications choisies de la technologie du sans fil s'agenceraient dans le contexte réaliste des fortes puissances sociales, politiques et économiques qui façonnent le potentiel de la technologie en matière de produits, de sociétés et d'emplois.

Par conséquent, la présente carte cible trois secteurs d'application précis par opposition à une vue d'ensemble de l'industrie du sans fil (ou une partie de celle-ci). La figure 13 fait référence au secteur d'application des STI, la figure 14, au secteur d'application de l'intégration des systèmes et la figure 15, au secteur d'application de jeux mobiles multi-joueurs.

Ces trois plans d'application comprennent des pilotes clés de produits, de marché et de technologie ainsi l'ensemble des réponses que le Canada devrait mettre en œuvre par groupe de pilotes s'il veut atteindre la vision décrite dans l'énoncé de vision. Par conséquent, les enjeux présentés dans cette carte routière (voir les figures 13, 14 et 15) ne se limitent pas à la technologie car ils incluent les questions de RH, les facteurs clés externes et les indicateurs de succès qui s'appliqueront aux initiatives stratégiques sous-entendues dans les différentes cartes routières.

7.1 Contraintes majeures

Règlements (politiques)

On prévoit une pénurie de spectres d'ici 2016. Le problème fondamental (voir le chapitre 4) est que le cadre de réglementation a été conçu autour de la technologie issue de la première industrie mondiale de technologie sans fil (1906-1956).

Il ne reste que peu du spectre principal, soit un pour cent de toutes les fréquences inférieures à 3 GHz. Ces fréquences ont une grande valeur en raison de leur capacité à traverser les structures comme les édifices et les arbres ainsi que les conditions atmosphériques comme la pluie. Tout compte fait,

ces assignations de spectre héritées sont ancrées et toute nouvelle utilisation du spectre principal est par conséquent systématiquement mise de côté.

Le Canada ne peut prendre d'action indépendante parce que le règlement sur le spectre a un caractère international. En fait, la plus grande partie de la population canadienne se trouve à 100 km au moins de la frontière américaine – une distance courte en termes de radio – ce qui nous contraint à trouver des solutions en collaboration avec nos voisins américains.

Normes (politiques d'industrie)

Les normes découlent de longues négociations dans l'industrie, négociations au cours desquelles les joueurs tentent d'influer le résultat en faveur de leur technologie. Le résultat peut finir par ralentir l'adoption des normes et des améliorations connexes. Ainsi, les efforts pour s'entendre sur le 802.11n, des efforts visant à augmenter de quatre fois la portée du WiFi et d'ainsi obtenir une augmentation du rendement jusqu'à dix fois supérieure en vitesse théorique en appliquant MIMO, ont commencé en janvier 2004. Même si des progrès ont été faits réalisés l'ébauche 2.0 de la norme, il reste encore, au 2 avril 2007, « 3 000 commentaires à traiter »⁸².

Structure industrielle (économie)

Les entreprises de télécommunications sont les principaux acteurs dans l'offre des services sans fil aux consommateurs. La consolidation de l'industrie a permis la création de sociétés publiques plus grandes donc moins nombreuses. Cette consolidation s'est aussi propagée chez les transporteurs, ce qui a entraîné des fusions (par exemple, Nokia-Siemens) et des acquisitions (par exemple, la vente de l'unité 3G de Nortel à Alcatel).

L'innovation diminue en raison des plus vastes entreprises de télécommunications qui sont donc moins nombreuses. Ces vastes sociétés publiques rendent moins probable le recours à de l'amortissement pour investir dans de nouveaux équipements de réseau. Même si les réseaux 3G devraient être en service et desservir dix pour cent de la base d'abonnés mondiale en 2007, on s'inquiète déjà qu'ils « ne pourraient pas atteindre le rendement exigé pour le multimédia, la vidéo et les téléconférences sans fil »⁸³.

Une inquiétude connexe est l'impact structurel qu'aura la mondialisation. Dans ce nouveau monde, des grandes sociétés intégrées verticalement traversent maintenant de nombreuses frontières. La veille réplique dans laquelle les

⁸² « Wireless Networking Standard 802.11n Nears Completion », *Design News* (2 avril 2007).

⁸³ « 4G – Beyond 2.5G and 3G Networks », www.mobileinfo.com (2 octobre 2006).

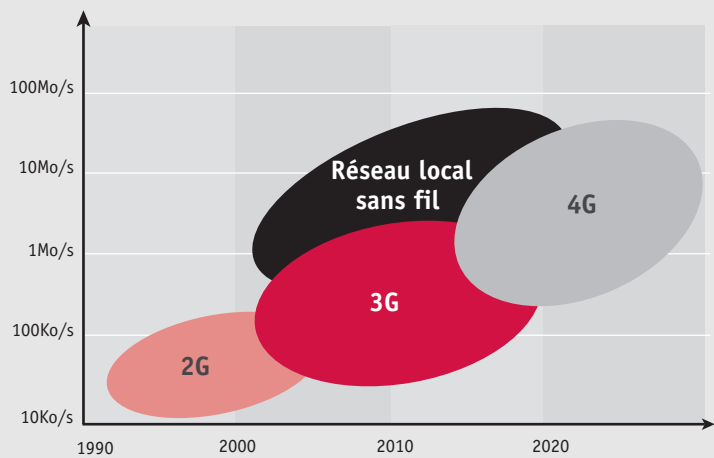
filiales nationales d'une société couvraient tous les secteurs, du concept à la commercialisation, n'a plus lieu d'être. Les filiales se concentrent maintenant sur un élément précis comme la R et D ou la production. Les grandes sociétés intégrées verticalement qui, auparavant servaient de lieu de formation efficace pour les jeunes diplômés, n'existent plus, un état de fait problématique pour le secteur de l'ICT du Canada, un secteur surtout composé de PME. Le résultat en est simple, « Tous cherchent des employés ayant cinq ans d'expérience »⁸⁴.

Technologie sans fil

Les circuits intégrés⁸⁵, le niveau le plus bas des systèmes sans fil, fournissent une puissance de traitement potentielle augmentant à un rythme de 58 pour cent TCAC⁸⁶, une mesure établie selon leur complexité croissante (densité de transistors logiques). Cependant, la productivité de l'ingénierie pour la conception de ces circuits (le nombre de transistors/mois) n'augmente qu'au rythme de 21 pour cent TCAC, un reflet de l'incapacité des outils de conception de logiciels à se maintenir au niveau de la loi de Moore⁸⁷.

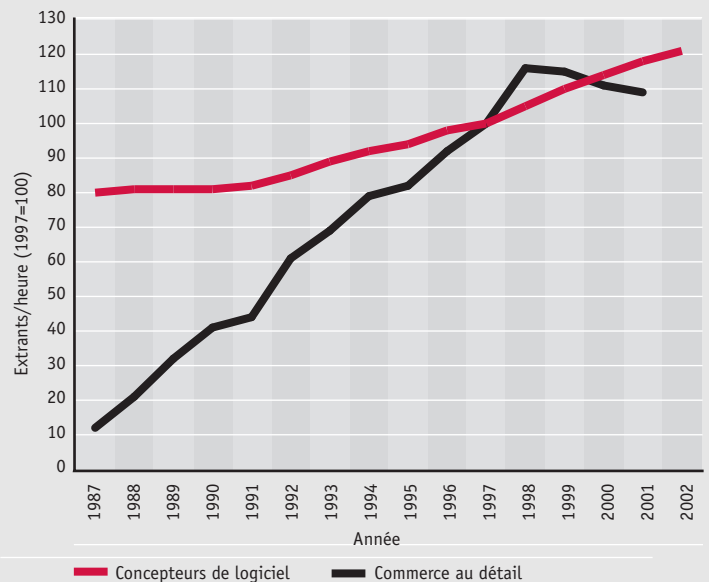
Les réseaux sans fil, le niveau le plus élevé des systèmes sans fil, progressent dans leur capacité de transmission de données à un rythme de 46 pour cent TCAC :

Figure 11 : Taux des données de réseau



Cette projection du rendement des réseaux dépend cependant, en grande partie, des logiciels. Certains des progrès les plus prometteurs dans la technologie du sans fil comme MIMO, la radio intelligente, la radio définie par logiciel, la fusion des données de capteur et le spectre de diffusion s'appuient sur les logiciels. Le problème est que les logiciels luttent avec l'innovation des processus, un élément critique dans la troisième phase du cycle de vie de la technologie (voir le chapitre 2), comme l'illustre la figure suivante⁸⁸ :

Figure 12 : Progrès des logiciels c. un secteur « lent » (vente au détail)



⁸⁴ Un thème récurrent dans les groupes de discussion.

⁸⁵ International Technology Roadmap for Semiconductors

⁸⁶ Taux de croissance annuel composé.

⁸⁷ La loi de Moore est une observation empirique datant de 1965 qui indique que le nombre de transistors dans un circuit intégré pour un composant minimal doublera de prix tous les 24 mois. On attribue la formulation de cette loi à Gordon E. Moore (né en 1929), un des co-fondateurs d'Intel. Même si on dit souvent que la période dure 18 mois, la page officielle de Moore, chez Intel, ainsi qu'une entrevue avec l'auteur lui-même, permet de rectifier le tir.

⁸⁸ Basée sur une interprétation d'un graphique préparé par Mary Poppendieck (http://www.noctilucet.org/blog/archives/2004/02/chad_talk_incre.html).

Le logiciel est le point faible de la technologie sans fil et il offre de plus en plus de fonctionnalités système. Les applications de données des réseaux sans fil – dépendantes de l'intégration des systèmes – seront cependant essentielles si les entreprises de télécommunications veulent remplacer la perte de revenus subie en raison de la diminution des échanges vocaux et investir dans la technologie 4G.

En résumé, on ne prévoit aucun goulot d'étranglement significatif pour le sans fil entre 2006 et 2016. Des employés habiles, de meilleures méthodologies de création de logiciels, la situation économique des entreprises de télécommunications et la réglementation sont les problèmes les plus évidents qui doivent être réglés pour atteindre les objectifs d'application des STI, l'intégration de systèmes et les jeux mobiles multi-joueurs.

7.2 La carte routière pour les STI

Ce secteur d'application a évolué pour ainsi ne plus être ce qu'on appelait un « réseau de capteurs ». Le comité de direction a estimé qu'il fallait cibler les systèmes de transport intelligent car ces derniers comptent beaucoup sur les réseaux de capteurs et aussi parce que le Canada a déjà une force industrielle dans ce domaine. Voici une autre raison : il s'agira probablement d'un secteur à croissance élevée. Le marché mondial annuel des produits et services STI devrait s'élever à 90 milliards de dollars en 2011 alors que la part canadienne totale de ce marché pourrait atteindre 4,7 milliards de dollars. Les routes à péage sont un exemple d'application où la technologie du sans fil joue un rôle clef. Après l'autoroute 407 de la région du grand Toronto (GTA), deux autoroutes à péage ont été construites dans les Maritimes et on s'attend à ce qu'il y en ait d'autres dans les secteurs métropolitains d'un océan à l'autre.

L'application sans fil d'abord conçue au Canada est un système de collecte avec carte à puce qui utilise des cartes de proximité sans contact permettant aux passagers de transférer l'argent et l'information de voyage à un système automatisé de collecte de données. Comme une telle carte peut être utilisée pour payer le stationnement et les frais de bibliothèque, elle a été baptisée la « carte combo ».

