



Tendances technologiques

Réseaux 5G

Architecture d'entreprise, Direction générale du dirigeant principal
de la technologie

Version 0.1

Date : 2019-6-25



Shared Services
Canada

Services partagés
Canada

Canada

Table des matières

Sommaire opérationnel	3
Sommaire technique	5
Utilisation au sein des entreprises.....	6
Utilité pour le gouvernement du Canada.....	7
Répercussions pour Services partagés Canada	10
Proposition de valeur	10
Difficultés.....	10
Éléments à considérer.....	11
Ouvrages de référence.....	13

Sommaire opérationnel

Les fournisseurs d'infrastructures Internet se rendent compte du fait que le réseau de quatrième génération (4G) actuel n'est pas en mesure de faire face à l'augmentation du trafic de données mobiles. D'ici 2020, le trafic projeté de données sera trop important pour que les réseaux 4G puissent les prendre en charge. Afin de résoudre ce problème, les fournisseurs et les consommateurs devront passer aux réseaux 5G.

La 5G, également appelée 5G NR (pour l'anglais *new radio*), représente la technologie cellulaire sans fil de 5^e générationⁱ. Dans l'univers mobile, une génération (G) indique généralement une rupture de compatibilité, autrement dit que les utilisateurs auront besoin de renouveler leurs appareilsⁱⁱ. Bien que les générations de technologies sans fil aient été techniquement définies par leur vitesse de transmission de données, elles ont toutes été marquées par une rupture dans les méthodes de chiffrement, ou « interfaces radio », qui les rendent incompatibles avec la génération précédenteⁱⁱⁱ.

1G – Voix analogique : Date de la fin des années 1970; les premiers téléphones cellulaires ne fournissaient que des appels vocaux. Des années plus tard, certains téléphones cellulaires 1G fournissaient à l'occasion des services de données sans fil à un ordinateur portable si on les branchait au modem commuté de l'ordinateur, mais les connexions étaient précaires et, si elles fonctionnaient, la vitesse de transfert des données était très basse^{iv}.

2G – Réseaux numériques : Arrivée d'une nouvelle technologie numérique pour la transmission sans fil également connue sous le nom de *Global System for Mobile communication* (GSM). La technologie GSM est devenue la norme de base pour l'élaboration ultérieure des normes applicables au sans-fil. La 2G pouvait prendre en charge un débit de données de 14,4 kb/s à 64 kb/s (maximum), ce qui est suffisant pour les services de SMS et de messagerie. Des réseaux de données (GPRS, EDGE, IS-95B) ont été ajoutés et communément appelés *technologies 2.5G* et *2.75G*^v.

3G – Réseaux de données IP haute vitesse : La troisième génération offre un accès plus rapide à Internet avec des débits en aval allant jusqu'à 1 Mb/s et même plus, selon la version de la 3G^{vi}. La troisième génération de communications mobiles a commencé avec les Universal Mobile Terrestrial / Telecommunication Systems (UMTS). Après l'arrivée des systèmes de communication mobile 3G, les téléphones intelligents ont gagné en popularité dans le monde entier. Des applications ont été développées expressément pour les téléphones intelligents, pour le clavardage multimédia, la messagerie électronique, les appels vidéo, les jeux, les médias sociaux et les soins de santé^{vii}.

Afin d'améliorer le débit de données dans les réseaux 3G existants, deux autres améliorations technologiques ont été apportées au réseau : l'accès par paquets en liaison descendante haut débit ou HSDPA pour High Speed Downlink Packet Access et l'accès par paquets en liaison montante haut débit ou HSUPA pour High Speed Uplink Packet Access, mis au point et déployés sur les réseaux 3G, appelés 3.5G. L'évolution

suivante de la 3G, appelée 3.75, est une version améliorée du réseau 3G avec accès par paquets haut débit évolué ou HSPA+ pour High Speed Packet Access Plus. Plus tard, ce système deviendra le puissant 3.9G qu'on appellera *technologie d'évolution à long terme* ou LTE pour Long Term Evolution.