De tous les pilotes indiqués dans la figure 16, l'expertise logicielle (un pilote de technologie) est la plus importante. Comme il a été mentionné au chapitre 3, le développement de logiciels est encore « un art nébuleux » plutôt qu'une vraie discipline technique et les forces de la mondialisation la rendront de plus en plus difficile à gérer en raison de la fonction R et D qui est habituellement éloignée des fonctions de distribution et de production.

7.3 La carte routière pour l'intégration des systèmes

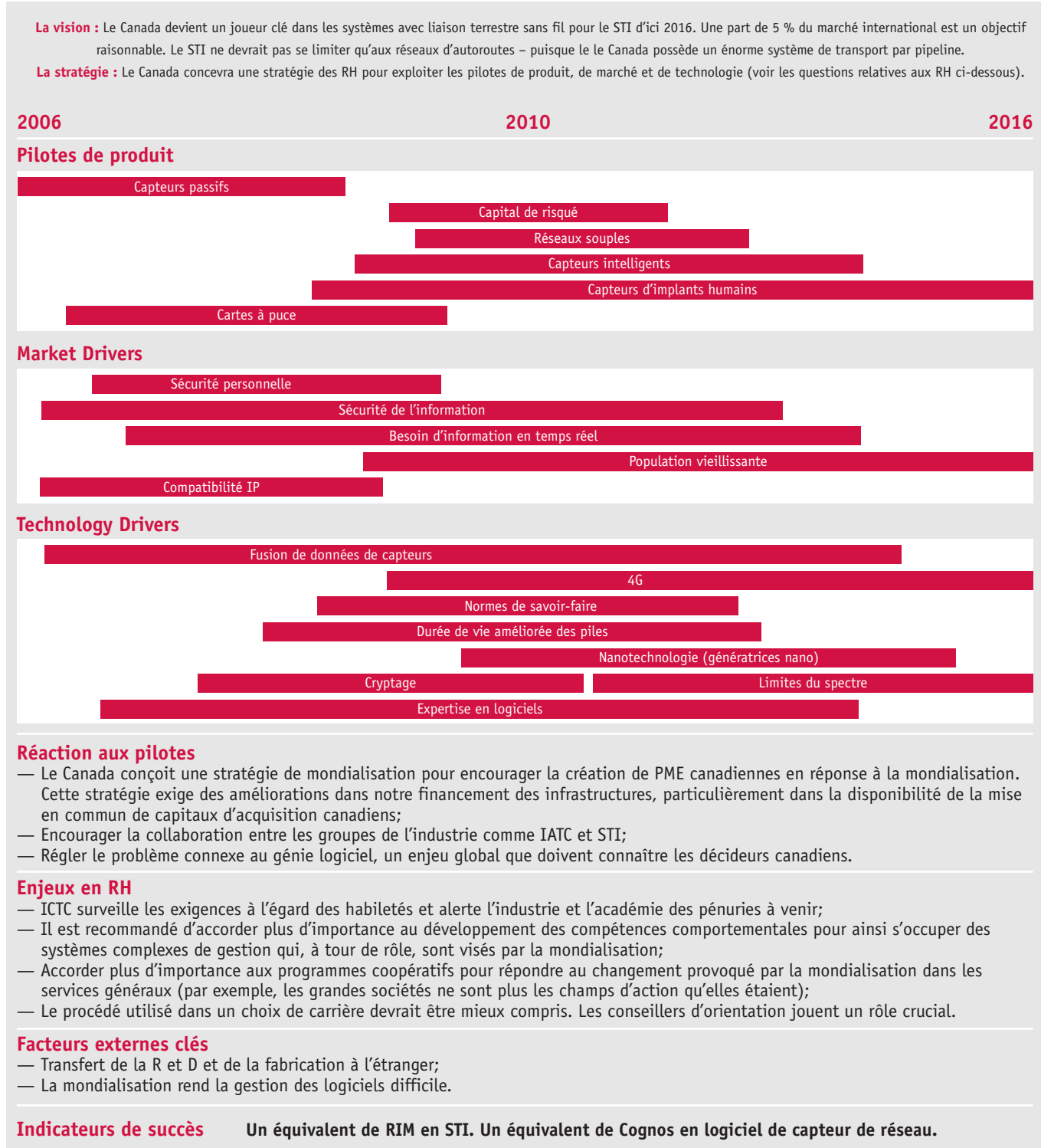
Un fait usuel dans l'industrie canadienne du sans fil est qu'en moyenne, une société compte beaucoup sur l'approvisionnement en composants matériel et logiciel développés ailleurs. De tels composants doivent être intégrés au système pour fournir une solution aux besoins du client. Tout comme pour le logiciel, le processus d'intégration est encore « un art nébuleux » plutôt qu'une discipline technique et prend de nouvelles formes lorsque les composants sont conçus sur mesure plutôt qu'achetés « sur l'étagère ». Une carte technologique du secteur d'application d'intégration des systèmes est présentée dans la figure 14.

La question de la nébulosité du logiciel sera un obstacle évident à la construction d'une forte capacité canadienne dans ce secteur d'application. Un indicateur clé de réussite sera l'émergence de plusieurs sociétés qui seraient l'équivalent sans fil (ou ICT) de SNC-Lavalin. SED Systems of Saskatoon est un bon exemple d'une telle société.

7.4 La carte routière des jeux mobiles multi-joueurs

La figure 15 montre que les différents pilotes de produit, de marché et de technologie devraient s'associer pour bâtir une industrie des jeux multi-joueurs mobiles prépondérante au Canada pendant la prochaine décennie. Comme il était indiqué dans la section 5.3, le jeu mobile est toujours en phase embryonnaire, une phase où les percées technologiques jouent un rôle prépondérant. L'existence d'une présence canadienne dans ce marché était une des surprises pour les groupes de discussion régionaux. Parce que l'industrie est si jeune et parce que les technologies applicables changent si radicalement, les délais de la figure 15 sont sujets à des changements significatifs.

Figure 13 : La carte routière⁸⁹ de STI



⁸⁹ Les pilotes de produit, de marché et de technologie, représentés par des barres horizontales, varient en fonction du temps, la plupart selon une courbe de la forme d'une cloche. Certains d'entre eux, comme c'est le cas pour les logiciels, connaissent une croissance rapide et restent à des niveaux élevés.

Figure 14 : La carte routière⁹⁰ de l'intégration des systèmes

Vision : Le Canada développe une capacité sans fil d'intégration de systèmes équivalent à ceux des grandes sociétés canadiennes d'ingénierie (p. ex., SNC Lavalin).

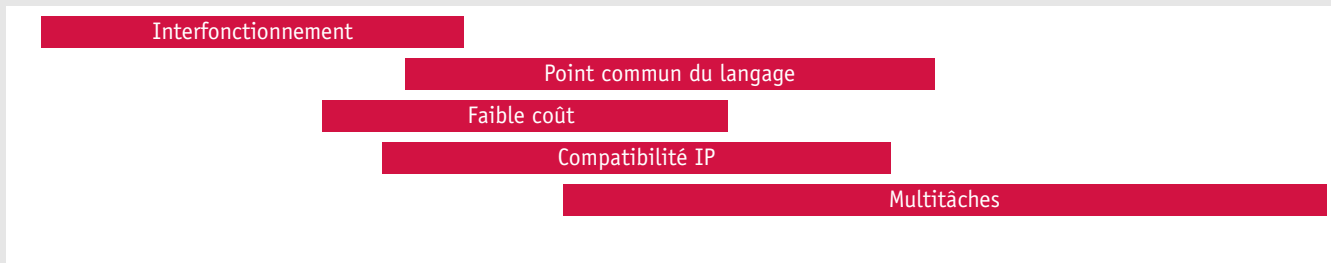
Stratégie : Le Canada encourage les consortium à s'engager dans d'importants contrats au niveau international.

2006

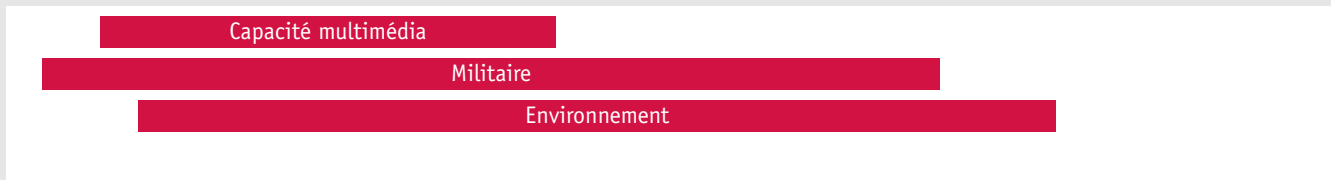
2010

2016

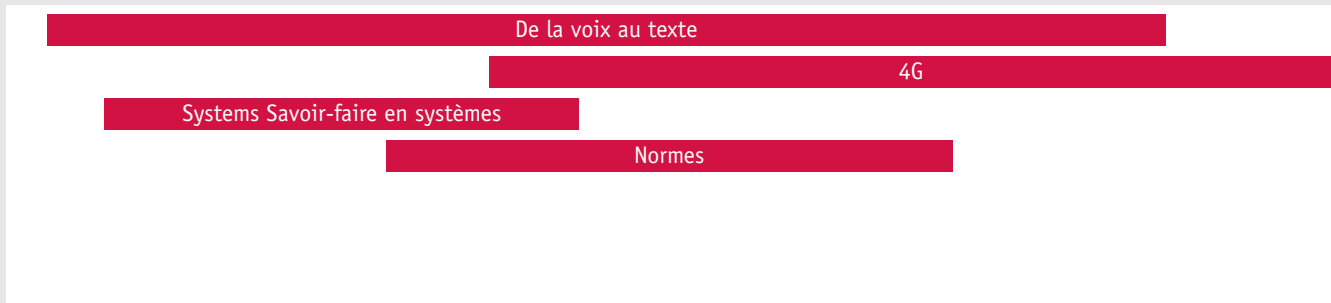
Pilotes de produits



Pilotes de marché



Pilotes de technologie



Réponses aux pilotes

— Utiliser une acquisition gouvernementale pour renforcer les capacités d'intégration des systèmes canadiens.

Enjeux en RH

— Identifier l'intégration des systèmes comme des possibilités d'acquisition d'habiletés.
 — Déterminer la gestion de projet comme possibilité d'acquisition d'habiletés.

Facteurs externes clés

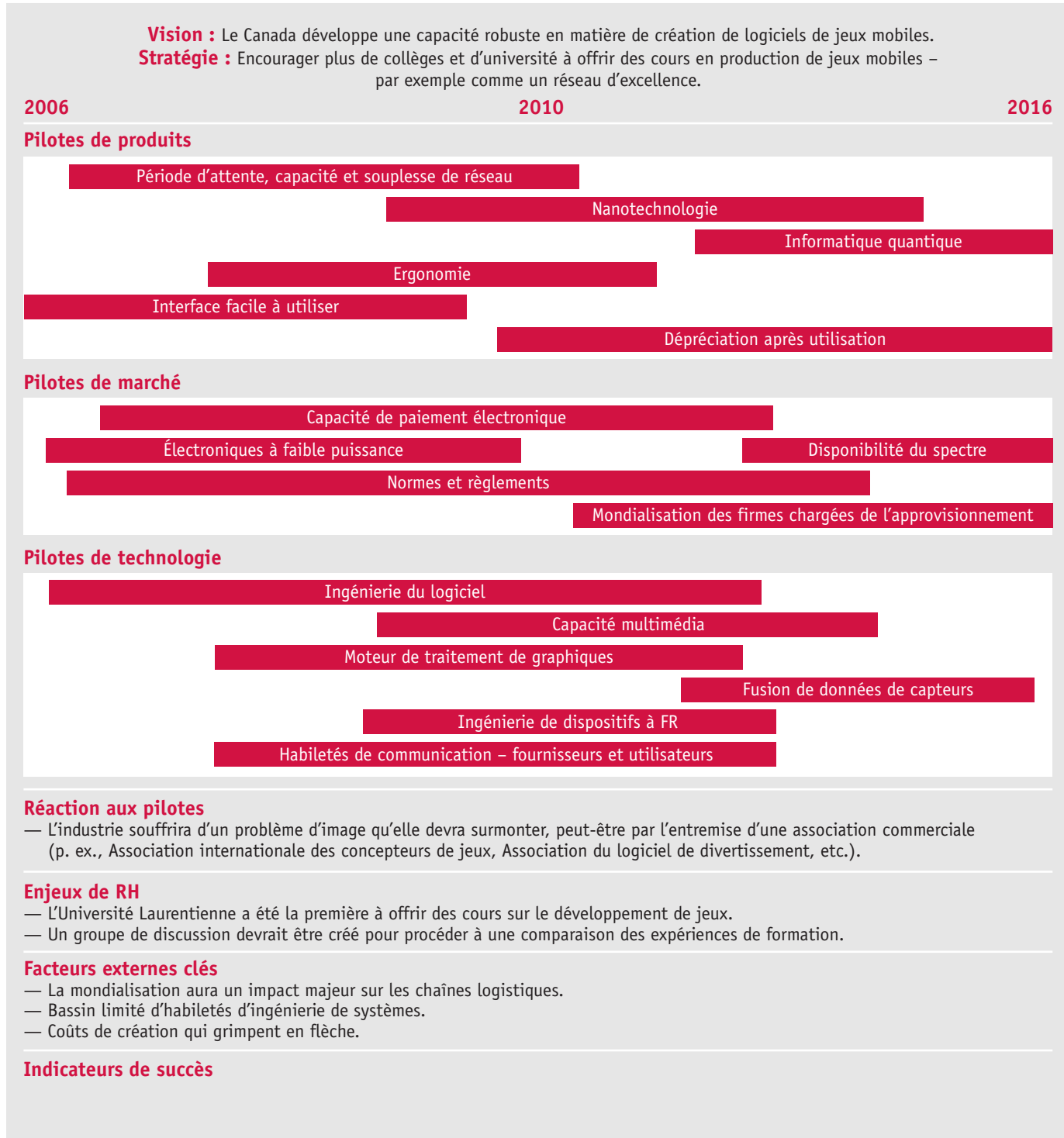
— Intégration des systèmes de logiciel maintenant effectuée dans des pays à faible rémunération.
 — Vérification de la sécurité exigée pour les contrats intérieurs et étrangers.
 — Propriété du IP.

Indicateurs de succès

Plusieurs sociétés ICT canadiennes sont reconnues comme des sociétés de systèmes d'intégration sans fil de renommée mondiale.

⁹⁰ Les pilotes de produit, de marché et de technologie, représentés par des barres horizontales, varient en fonction du temps, la plupart selon une courbe de la forme d'une cloche. Certains d'entre eux, comme c'est le cas pour les logiciels, connaissent une croissance rapide et restent à des niveaux élevés.

Figure 15 : La carte routière⁹¹ des jeux mobiles multi-joueurs



⁹¹ Les pilotes de produit, de marché et de technologie, représentés par des barres horizontales, varient en fonction du temps, la plupart selon une courbe de la forme d'une cloche. Certains d'entre eux, comme c'est le cas pour les logiciels, connaissent une croissance rapide et restent à des niveaux élevés.

Chapitre 8 : Dimension des habiletés – le résultat

Ce chapitre commence d’abord par présenter les résultats des six groupes de discussion régionaux et se termine par la vision de l’employeur sur le développement des habiletés dans le milieu de travail.

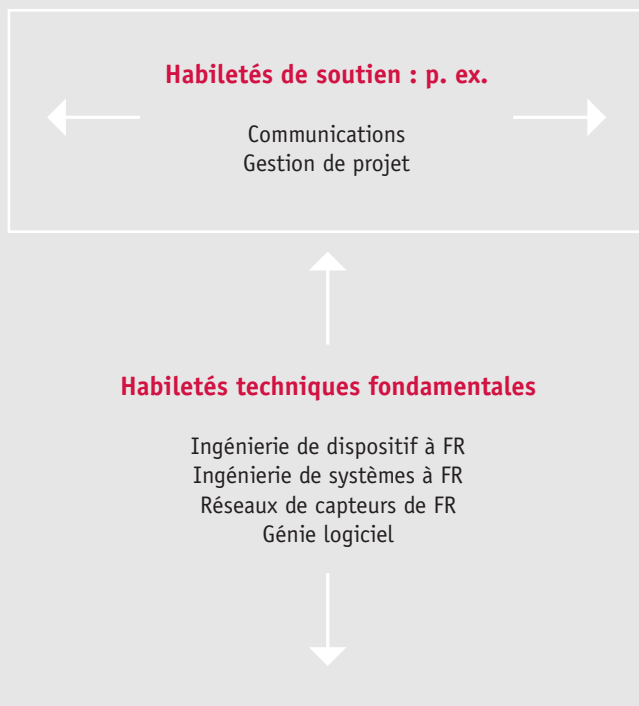
Les six groupes de discussion faisaient partie intégrante de l’effort de recherche pour concevoir le plan. Tous ont examiné les questions d’habileté. Les deux dernières séances ont été consacrées au raffinement des résultats des groupes précédents. On y a abordé la façon dont les exigences en matière d’habiletés pourraient le mieux être satisfaites. En tout, plus de 100 intervenants de l’industrie ont participé à ces séances :

Tableau 4 : Groupes de discussion régionaux

Date	Hôte	Sujet principal	Emplacement
Le 8 novembre 2006	ICTC	Produit/Marché	Ottawa
Le 14 décembre 2006	Institut international de télécommunications	Produit/Marché	Montréal
Le 11 janvier 2007	Université de Waterloo, Département de l’ingénierie informatique et électrique	Produit/Marché	Waterloo
Le 26 janvier 2007	Association d’industries de technologie de la Colombie-Britannique	Produit/Marché	Vancouver
Le 8 février 2007	ICTC	Habilités	Ottawa
Le 22 février 2007	Institut international de télécommunications	Habilités	Montréal

Les habiletés requises pour les trois applications ont été groupées selon le modèle « T » des habiletés, tel que suggéré par les participants de la séance de février à Ottawa :

Figure 16 : le Modèle « T » des habiletés de travail



La colonne du T comprend les habiletés techniques fondamentales requises pour ce travail. La barre correspond aux habiletés liées nécessaires pour appliquer efficacement les habiletés techniques au sein de l’organisme.

Pour chaque application, le modèle de systèmes technologiques (voir le chapitre 2) a été appliqué pour grouper les habiletés techniques nécessaires à l’emploi en quatre catégories : ingénierie de dispositifs de fréquences radio, ingénierie de systèmes de fréquences radio, réseaux de capteurs de fréquences radio et génie logiciel.

Ingénierie de dispositifs à FR : Ce sont les habiletés fondamentales qui ciblent les composants de base à partir desquels les systèmes à FR sont construits : des microprocesseurs, des antennes et des piles aux connaissances de conception et d'analyse, comme la disposition des circuits et la propagation de FR nécessaires pour déterminer les exigences de rendement critiques. Une liste de ces habiletés fondamentales et leur application aux trois projets est présentée ci-dessous.

Tableau 5 : Habiletés fondamentales requises - Ingénierie de dispositifs à FR

Habilités fondamentales requises	Projets		
	1	2	3
Ingénierie de dispositifs à FR			
— Conception analogue	■		
— Traitement de signaux numériques	■		■
— Antennes	■		■
— Disposition des circuits	■		■
— Fabrication de dispositifs	■		■
— Informatique intégrée	■	■	■
— Protection (par exemple, pour hôpitaux)	■	■	■
Conception en vue de la fabrication	■		■
Propagation de FR (par exemple, envergure, interférence, rurale c. urbain)	■	■	■
— Analyse sur le terrain	■	■	■
Radio définie par logiciel	■		
Radio cognitive	■		
Ensemble de matrices de portes programmables par l'utilisateur (FPGA)	■	■	■
Ingénierie de l'affichage			■
— Optimisation de l'utilisation des pixels			■
Commutateur photonique	■		■
Plates-formes de dispositifs comme les ordinateurs personnels, PDA, cellulaires, etc.			■
Source d'alimentation en énergie	■		■
— Gestion de la puissance	■		■
— Piles (par exemple, piles intelligentes, capacité, etc.)	■	■	■
Conception de l'emballage	■		■
— Dissipation de la chaleur			■

Nota : *Projet 1 : Réseau d'amenée sans fil pour les systèmes de transport intelligent.*
Projet 2 : Plate-forme de logiciel sans fil pour l'intégration des systèmes.
Projet 3 : Plate-forme technologique pour jeux mobiles multi-joueurs en temps réel.

Ingénierie de systèmes à FR : Il s'agit des habiletés fondamentales qui sont requises pour concevoir, construire et faire fonctionner les réseaux à FR qui fournissent l'infrastructure critique sur laquelle comptent les utilisateurs de dispositifs à FR. Cette infrastructure va des stations réseaux de base aux outils analytiques comme l'analyse de la circulation et les problèmes du spectre comme la planification et la régulation. L'ingénierie nécessaire et le savoir-faire technique vont des habiletés pratiques, comme l'intégration de processeurs commerciaux sur les étagères et les prototypes jusqu'aux normes, comme les protocoles de contrôle de transmission, en passant par les structures conceptuelles comme la théorie des systèmes et du contrôle.

Tableau 6 : Habiletés fondamentales requises - Ingénierie de systèmes à FR

Habiletés fondamentales requises	Projets		
	1	2	3
Ingénierie de systèmes à FR			
Stations de Base	■		
Terminaux	■		
Amplification	■		
Transmission	■		
Analyse et ingénierie de la circulation	■		■
— Gestion de la largeur de bande (par exemple, efficacité du spectre)	■	■	■
Gestion du réseau et de son fonctionnement	■	■	■
— Assurance-qualité	■	■	■
— Gestion du risque	■	■	
Sécurité du sans fil	■	■	
Planification et réglage du spectre	■	■	■
Architecture de réseau, intégration et interfonctionnement			
— Interfaces intermodales	■	■	
— Protocoles de contrôle de transmission (par exemple, pour la prévention, la détection et la correction des erreurs)	■	■	■
— Protocoles Internet	■	■	■
— Accès au réseau	■	■	■
— Interfaces utilisateur	■	■	■
Méthodologies du processus			
— Conception de systèmes	■	■	
— Intégration des processeurs commerciaux « sur étagère »	■		■
— Création de prototypes	■	■	■
— Mise en œuvre	■	■	■
— Test d'ingénierie	■	■	■
Théorie des systèmes			
— Modèles de processus		■	
— Dynamique et ingénierie des systèmes		■	
— Théorie du contrôle		■	

Nota : *Projet 1 : Réseau d'aménagé sans fil pour les systèmes de transport intelligent.*

Projet 2 : Plate-forme de logiciel sans fil pour l'intégration des systèmes.

Projet 3 : Plate-forme technologique pour jeux mobiles multi-joueurs en temps réel.

Réseaux de capteurs de FR : Il s'agit du secteur de savoir-faire le plus récent et le plus spécialisé. Il vise presque exclusivement les systèmes de transport intelligent. Il comprend deux éléments : les capteurs eux-mêmes et les techniques de traitement de données qui sont essentiels pour la réduction du volume de transmission de données tout en conservant l'information critique. Ces habiletés sont énoncées ci-dessous :

Tableau 7 : Habiletés fondamentales requises - Réseaux de capteurs de FR

Habilités fondamentales requises	Projets		
	1	2	3
Réseaux de capteurs de FR			
Signaux et théorie du signal	■		
Techniques de traitement de données			
— Compression de données	■		
— Fusion de données	■		
— Cheminement de données	■		
— Extraction de données (par exemple, reconnaissance de formes)	■		
— Visualisation de données	■		
— Fiabilité de données	■		
— Modélisation prophétique	■		
— Cryptage	■		
— Algorithmes distribués de compression de données	■		■
Capteurs			
— Dispositifs (par exemple, optique, capteurs)	■		
— Logiciels intégrés	■		
— Robotique	■		
— Emballage	■		
— Conception et contrôle	■		
— Réseautage et protocoles	■		
— Normalisation / chevauchement	■		

Nota : *Projet 1 : Réseau d'amenée sans fil pour les systèmes de transport intelligent.*
Projet 2 : Plate-forme de logiciel sans fil pour l'intégration des systèmes.
Projet 3 : Plate-forme technologique pour jeux mobiles multi-joueurs en temps réel.

Génie logiciel : Il s'agit d'un secteur de savoir-faire qui en augmentera en importance pendant le cadre temporel visé par cette carte routière. Sur l'ensemble de la technologie des plates-formes de systèmes électroniques, le génie logiciel fait maintenant partie intégrante de la prestation de fonctionnalités sophistiquées sur lesquelles comptent les utilisateurs. Son impact sur les habiletés est si grand que la conception du matériel n'est plus la seule activité d'importance. Les systèmes sont maintenant conçus grâce à un processus de *coconception logiciel/matériel* :

Tableau 8 : Habiletés fondamentales requises - Génie logiciel

Habiletés fondamentales requises	Projets		
	1	2	3
Génie logiciel			
Méthodologies de processus			
— Conception	■	■	■
— Codage et documentation	■	■	■
— Création de prototypes	■	■	■
— Tests	■	■	■
— Mise en œuvre	■	■	
Programmation Java	■	■	
Systèmes basés sur le web	■	■	
Programmation de réseau	■	■	
Bases de données (par exemple, accès simultané)		■	
Conception d'ensembles de données	■		
Moteurs de traitement de graphiques			■
Plates-formes, par exemple, modèles de dispositifs intégrés mobiles (MIDP)		■	■

Nota : *Projet 1 : Réseau d'amenée sans fil pour les systèmes de transport intelligent.*
Projet 2 : Plate-forme de logiciel sans fil pour l'intégration des systèmes.
Projet 3 : Plate-forme technologique pour jeux mobiles multi-joueurs en temps réel.

Habiletés de soutien : Ces habiletés ne sont plus des éléments servant à apporter des retouches au diamant à l'état brut qu'est le talent technique, elles sont des ingrédients essentiels de l'industrie de l'ICT du Canada. Un thème important a été abordé dans tous les groupes de discussion, soit le besoin de généralistes dont la compréhension s'étend bien au-delà de la connaissance spécialisée dans un secteur technique étroit.

Comme l'indiquent les tableaux ci-dessous, les habiletés de gestion touchent les trois secteurs d'application. La création de jeux exige un CV encore plus étoffé, axé surtout sur les arts et sur les sciences sociales.

« La planification d'un jeu mobile exige de porter attention aux détails et de comprendre les différents enjeux – techniques, juridiques, sociaux, psychologiques, culturels et économiques – puisque chacun a une incidence sur la viabilité du jeu. »

Planifier un jeu : Forum Nokia

Tableau 9 : Habiletés fondamentales requises – Habiletés de soutien

Habiletés de soutien requises	Projets		
	1	2	3
Gestion de projet	■	■	■
— Construction d'équipe (leadership, par exemple)	■	■	■
— Analyses commerciales et stratégiques (résolution de problèmes, par exemple)	■	■	■
— Établissement d'un horaire	■	■	■
— Normes de l'industrie	■	■	■
— Normes et lois environnementales	■	■	■
Communications (rédaction technique, capacité de raconter des histoires, création littéraire, par exemple)	■	■	■
Loi de base en communication	■	■	■
Études culturelles (différences entre les marchés, par exemple)			■
Langues			■
Histoire			■
Arts visuels			■
Conception de jeux			■
Ingénierie cognitive (par exemple, présentation de données)	■		
Ergonomie			■
Conception industrielle	■		■
Marketing pour le consommateur			■

Nota : *Projet 1 : Réseau d'amenée sans fil pour les systèmes de transport intelligent.*
Projet 2 : Plate-forme de logiciel sans fil pour l'intégration des systèmes.
Projet 3 : Plate-forme technologique pour jeux mobiles multi-joueurs en temps réel.

8.1 En résumé : les exigences en matière d'habiletés

Étendue des habiletés : la vaste gamme d'habiletés requises pour réussir dans le domaine sans fil est fonction d'importants facteurs environnementaux, économiques, technologiques et politiques (voir le chapitre 2, *La métaphore sur la clairière*).

L'économie, la mondialisation en particulier, est un facteur très important. Comme on le décrit dans les chapitres 4 et 6, la mondialisation a entraîné le démantèlement des sociétés verticalement intégrées en unités d'exploitation plus spécialisées comme la R et D, la fabrication et le marketing. Les sièges sociaux intègrent les résultats obtenus dans de nombreux pays.

Auparavant, les filiales canadiennes étaient des répliques miniatures des sociétés mères étrangères (souvent venues des États-Unis) pour fournir le marché intérieur, de l'intérieur. Même si ce modèle a abouti à une « pyramide tronquée » dans laquelle les décisions stratégiques sont prises au siège social, de telles sociétés couvrent la gamme entière des activités : de la conception du produit aux recherches, au développement, à la commercialisation, à la fabrication, à la distribution et au marketing. Ce type de société a servi

d'entreprise de formation industrielle efficace, entreprise dans laquelle les jeunes talents techniques et scientifiques pouvaient en apprendre plus sur le portrait global.

Maintenant, même les sociétés ICT canadiennes valant des milliards de dollars ont été rachetées et restructurées pour mieux épouser la structure mondiale. Les PME dominent l'industrie ICT : 98 pour cent des 32 000 sociétés du secteur emploient moins de 100 personnes. Toutes ces sociétés comptent surtout sur des ingénieurs et des techniciens chevronnés plutôt que sur des nouveaux employés. Il y a peu de place pour permettre aux jeunes diplômés d'en apprendre plus sur la chaîne de valeur étendue au cours de leurs premières années de travail.

La technologie elle-même est le deuxième plus important facteur contribuant à l'étendue des habiletés. Les cellulaires créent un pont entre le monde réel analogique et le domaine numérique des circuits intégrés et des ordinateurs. En ce qui concerne les cellulaires, la conception de signaux mixtes (la capacité de traiter les signaux tant analogues que numériques et de transformer l'un en l'autre) est une exigence de base. De plus, l'interférence est un fait auquel il faut faire face dans l'environnement de fonctionnement du sans fil, ce qui complique la tâche de conception.

En comparaison, les ingénieurs de l'automobile n'ont pas à s'inquiéter de concevoir les véhicules en fonction des cailloux jonchant la route. Ils n'ont également pas à se préoccuper des détails d'infrastructure comme la conception et la construction des routes alors que les ingénieurs du sans fil se doivent de le faire. Les détails de réseaux sans fil ont un effet important sur la performance et la conception des dispositifs. En outre, la capacité et la consommation de carburant ne sont pas des facteurs limitatifs pour les ingénieurs de l'automobile, alors que l'entreposage des piles et la consommation d'énergie représentent des enjeux critiques pour les ingénieurs de la technologie du sans fil. De telles contraintes sont amplifiées par la portabilité personnelle tenue pour acquis dans le plus grand marché mondial : la téléphonie cellulaire sans fil.

Finalement, les concepteurs de la technologie du sans fil font face à des environnements de propagation des signaux très différents dans les secteurs urbains, en banlieue et dans les zones rurales. Par contraste, les routes modernes ne posent aucune de ces complications aux concepteurs automobiles.

Les politiques (règlements du spectre) sont le troisième enjeu le plus important à s'ajouter à la complexité de l'environnement sans fil. Comme il est indiqué au chapitre 4, la pénurie imminente du spectre est l'héritage des structures régulatrices conçues il y a quatre-vingts ans, quand la technologie était beaucoup moins avancée. La connaissance des enjeux du spectre est un élément critique dans la planification et la conception pour les marchés sans fil.

Changements nécessaires à l'entrée : les participants ont noté la faiblesse de beaucoup d'habiletés qui pourrait être efficacement comblée à l'étape de l'éducation postsecondaire.

Tout d'abord, la mondialisation est une réalité à laquelle il faut faire face. Plus les projets regrouperont de pays et d'organismes, plus la connaissance d'autres cultures sera essentielle. Un moyen d'y remédier est la formation linguistique. Ainsi, les diplômés en sciences sont souvent sommés de suivre des cours pour ajouter une deuxième langue liée à leur champ d'études. De même, les professionnels en ressources humaines des sociétés ICT⁹² suivent maintenant des cours sur les identités culturelles pour mieux comprendre l'éthique de travail et les habitudes des ingénieurs provenant d'autres pays comme l'Inde.

L'habileté la plus importante dans un monde plus vaste est la capacité de communiquer efficacement et d'interagir avec les autres. De façon plus particulière, l'écriture est une habileté de base que les technologues doivent améliorer. Ils doivent aussi avoir une meilleure compréhension des affaires et des réalités

de la vie organisationnelle, d'une appréciation de fonctions de base comme les finances et le marketing, des questions de leadership comme la capacité d'aller au cœur de problèmes complexes et de regarder en avant.

Une plus grande partie des études techniques doit aussi cibler les pierres angulaires comme la méthode scientifique et l'ingénierie électrique de base. On met trop l'accent sur des sujets comme les logiciels avancés et pas assez sur les connaissances plus fondamentales qui fournissent une compréhension des limites des outils modernes, comme les simulations.

Les connaissances acquises après des études de quatre ans en génie doivent porter sur l'étendue *des chaînes de valeurs modernes*, soit largeur c. profondeur. Ainsi, les ingénieurs en logiciel doivent comprendre les objets essentiels à la fabrication de circuits ainsi que leur application sur le marché. Les réseaux de capteurs sont un bon exemple du besoin *d'avoir des connaissances systémiques* allant au-delà des secteurs de spécialisation : un tel savoir-faire va de la transmission sans fil à la conception électronique et de l'ingénierie mécanique des capteurs à l'ingénierie par logiciel des algorithmes pour la compression de données. Pour couronner le tout, on trouve aussi les enjeux très différents du fonctionnement et la conception des systèmes, ainsi que les facteurs d'ingénierie humains permettant d'acheminer l'information exacte à la bonne personne et ce, de façon opportune. Finalement, le défaut le plus important dans l'éducation en ingénierie est l'accentuation de la théorie par rapport à la mise en pratique.

Beaucoup de sociétés voient à étendre les habiletés requises en créant des groupes interdisciplinaires (par exemple, RIM). De telles équipes ont un besoin plus prononcé en habiletés de gestion de projet, ce qui leur permet d'intégrer efficacement les contributions d'un grand nombre de spécialistes.

8.2 Importance relative des habiletés précises

Des habiletés particulières se démarquaient parce qu'elles chevauchaient les trois applications. Ces habiletés techniques essentielles, ainsi que des habiletés de soutien importantes, sont décrites ci-dessous :

Ingénierie de dispositifs à FR

Des 22 habiletés nommées par les intervenants, cinq étaient communes au STI, à l'intégration de systèmes et aux jeux mobiles multi-joueurs :

— l'informatique intégrée;

⁹² « Cultural Training Essential in Business », *Canwest News Service* (31 mars 2007)

- la propagation des FR et l'analyse sur le terrain;
- les matrices FPGA (matrice de portes programmables par l'utilisateur);
- la consommation d'énergie, les piles en particulier.

L'importance du logiciel pour le secteur sans fil se mesure dans sa récurrence sous de nombreuses formes différentes. Tant l'informatique intégrée que les matrices FPGA sont des éléments critiques à l'obtention de la fonctionnalité désirée au niveau des dispositifs.

La consommation d'énergie est le talon d'Achille des cellulaires. Peu d'améliorations spectaculaires sont prévues au niveau des piles, une technologie vieille de 200 ans. La propagation des FR, plus particulièrement la connaissance sur le terrain des réalités de transmission de signaux dans des environnements urbains denses représente la pierre angulaire du fonctionnement du réseau sans fil.

Ingénierie des systèmes à FR

Vingt-quatre habiletés précises ont été indiquées dans quatre vastes catégories, soit les installations de réseau; l'architecture, l'intégration et l'interfonctionnement de réseaux; les méthodologies de processus; la théorie des systèmes.

Dans la catégorie des installations, les opérations du réseau, la gestion de la largeur de bande et l'assurance-qualité ont été jugées essentielles dans toutes les applications étudiées. Les protocoles de contrôle de transmission TCP et les protocoles Internet (IP) étaient des facteurs généraux des connaissances architecturales des réseaux. La création de prototype, la mise en œuvre et les tests d'ingénierie sont des exigences communes dans les méthodologies de processus.

Les réseaux font partie intégrante des applications sans fil et leur intégration stable est un facteur central de la croissance continue du sans fil mobile à l'âge moyen de son cycle de vie comme produit.

Réseaux de capteurs de FR

Cette exigence est exclusive aux systèmes de transport intelligent. Cependant, les réseaux de capteurs sont un domaine nouveau et en pleine croissance et l'on peut s'attendre à leur trouver des applications plus vastes au fur et à mesure qu'elles progressent et évoluent à partir des stades initiaux de croissance de leur cycle de vie technologique.

Génie logiciel

Il s'agit d'un goulot d'étranglement clé de la progression globale des technologies sans fil car un très fort pourcentage de la performance des systèmes dépend des logiciels. En fait, la conception du logiciel et du matériel n'est plus séparée et forme dorénavant *une coconception logiciel/matériel*.

Les technologies de processus de la conception, du codage et de la documentation, de la création de prototypes et de la mise à l'épreuve sont communes aux trois secteurs d'application. Elles ont des répercussions directes sur le rôle vital que le logiciel joue de plus en plus dans tous les systèmes.

Le logiciel est une partie essentielle des réseaux. Le modèle ISO a été élaboré par l'Organisation internationale de normalisation en 1984 pour décrire les réseaux et applications de réseau. La couche supérieure de ce modèle, qui en compte sept, décrit les applications alors que la couche inférieure décrit le matériel physique : « Le logiciel de niveau inférieur doit avoir une longue durée de vie puisqu'elle s'insinue dans le monde du ICT et doit rester stable afin de soutenir l'échange d'information des utilisateurs. La couche supérieure du modèle ISO, le logiciel d'application, a une courte demi-vie et doit constamment évoluer pour répondre aux demandes changeantes des utilisateurs.⁹³

Habilités de soutien

Puisque le sans fil exige une telle gamme d'habiletés, des équipes de projet sont utilisées à outrance pour répondre à ces exigences. Par conséquent, un ensemble complet d'habiletés de gestion de projet et de communications – y compris la connaissance de base des lois de la communication – est maintenant un élément essentiel pour les employés techniques du sans fil.

8.3 La situation dans les secteurs d'applications

La section suivante cible les défis propres aux habiletés qui doivent être surmontés dans les trois secteurs d'application. Ils sont tirés des séances de discussion régionales et des entrevues complémentaires réalisées auprès de sociétés actives dans ces secteurs.

Vision à partir des STI

Les STI occupent un vaste domaine au sein duquel des réseaux de capteur sans fil joueront un rôle central pour surmonter les défis du transport dans une société fortement urbanisée et entrelacée. Les politiques publiques poseront un regard critique sur la facilitation du développement des STI.

⁹³ John Visser, Ing. Normes internationales du sans fil, Nortel (18 mai 2007).

Les STI chevauchent les domaines tant publics que privés. Les réseaux routiers, le transport en commun, les véhicules d'urgence et la gestion de la circulation sont des enjeux publics. Le déplacement domicile-travail et la propriété des voitures sont des questions personnelles que la politique publique devra d'abord régler.

Ainsi, équiper tous les véhicules de systèmes sans fil sera essentiel pour la mise en œuvre de plusieurs des bénéfices que les STI peuvent apporter. De tels systèmes incluent notamment les avis automatisés d'accident; la gestion de la circulation; la gestion des incidents et l'évitement des collisions.

Le système « On-Star » de GM en est un exemple. Ce système de « SOS » se branche automatiquement au centre d'appel quand les conducteurs appuient sur un bouton ou lorsqu'un coussin gonflable se déploie. Des systèmes plus évolués peuvent transmettre l'information sur l'accident comme la force de la collision et l'angle d'impact, pour aider les secouristes à déterminer le type de soins à prodiguer et l'endroit les blessés doivent être transportés. Déjà, les systèmes de télémédecine dans les ambulances et hélicoptères médicaux permettent aux médecins de superviser les soins à apporter alors que le véhicule est en route vers les salles d'urgence.

La solution à la congestion et aux déplacements domicile-travail comme obligations de la vie quotidienne sera très probablement obtenue grâce aux systèmes de gestion de la circulation qui emploient des capteurs, des caméras et des systèmes de communication pour surveiller la circulation, optimiser le chronométrage des signaux sur les artères principales et améliorer le flux de la circulation. Ainsi, les données de voitures flottantes (FCD) utilisent les transmissions cellulaires - même quand il n'y a aucune connexion vocale - pour compiler une image précise du flux de circulation global. On tire ainsi partie du réseau cellulaire existant pour fournir de l'information essentielle qui aidera à résoudre la congestion.

Les systèmes de gestion d'incident permettent à la police de réagir rapidement aux accidents, aux renversements dangereux et à d'autres situations d'urgence. Un réseau intégré et un logiciel de soutien de décisions lient les centres d'opération de la circulation ainsi que les véhicules de secours et les services de soutien pour gérer avec efficacité et de façon appropriée les situations d'urgence.

Les systèmes d'évitement de collision promettent d'abord de réduire le nombre d'accidents. Des systèmes d'esquive de

collision aux intersections contrôlent la vitesse et la position des véhicules voisins, et avisent les conducteurs de prendre des mesures appropriées pour éviter une collision. Les systèmes d'évitement des collisions arrière captent la présence et la vitesse de véhicules en avant pour avertir les conducteurs de toute situation dangereuse. Des systèmes pour éviter de quitter la route suivent le bord de la voie ou de la route et suggèrent d'adopter des vitesses sécuritaires. Des systèmes plus perfectionnés incluront le contrôle automatique adapté de la vitesse en liaison avec les capteurs de navigation GPS et les capteurs de la surface de la route (glace, eau) pour ajuster la vitesse du véhicule.

Déjà, pour plus de 100 millions d'Américains dans 28 États (et ce, depuis février 2006), le service « 511 »⁹⁴ lie les STI, le service de gestion de la circulation et d'incidents, le transport en commun et l'information météorologique dans un point d'accès unique. L'objectif pour 2010⁹⁵ est de voir le 511 fonctionner partout aux États-Unis. L'information sur les systèmes de routes principales et les secteurs métropolitains incluront la durée du voyage, la construction, les incidents, les événements spéciaux, la congestion et la météo. L'information de transit sera offerte sur la plupart des systèmes y compris les horaires, les tarifs et les ruptures de service, ainsi que les transferts d'appel et les liens au site web des agences de transit. Des systèmes individuels seront liés pour former un réseau intégré, transparent. Le secteur public soutiendra le projet avec des fonds pour la majoration et la croissance.

Une initiative connexe est la « Advanced Transportation Weather Information System (ATWIS) » américaine. « Il s'agit d'une fusion des technologies de la météorologie, de l'informatique, de la communication sans fil, de la surveillance de l'état des routes et des prévisions, ainsi que du transport en un système unique de soutien de décisions qui pourra répondre et s'adapter à l'information, et la disséminer dans un court délai selon un cycle périodique »⁹⁶. Le système servira à éviter beaucoup d'accidents fatals puisque la plupart se produisent sur des autoroutes moins fréquentées dans de mauvaises conditions.

En résumé, les réseaux et les normes feront partie intégrante de la croissance et de l'intégration d'éléments aux possibilités des STI qui ont déjà commencé à s'illustrer. Comme nous l'avons indiqué au début de ce chapitre, les capteurs sont des éléments complémentaires qui s'ajoutent aux vastes exigences en habiletés techniques allant de l'ingénierie de dispositifs à FR, aux systèmes à FR, et du génie logiciel à l'intégration de systèmes.

⁹⁴ « ITS Technologies », www.itsa.org (2 avril 2007).

⁹⁵ « American Travel Information Number, Implementation and Operational Guidelines for 511 Services », U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration (septembre 2005).

⁹⁶ « Final Report of the Operation and Demonstration Test of Short-Range Weather Forecasting Decision Support within an Advanced Transportation Weather Information System », U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration (avril 2006).

Vision à partir de l'intégration de logiciels

L'intégration de logiciels fait partie du plus vaste domaine du génie logiciel. Il s'agit de la pierre angulaire du développement de nouveaux produits et services basés sur les logiciels.

L'ingénierie du logiciel comprend « les processus, méthodes et outils nécessaires pour développer des systèmes de logiciels intensifs d'une façon opportune et économique »⁹⁷. Aujourd'hui, ces systèmes sont rarement conçus à partir de zéro; ils consistent généralement en la prolongation de systèmes existants et en leur intégration dans une infrastructure héritée. Les COTS (les logiciels commerciaux sur étagère) sont maintenant énormément utilisés pour construire des systèmes. En conséquence, les efforts de développement de logiciel ciblent la configuration et le chevauchement.

La situation globale « est caractérisée d'une part par l'augmentation de la dépendance commerciale envers la fiabilité d'infrastructure du logiciel et d'autre part, par le changement rapide et la reconfiguration des services d'affaires – d'où la nécessité de développer rapidement les logiciels et de modifier souvent l'infrastructure du logiciel »⁹⁸. Développer des solutions qui peuvent être facilement adoptées représente un défi énorme. De plus, des problèmes d'intégration « simples » sont souvent complexes lorsqu'on traite de très grandes quantités de données : l'adaptabilité est obligatoire.

Même si les défis sont clairs, les solutions ne le sont pas pour autant. Un exercice de prévision au Royaume-Uni a présenté les défis suivants (sur un total d'environ vingt) qui devraient être la cible des efforts de génie logiciel au cours des 15 à 20 prochaines années :

Défis à relever au cours des 15 à 20 prochaines années

Processus de logiciel : des outils qui fournissent une vue transparente du processus de conception globale sont requis

Exigences en ingénierie : modelage de spécifications officielles et des techniques d'analyse plus nombreux pour capter les éléments principaux du secteur à problème.

Génie inversé : enquête sur l'infrastructure, les méthodes et les outils pour améliorer le processus complet de conception.

Tests : développement d'outils et de techniques pour aider les utilisateurs à intégrer et à tester les composants avec les applications

Entretien et évolution du logiciel : conception améliorée du logiciel pour en faciliter l'entretien.

Architecture du logiciel : pour soutenir des combinaisons dynamiques de services pour les logiciels et identifier des principes de conception pour ensuite trouver des compromis explicitement entre les facteurs comme la consommation de ressources et la fiabilité.

Logiciel intermédiaire : pour soutenir la distribution des systèmes adaptatifs à l'échelle Internet.

Sécurité : élaborer des architectures et des conceptions visant à intégrer les exigences de sécurité et de fonctionnalité.

Économie du logiciel : concevoir des modèles pour analyser les bénéfices et les possibilités, les coûts et les risques de l'élaboration du logiciel.

Paramètres du logiciel : pour soutenir la prise de décision de la direction au cours du cycle de vie du logiciel.

Les éléments ci-dessus ne sont qu'un prélèvement d'échantillons au sein des thèmes qui dirigeront les efforts pour faire de la conception et du développement de logiciels une vraie discipline du génie. D'autres incluent notamment la modélisation orientée objet, l'analyse de logiciels (pour vérifier la conformité du code avec le résultat), la fiabilité de logiciel, la formalisation de mesures de rendement, le logiciel en temps réel, les bases de données et les méthodes formelles pour des systèmes critiques de sécurité.

Au Canada, le Conseil national de recherche (CNR) a dirigé un programme de recherche sur les pratiques d'élaboration de logiciels depuis 1994. Des projets de recherche précis touchent plusieurs des enjeux énumérés ci-dessus. Par exemple, *la mesure de processus et la sensibilisation* à ceux-ci serviraient à augmenter l'efficacité de la création en extrayant la connaissance des processus du logiciel des efforts d'élaboration du logiciel en temps réel. *Les aspects humains et sociaux du développement des logiciels* étudient les efforts de développement tant individuel qu'en groupe pour améliorer les outils et les processus de génie logiciel.

Le programme *Intégration et interopérabilité* du Conseil vise à améliorer les processus de génie logiciel servant à développer, à obtenir et à maintenir les systèmes logiciels qui sont construits par l'intégration d'autres systèmes et composantes complexes. À l'heure actuelle, ce programme comprend trois projets :

⁹⁷ « Information, Communications & Media (ICM) Panel », U.K. Foresight Program (2002).

⁹⁸ Idem.

Projet Logiciels pour les sciences axé sur le développement de techniques pour l'intégration des logiciels et des systèmes d'information utilisés dans les établissements de recherche scientifique. Ces techniques soutiendront l'intégration transparente des ressources de TI pour fournir un travail de qualité en matière de conception, de gestion de la configuration, d'essais et de maintenance et qu'elles soient utilisables par des professionnels qui ne sont pas spécialisés en génie logiciel.

Achat de systèmes à grande échelle cherche à améliorer le processus d'achat des systèmes qui exigent de nombreux logiciels assemblés par intégration, notamment dans les secteurs de la rédaction des exigences, de l'évaluation des logiciels proposés et de l'analyse de l'architecture d'intégration.

Projet de récupération des règles administratives étudie le problème de la migration des règles administratives à partir d'un ancien système vers une nouvelle solution basée sur un produit commercial, notamment à partir du code source COBOL de l'ancien système. En fait, ce problème est difficile et n'a pas encore été résolu.

De plus, le CNR travaille de concert avec le Software Engineering Institute (SEI) de la Carnegie-Mellon University aux États-Unis (SEI). Le SEI a été fondé en 1984 pour promouvoir la pratique du génie logiciel. Il a récemment obtenu un contrat de 411 millions de dollars américains pour poursuivre ses efforts de longue date en R et D du logiciel en réponse aux besoins de la défense nationale. L'institut est mieux connu dans la collectivité de développement de logiciel pour son « *Capability Maturity Model* »⁹⁹ qui définit cinq niveaux de compétence en ingénierie du logiciel selon une approche de gestion de la qualité totale (TQM)¹⁰⁰. L'état global de l'ingénierie du logiciel est le mieux illustré par le fait que la plupart des organismes n'ont atteint que les deux niveaux les plus bas de compétences.

L'Institut technologie de l'information (ITI) du CNR travaille aussi avec le *Consortium for Software Engineering Research* (CSER). Le CSER a été fondé en 1996 et est soutenu par le CRSNG et le secteur du génie logiciel. Les enquêteurs universitaires du CSER jouent un important rôle dans la création et l'avancement des programmes de génie logiciel. Jusqu'à présent, plus de 20 cours ont été créés ou modifiés de façon significative à la suite de l'expérience du CSER.¹⁰¹

À l'heure actuelle, les programmes de génie logiciel officiel de certaines universités « exigent l'expertise en gestion de données, en conception et en paradigmes d'algorithmes, en langues de programmation, en interfaces humain-ordinateur et en système de matériel numérique. Il exige aussi une compréhension et une reconnaissance des processus de conception systématiques, des propriétés de systèmes non fonctionnelles (par exemple, l'économie et la mise en marché) et des grands systèmes intégrés »¹⁰².

Vision à partir du développement de jeux

Un regard sur le passé

Il y a cinq ans, l'industrie canadienne ne faisait que patauger. On ne ciblait que le lancement d'un produit. Du concept au lancement, le processus entier pour un jeu type n'exigeait que trois ou quatre mois. Les équipes de développement étaient petites, entre trois et dix personnes, beaucoup d'entre elles étaient concentrées sur l'optimisation du jeu pour répondre aux contraintes imposées par les combinés et les réseaux à ce moment-là.

Le fait que les jeux ne soient pas des produits autonomes signifie que les développeurs ont toujours eu besoin de comprendre les détails techniques du combiné, des réseaux et des interfaces – pour concevoir leurs produits en conséquence. Ainsi, la mémoire limitée des téléphones cellulaires signifie que les jeux sont petits : à l'heure actuelle, ils atteignent un maximum de 250 à 300 Ko. La capacité de transmission du réseau réprime la taille du jeu aussi : un principe de base est que les clients s'attendent à télécharger un jeu en une minute ou moins.

Les fabricants de combinés ont compris la valeur des jeux et ont amélioré leurs produits. Ils ont donc commencé à faciliter le développement de jeu, offrant leurs propres interfaces et des technologies multi-joueurs. Par exemple, l'équipe *Snap Mobile* de Nokia prend en charge les jeux multi-joueurs. Elle fournit maintenant aux développeurs une vaste gamme d'outils et une grande quantité de documents, y compris l'assistance technique, pour sauver du temps. L'objectif est de permettre aux développeurs de se concentrer sur la « jouabilité » plutôt que sur les problèmes de technologie des communications. Comme le marché du jeu évolue en un segment important, les téléphones cellulaires conçus spécialement pour le jeu sont apparus, par exemple, le *N-Gage* de Nokia. En fait, les jeux sur cellulaires représentent déjà (2006) un marché mondial

⁹⁹ Depuis la mise à niveau à l'ICMM (Intégration du modèle de stabilisation des capacités).

¹⁰⁰ Gestion de la qualité totale

¹⁰¹ www.cser.ca (2 avril 2007).

¹⁰² « Génie logiciel », Université de Waterloo, www.math.uwaterloo.ca (2 avril 2007).

2,4 milliards de dollars américains avec un taux de croissance annuelle composé de 25 % (TCAC).

« Les jeux mobiles n'en sont encore qu'à la phase embryonnaire. »
*Karnar Shaw, chef du marketing industriel, Nokia*¹⁰³

Les fabricants de cellulaires comprennent clairement l'avenir des jeux mobiles. Cependant, leur participation enthousiaste a signifié une augmentation énorme du nombre de cellulaires que les développeurs de jeu doivent soutenir : d'environ 50 à 100, il y a cinq ans, ils sont passés à 600 ou 700 aujourd'hui. Les développeurs de jeux doivent aussi offrir leurs produits dans 5 à 10 langues : par exemple, environ 98 pour cent du marché des développeurs de jeux canadiens est destiné à l'exportation.

Un avantage pour les développeurs canadiens est notre nombre limité de fournisseurs nationaux : ils sont trois. Autrement, soutenir ce marché en croissance serait déconcertant : « Il y a beaucoup trop de normes, de fournisseurs et de portables »¹⁰⁴. La bonne nouvelle est que les développeurs de jeux constatent que la communication avec les fournisseurs canadiens s'est améliorée ces dernières années. Les développeurs de jeux sont aussi intéressés à s'associer aux fabricants de combinés pour profiter de leurs idées novatrices.

Le cap vers l'avenir

Au fur et à mesure que les plus vieux combinés sont remplacés, l'augmentation spectaculaire du nombre de cellulaires que les développeurs de jeux doivent soutenir ralentira significativement. La consolidation en cours des grands et de leurs fournisseurs aidera aussi à modérer le nombre de normes.

Cependant, la complexité des produits des développeurs de jeux continuera à croître, alimentée par l'espoir de jeux plus puissants et plus réalistes - mené en partie par l'exemple de jeux d'OP. En fait, les développeurs de jeu jugent que les ordinateurs personnels ont environ cinq ans d'avance sur les téléphones cellulaires en termes de puissance d'informatique. Ce que les jeux PlayStation ou MP3 peuvent faire aujourd'hui est un présage de ce que les jeux de combiné devraient facilement accomplir d'ici 2010-2012. Les développeurs de

jeu soulignent que leurs jeux ont accompli dans les deux dernières années ce que les jeux sur les ordinateurs personnels ont pris cinq ans à accomplir, signe que la technologie mobile progresse à grands pas.

Maintenant, le graphisme 3-D et la programmation du logiciel pour le soutenir posent un problème important pour les développeurs de jeu. Le matériel du combiné évolue pour permettre le traitement de données de jeu en temps réel. Il soutient aussi les nouveaux programmes « physiques » qui capturent le comportement réaliste d'objets en mouvement. Ces jeux seront plus volumineux, aussi soit 3 à 5 Mo plutôt que 250-300 Ko aujourd'hui.

Il en résulte un cycle de développement de produit plus long, soit environ six à neuf mois du concept au lancement, soit deux fois plus long qu'il y a cinq ans. Un thème commun est la croissance du nombre d'équipiers dans un groupe de développement car on retrouve plus d'animateurs et d'artistes et une conception de jeu robuste. En guise de comparaison, l'équipe de développement d'un jeu pour ordinateur personnel compte maintenant entre 20 et 35 personnes ce qui donne un avant-goût de ce qui s'en vient. Les cinq catégories de travail principales sont la production, la conception, les arts, la programmation et les tests, avec un ratio de programmeurs (20:1) et d'artistes (10:1) dépassant celui des concepteurs de jeux et de producteurs. Pour tous les produits de logiciels, l'exigence de mise à l'épreuve augmentera significativement la taille du jeu.

En général, les développeurs de jeu voient les combinés sans fil devenir un point focal de la vie quotidienne des utilisateurs pour les communications et le besoin d'un léger divertissement ludique. La période initiale d'adoption est finie. On vise maintenant le grand public. Un sondage récent (juin 2006)¹⁰⁵ vient appuyer ce point :

« 45 % des personnes qui jouent sur leurs cellulaires jouent à un jeu multi-joueurs en ligne au moins une fois par mois. Et 20 % des joueurs jouent en ligne toutes les semaines. »

Neilson Entertainment

¹⁰³ < <http://www.spillgroup.com/news/2006/09/6046.html> > (27 octobre 2006).

¹⁰⁴ Groupe de discussion du Grand Montréal, 22 février 2007

¹⁰⁵ Une étude globale de 1 800 joueurs de jeux mobiles aux États-Unis, en Chine, en Espagne et en Thaïlande < <http://snapmobile.nokia.com/core/en/developers.html> > (3 avril 2007).

Chapitre 9 : Conclusion

Nous commencerons en récapitulant les découvertes majeures de la carte routière technologique du sans fil du CTIC. Nous indiquerons ensuite nos recommandations sur la manière d'utiliser les résultats de ce premier d'une nouvelle catégorie de plan à meilleur escient pour répondre aux besoins de l'industrie en ressources humaines. Nous concluons en présentant un résumé des résultats atteints lors la réunion des intervenants (le 15 mai 2007), organisée par le CTIC pour valider ce rapport et commencer à élaborer les habiletés sans fil nécessaires pour la prochaine décennie.

9.1 Le résumé de la carte routière

La technologie du sans fil entre dans son âge moyen. Presque quatre décennies ont passé depuis que Motorola a présenté sa toute nouvelle technologie de téléphone cellulaire sans fil à New York. Le service cellulaire mobile est toujours l'application la plus dominante : en 2007, il représentait un marché mondial de plus d'un demi-trillion de dollars américains. Pour mettre le cellulaire en contexte, la combinaison des trois

Tableau 10 : Applications sans fil mondiales en contexte¹⁰⁶

Application	La plus récente	
	Année	10 ⁹ \$
Services mobiles mondiaux	2004	454,00
Équipements de télécommunications mondiales	2003	300,00
Divertissements mobiles	2005	17,60
Soins de santé mobiles	2006	16,40 ¹⁰⁷
Services basés sur l'emplacement	2003	13,00
Communications de machine à machine	2005	6,00
Communications par satellite	2004	2,70
Convergences mobile-fixe	2006	2,50
Jeux mobiles	2006	2,40
Accès internet mobile	2005	2,40
Communicateurs	2006	1,75
Sans fil à large bande fixe	2006	1,50
NFC	2006	0,75
RFID	2006	0,55
Gestion de cellulaires	2004	0,50
Poussière intelligente	2006	0,25
Carte à puce	2002	0,15
IPTV	2005	0,05
Sous-systèmes multimédia IP	2006	0,00

¹⁰⁶ « Industry Overview, ICTC Wireless Roadmap » (1er novembre 2006).

¹⁰⁷ En fonction des 7 milliards de dollars et plus aux États-Unis.

applications suivantes représente moins de 10 pour cent de ce marché. Les autres, toutes comprises, représentent moins de 5 pour cent :

Dans cette troisième phase du cycle de vie de la technologie de la deuxième industrie sans fil mondiale (2004-2024, voir le chapitre 3), l'innovation a significativement dévié de produit à processus d'innovation. Dans cette dernière étape de croissance, la dominance du processus d'innovation est menée par la pression continue de servir le marché de masse à des prix de plus en plus concurrentiels dans le contexte de croissance à un chiffre. La croissance à deux chiffres soutenue a dévié vers les marchés en développement.

Dans les économies dominantes, l'état des pratiques établies, qui se resserre, reflété par l'importance des normes et des règlements toutes ancrées par l'infrastructure existante de grandes sociétés publiques, mène encore davantage l'innovation dans la direction des améliorations progressives. Les systèmes technologiques nécessaires pour entièrement exploiter des applications sans fil dépendent du processus d'innovation et, de plus en plus, des entrées critiques de secteurs plus jeunes comme celui du logiciel.

Pendant l'étape de croissance précédente, le résultat final voulait que le plus grand potentiel économique de l'industrie se trouve davantage dans la modification et l'adaptation des produits et des services existants que l'introduction de technologies perturbatrices. Il s'agit d'une période de croissance modeste, mais stable pendant lesquelles les applications dominantes sont entièrement créées pour atteindre une pénétration maximale du marché. Le débordement des coûts en déclin ouvre la porte à de nouvelles applications qui peuvent croître rapidement, mais qui sont relativement petites en comparaison avec le marché dominant.

De toutes les applications choisies pour ce plan, l'intégration de systèmes adresse sans ambages le marché dominant de la téléphonie cellulaire. Comme les revenus connexes à la « voix » des entreprises de télécommunications continuent de baisser (voir le chapitre 3), les applications de données deviendront encore plus importantes pour remplir cet écart. La capacité d'intégrer avec transparence des applications multiples sur des cellulaires est critique pour servir le marché des données en forte croissance :

« Le cellulaire devient vite le noyau de la convergence numérique... Il combine le meilleur de plusieurs mondes : communications sans fil, ordinateurs, logiciels, électronique pour grand public, montres, mode et plus... Comme les services

évoluent de plus en plus vers des réseaux d'informations, l'accès doit être possible à partir de plus en plus d'endroits à tout moment. »¹⁰⁸

Les jeux mobiles multi-joueurs répondent aussi à un marché vibrant dans lequel le Canada compte sur une concentration importante de sociétés, tant à Vancouver qu'à Montréal. Cela aussi aidera les fournisseurs à remplir le vide laissé par le déclin des revenus « connexes à la voix ».

La troisième application, le retour du mobile pour les systèmes de transport intelligent (STI) permet de reconnaître le besoin du Canada en réseaux de capteur pour grands secteurs pour améliorer les transports urbains : nous sommes l'une des sociétés les plus urbanisées du monde. C'est significatif que sur les trois applications choisies par le comité de direction, il s'agit de la seule qui se concentre sur l'innovation du produit. Les intégrations de systèmes et les jeux multi-joueurs mobiles ciblent tous les deux l'innovation de processus.

Le génie logiciel et l'intégration de systèmes sont les technologies de processus principales qui joueront un rôle significatif pour permettre la création d'applications sans fil pendant les deux prochaines décennies.

La phase de maturité du sans fil (2024-2033) sera marquée par une légère baisse de croissance suivant celle de l'économie mondiale. Cela se trouve bien au-delà de la projection sur dix ans dont fait l'objet ce rapport. Cependant, les « jeunes » technologies, qui éclipsent la croissance en ralentissement du sans fil, avec leurs propres révolutions, sont déjà nées. Ces technologies perturbatrices trouveront leur chemin dans le sans fil et feront figure d'intrants créant des conditions favorables durant son déclin. Deux de ces technologies sont la nanotechnologie et l'informatique quantique.

La nanotechnologie jouera un rôle central dans la refonte de la microélectronique en tant qu'électronique moléculaire où de faibles nombres d'atomes remplaceront les éléments de circuit classiques comme les transistors, les résistances et les condensateurs. En ce qui concerne l'informatique quantique, le premier ordinateur quantique primitif existe déjà (voir le Chapitre 3). De tels développements modèleront les nouveaux paradigmes informatiques qui continueront à progresser selon la Loi de Moore. Les versions futures de ce plan devraient prêter plus d'attention à de tels développements, puisque de telles entrées seront une force primaire d'innovation dans l'étape prochaine de maturité de la deuxième industrie sans fil mondiale.

9.2 Utilisation de la carte routière

La carte routière technologique peut prendre beaucoup de formes différentes et servir beaucoup d'intérêts et de buts différents. Rédigé par une société, elle est généralement destinée à documenter les programmes de R et D qui soutiendront la stratégie de migration de produit de la société (d'habitude sur une période quinquennale). Rédigée par un consortium de sociétés, elle prédit habituellement les développements technologiques qui deviendront probablement disponibles pour exploitation par l'industrie.

Au fil des années, l'industrie de la haute technologie du Canada, avec l'aide des gouvernements et des associations commerciales, a préparé des cartes routières technologiques pour des secteurs comme l'aéronautique et la microélectronique. De telles cartes routières ont été élaborées en gardant en tête la technologie, mais on a mis l'accent sur d'autres sujets qui étaient un souci majeur pour l'industrie, comme les règlements, les mécanismes de financement et les mesures incitatives gouvernementales.

Cette carte routière technologique du sans fil résulte directement de la CTIC Technology Vision Conference (TVC) de mars 2006. On a atteint un consensus sur l'importance centrale des ressources humaines pour construire une industrie du sans fil de classe internationale. Le Canada représente, au mieux, une petite portion de l'activité sans fil mondiale. La technologie du sans fil est une réalité mondiale. L'enjeu repose sur la meilleure façon de l'utiliser.

La question clef qui devrait être traitée est : « Qui peut utiliser cette carte routière et comment devrait-on l'utiliser »? Pour répondre à cette question, il est utile de se référer à l'industrie de la microélectronique du Canada qui est de classe mondiale, bien que le Canada n'ait pas d'installation de fabrication à la fine pointe.

La microélectronique est une industrie où le gouvernement, le monde universitaire et les sociétés ont travaillé étroitement au cours des années par l'entremise d'initiatives comme CMC Microsystems¹⁰⁹, le Strategic Microelectronics Consortium (pris en main par la Information Technology Association of Canada en 2002) et de plusieurs documents de stratégie, dont certains étaient vraiment des plans de technologie. Une des raisons pour laquelle la collaboration a si bien fonctionné est que la plupart des initiatives ont été liées d'une manière ou d'une autre aux exigences des ressources humaines de l'industrie.

¹⁰⁸ « Information, Communications & Media (ICM) Panel », U.K. Foresight Program (2002).

¹⁰⁹ A vu le jour tout d'abord en 1984, le fruit d'une initiative universitaire, industrielle et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, au nom de CMC Société canadienne de micro-électronique.

Il s'agit de la seule industrie au Canada pouvant compter sur un programme universitaire d'études supérieures (soutenu par CMC Microsystems) voué à ses besoins en ressources humaines. CMC compte actuellement plus de 2 300 corps enseignants et étudiants de cycle supérieur dans 42 universités et un collège. Il fournit aux chercheurs de Microsystems des ressources de conception de calibre industriel, l'accès à des technologies de fabrication dernier cri et des services de soutien. CMC a reçu des éloges à l'échelle internationale pour ses réalisations visant à perfectionner les capacités du Canada dans le domaine microélectronique. La leçon à retenir de cette expérience est qu'une telle collaboration fonctionne bien quand on se concentre sur l'ingrédient le plus important d'une industrie, c'est-à-dire les ressources humaines disponibles.

La concentration sur les trois secteurs d'application du sans fil choisis devrait être utile aux entrepreneurs, aux investisseurs souhaitant les financer et, par-dessus tout, aux gestionnaires de ressources humaines dans les sociétés. Ce document devrait être particulièrement utile aux éducateurs parce qu'un certain nombre de compétences ont été déterminées, qui sortent « du chemin battu », mais qui sont néanmoins très importantes. Par exemple, on a souligné que la mondialisation accrue aboutit à beaucoup de projets qui impliquent plusieurs pays et des cultures – et qui nécessitent des compétences en interactions humaines, auxquelles on n'accorde pas une grande priorité dans nos systèmes d'éducation. On a aussi désigné que les PME dominent l'industrie, mais ont des ressources de développement de compétences limitées.

Les membres du Comité de direction de la carte routière technologique du sans fil du CTIC et les participants aux ateliers s'entendent pour dire que la carte routière devrait être mise à jour à intervalles réguliers à l'avenir (c'est-à-dire, ce devrait devenir « un document ouvert »). Ils ont aussi recommandé de la distribuer à plusieurs associations commerciales puisque les habiletés dans les trois applications s'étendent bien au-delà du bassin de compétences traditionnelles de haute technologie.

Cela devrait aider des organismes liés à l'ICT au sein du gouvernement, de l'industrie et du monde universitaire dans leurs propres initiatives de planification stratégique. Un message important qui a été livré est que le sans fil approche la maturité, ce qui a des retombées critiques sur l'innovation et les compétences requises pour les accomplir et les technologies de soutien comme le logiciel. Le plus important, c'est que la carte routière fournit un modèle complet pour définir exactement les compétences essentielles et en rapporter les détails à l'industrie canadienne du sans fil.

9.3 Réunion de validation

Une réunion de validation a eu lieu le 15 mai 2007 pour obtenir les derniers commentaires concernant la carte routière ainsi que pour confirmer les idées et recommandations qui ont été exprimées par les 6 groupes de discussion. Environ trente participants étaient présents, y compris des représentants de l'industrie, du milieu universitaire, d'associations commerciales, de ministères gouvernementaux, de consultants sur le sans fil et le spectre ainsi que les partenaires qui ont financé le projet. L'objectif principal de cette rencontre était d'obtenir une rétroaction des intervenants clés sur la pertinence et le caractère opportun du contenu de la carte routière et de partager des idées de projet reliées au développement des compétences dans le secteur du sans fil. Elle a aussi permis de mettre l'accent sur certains points ou d'en approfondir d'autres, s'il y avait lieu. Les résultats de ces discussions ont été intégrés dans les sections pertinentes de la carte routière.

Les intervenants ont validé le modèle de développements de l'industrie du sans fil et les compétences requises pour s'y adapter avec succès. Les deux prochaines sections traitent de projets à approfondir, qui aideront à faire progresser le secteur du sans fil au Canada et à développer les compétences qui ont été jugées nécessaires tout au long de ce rapport :

Faire une percée chez les niveaux initiaux d'éducation pour promouvoir le « message sans fil »

Plus d'efforts doivent être consacrés pour percer les niveaux initiaux du système d'éducation canadien (primaire et secondaire) afin d'éduquer les jeunes étudiants sur l'industrie du sans fil et les possibilités qu'elle offre. En général, il faut attirer plus de femmes dans les domaines techniques et plus particulièrement, dans le domaine sans fil.

Encourager les projets interdisciplinaires du curriculum

Le curriculum officiel de tous les niveaux d'instruction devrait inclure les projets interdisciplinaires où les étudiants pourront développer et intégrer leurs habiletés techniques et sans fil ainsi que leurs compétences commerciales et en gestion. Des exemples ont été fournis – le collège Algonquin cherche à associer son programme sans fil avec le programme commercial, alors que l'Université de Waterloo a mis sur pied un programme d'entrepreneuriat pour ses diplômés des TI.

Travailler de concert avec les conseillers en orientation

Les conseillers en orientation doivent jouer un rôle unique. Ils peuvent aider à changer les perceptions et ainsi encourager plus de jeunes à faire carrière dans les domaines techniques et du sans fil. Par surcroît, plusieurs participants croient qu'il est nécessaire de concevoir des ateliers pour former et éduquer les conseillers en orientation canadiens. Le CTIC doit

aussi travailler de concert avec les universités et collèges pour les aider à mettre en œuvre et à présenter leurs programmes sans fil.

Aider les PME canadiennes à développer et à améliorer leurs habiletés dans les domaines du sans fil et de la gestion

Puisque les PME composent la majorité des industries du sans fil au Canada, des efforts tout spéciaux doivent être portés pour aider les PME à développer leurs habiletés du sans fil, surtout parce que ces habiletés deviennent de plus en plus multidisciplinaires et qu'il est plus difficiles de trouver des personnes formées même dans les sociétés plus importantes au Canada (en raison des facteurs de mondialisation dont nous avons discuté au fil de ce rapport).

Des études de cas propres aux PME devraient être présentées pour déterminer de quelles façons elles peuvent aider à améliorer les habiletés. De telles études de cas devraient aussi porter sur les habiletés de gestion de PME parce que de nouveaux modèles commerciaux et facteurs de mondialisation signifient que les habiletés de création d'équipe et de gestion de projet sont maintenant critiques à la croissance de la plupart des PME canadiennes.

Encourager l'interaction entre l'industrie et l'académie

Les participants trouvent qu'il doit y avoir plus d'interaction entre l'industrie (plus particulièrement les PME) et les universités et collèges. On a proposé d'encourager les PME canadiennes à utiliser leurs installations pour initier les étudiants à la gestion de projet et à d'autres habiletés dont ils auront besoin. Le Canada devrait aussi continuer à soutenir l'augmentation de programmes coopératifs puisque ces activités exposent les étudiants aux modifications rapides des exigences en matière de technologie et d'habiletés.

L'industrie et l'académie peuvent aussi coopérer par l'entremise des expositions scientifiques (qui sensibilisent les étudiants à la technologie), de projets conjoints (où les étudiants prêtent assistance dans le cadre de véritables projets industriels) et les campagnes de marketing conjointes (où l'industrie et l'académie créent des campagnes pour encourager les inscriptions dans des domaines techniques). L'industrie et l'académie doivent aussi démontrer conjointement aux jeunes que les habiletés techniques et mathématiques sont très importantes pour leur avenir. Les deux devraient collaborer pour informer les média canadien de la valeur des habiletés techniques, ou pour établir le profil des emplois, qui présente les habiletés nécessaires pour offrir leurs produits et services.

Encourager la certification

Les participants croient qu'il y a un manque de compréhension général sur la façon que les habiletés des autres pays peuvent satisfaire aux besoins des industries canadiennes. Cette situation renforce le besoin de l'augmentation de certification au sein des métiers et professions. L'habileté d'effectuer le travail est perçue comme beaucoup plus important que le nombre d'années d'expérience. Le recyclage des professionnels instruits internationalement et des travailleurs mal aiguillés devraient être basé sur les besoins de la société.

Offre et demande de compétences dans le secteur du sans fil

Dans ce rapport, on définit les principales compétences dans le secteur du sans fil qui permettront au Canada de devenir un chef dans le secteur du sans fil sur le marché international et fournit un calendrier indiquant les moments où les différentes compétences seront les plus pertinentes. Une analyse plus approfondie permettant de limiter le nombre de travailleurs qualifiés qui sera requis pour chacune des compétences identifiées dans le rapport et d'explorer l'offre potentielle qui sera disponible aiderait à garantir qu'il n'y a aucun manque et que l'offre peut satisfaire à la demande.

Former de façon appropriée la main-d'œuvre dans le secteur du sans fil

Il est important que l'industrie, le milieu de l'éducation et le gouvernement se mobilisent afin de créer des programmes qui font la promotion des compétences nécessaires demandées par le secteur des TI, en particulier celui du sans fil, puis d'aider dans la formation et le recyclage des employés. Des programmes de partenariat comme Vitesse ont permis d'atteindre ces objectifs; ayant pour mandat de satisfaire aux besoins constamment en évolution de l'industrie de la haute technologie, Vitesse (Recyclage) reforme et recycle les diplômés en science et en ingénierie afin de tirer avantage des possibilités actuelles et émergentes dans une variété de domaines reliés aux technologies de l'information. Le programme a vu le jour en 1996 grâce à un partenariat entre le CNRC, l'Université d'Ottawa, l'Université de Carleton et les employeurs de ce secteur. Un tel programme serait très bénéfique s'il était appliqué au secteur du sans fil et aux compétences énoncées dans la carte routière.

En résumé

La technologie fait progresser les habiletés – grâce à la création de nouvelles industries et le remodelage de certaines autres établies depuis longtemps. Les forces motrices de ce processus et les modèles récurrents qui le caractérisent sont de mieux en mieux compris Il s'agit à nous d'agir.

Annexe 1 : Groupe de discussion technique de la CRTSF, Ottawa (le 8 novembre 2006)

Étaient présents :

Nom	Titre	Organisme
Abielmona, Rami	Ingénieur en chef	Larus Technologies Corporation
Barake, Omar	Architecte principal en recherche	Research In Motion (RIM)
Boch, Eric	Fondateur, Technicien en chef et v.-p. ingénierie	DragonWave Inc.
Boucher, Pierre	Directeur de la recherche et de l'innovation	Ericsson Research Canada
Crawhall, Robert	Président-directeur général	Institut de télécommunications de la capitale nationale (ITCN)
Gagnon, Francois	École de technologie supérieure	Prompt Québec (Montréal)
Khandani, Amir	Professeur, Chaire de recherche du Canada 1 ^{ère} catégorie et CRSNG-Nortel Networks Programme de professeurs-chercheurs industriels	Université de Waterloo
Knudsen, Neil	Président	The Ottawa Wireless Cluster
Reid, Doug	Professeur en sans fil et en télécommunications	Collège Algonquin
Thomas, Terry	Président	Terry Thomas Consulting (X-Nortel & Chrysalis)
Visser, John	Directeur principal, Normes sans fil internationales	Nortel Networks
Yee, Jung	Technicien en chef	WiLan
Wittenburg, Richard	Chef des services professionnels de pratiques pour les TI	IBM

Avis de non-responsabilité

Les sociétés Doyletech et D.R. Senik and Associates Inc. fournissent ce matériel et l'information contenue. Ils sont destinés à fournir de l'information générale sur un sujet particulier ou plusieurs sujets et ne sont pas un traitement exhaustif d'un tel sujet. Bien que nous cherchions à fournir de l'information précise et opportune, on ne peut garantir qu'elle soit précise à partir de la date où elle est reçue et/ou qu'elle sera toujours précise à l'avenir.

Ce matériel et l'information contenue sont fournis tels quels, et les sociétés Doyletech et D.R. Senik and Associates Inc. ne font aucune représentation expresse ou formelle et/ou de garanties sur ce matériel ou l'information contenue.

La prédiction d'événements futurs est assujettie aux risques connus et inconnus, à des incertitudes et à d'autres facteurs qui peuvent causer des variations matérielles aux résultats actuels. Votre utilisation de ce matériel et de l'information contenue est à votre risque et vous assumez la pleine responsabilité et le risque de perte résultant de leur usage.

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un conseil sectoriel sans but lucratif qui vise à créer au Canada une industrie et une main-d'œuvre en TIC forte, préparée et scolarisée. Le CTIC joue un rôle de catalyseur de changements qui soutient les innovations propres à fournir de l'information sur le marché du travail, du perfectionnement professionnel continu et de la formation de qualité au secteur canadien des TIC, aux enseignants, aux gouvernements et à la main-d'œuvre en TIC. Nous avons comme objectif de tisser des liens qui aideront à obtenir la quantité et la qualité voulues de professionnels en TIC qui permettront d'améliorer la position du Canada en tant que chef de file sur le marché mondial.

Pour réaliser ses objectifs, le CTIC mise sur quatre domaines qui constituent les éléments d'un secteur vigoureux et axé sur l'avenir.

- **Définition des compétences** – définir de façon continue les professions qui façonnent le secteur des TIC.
- **Information sur le marché du travail** – fournir des statistiques et des analyses à jour qui se rattachent au développement des ressources humaines dans le secteur des TIC.
- **Sensibilisation à la carrière** – offrir des programmes et des outils dans le but d'explorer les possibilités de carrières dans le secteur canadien des TIC.
- **Perfectionnement professionnel** – s'assurer que le Canada peut compter sur un approvisionnement continu de travailleurs en TIC hautement qualifiés.

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC)

116, rue Lisgar, pièce 300,
Ottawa (Ontario) K2P 0C2
Tél : 613-237-8551
Télé : 613-230-3490

info@ictc-ctic.ca



www.ictc-ctic.ca

Canada

L'initiative sur le marché canadien du travail dans le secteur des TI a été mis sur pied en partie grâce au financement du Programme de conseil sectoriel du gouvernement du Canada.