4G – Augmentation de la bande passante mobile : Les systèmes 4G sont des versions améliorées des réseaux 3G développés par IEEE, qui offrent un débit de données plus élevé et sont capables de gérer des services multimédias avancés. Les technologies sans fil LTE et LTE évoluée sont utilisées dans les systèmes de 4^e génération. De plus, la 4G est compatible avec les versions précédentes, ce qui facilite le déploiement et la mise à niveau des réseaux LTE et LTE évoluée^{viii}. Il s'agit essentiellement d'une extension de la technologie 3G avec plus de bande passante et de services. L'une des principales différences technologiques de la 4G par rapport à la 3G réside dans l'élimination de la commutation de circuits et l'utilisation d'un réseau IP de bout en bout. Ainsi, la 4G a permis de traiter les appels vocaux comme n'importe quel autre type de média audio en continu au moyen de la commutation de paquets sur Internet, d'un réseau local ou d'un réseau étendu, par voix sur IP^{ix}.

5G – Spectre sans licence : Le réseau 5G présente trois avantages principaux par rapport à son prédécesseur :

- il peut offrir une vitesse de téléchargement de données de 10 à 20 Gb/s;
- il offre une faible latence, inférieure à une milliseconde, un point crucial pour les applications qui doivent être mises à jour en temps réel;
- comme cette technologie utilise des ondes radio millimétriques pour la transmission, elle peut fournir une bande passante supérieure sur les réseaux LTE actuels ainsi que des débits de données beaucoup plus élevés.

Concrètement, les réseaux 5G seront ainsi en mesure de fournir un accès à l'entreposage en nuage et d'exécuter des applications opérationnelles et auront le pouvoir d'exécuter virtuellement des tâches plus complexes. Le réseau 5G offre la possibilité de connecter 100 fois plus d'appareils que les ondes 4G LTE. Il peut permettre également de réduire la consommation d'énergie de 90 % par rapport à la 4G tout en assurant des vitesses Internet uniquement atteintes actuellement grâce à une connexion réseau directe par l'intermédiaire d'un câble à fibres optiques.

La 5G est de plus prête à transformer le monde des appareils de l'Internet des objets. L'utilisation des ondes radio millimétriques et du réseau central 5G non seulement accélère la transmission de données, mais accroît aussi la fiabilité de connexion. On améliore ainsi la connectivité des nouveaux types d'applications mobiles, l'automatisation industrielle et les véhicules autonomes, entre autres. Pour l'essentiel, toute application de l'Internet des objets qui utilise actuellement la technologie LPWA (Low Power Wide Area) connaîtra des améliorations progressives. De nombreux fournisseurs d'appareils cellulaires sont prêts à lancer des téléphones intelligents et d'autres appareils capables de se connecter aux réseaux 5G d'ici la fin de 2019.

Actuellement, des entreprises comme AT&T ont lancé la 5G Evolution, une évolution de la 4G LTE qui n'offre cependant pas toutes les capacités de la 5G.

Sommaire technique

Tout comme les réseaux cellulaires actuels, la 5G divise le territoire en petits secteurs dans lesquels les appareils se connectent aux sites cellulaires. Ces sites cellulaires sont alors en mesure de transmettre des données chiffrées en utilisant des ondes radioélectriques. La différence entre la 5G et son prédécesseur réside dans sa capacité à transmettre ces ondes radio à des fréquences beaucoup plus élevées, ce qui se traduit par des vitesses de transmission de données supérieures, même à celle des réseaux de fibres optiques actuels, soit 1 Gb/s. Cette évolution, aussi petite soit-elle, a déjà eu son application dans le monde réel lorsque Sprint a lancé une fonctionnalité similaire avec sa technologie LAA. Dans le spectre des ondes millimétriques, ces fréquences se situent entre 30 et 300 GHz.

Deux séries de fréquences sont en cours d'approbation par la Federal Communications Commission des États-Unis. Les réseaux d'ondes 5G de bande basse et 5G centrales utilisent des fréquences de 600 MHz à 6 GHz, surtout 3,5 à 4,2 GHz. Les ondes centrales n'affecteront probablement pas beaucoup le matériel existant utilisé pour le sans-fil. Bien qu'il soit nécessaire d'utiliser des amplificateurs de puissance pour éviter une forte atténuation du signal, les ondes millimétriques constitueront une réelle évolution des technologies sans fil au point de nécessiter un tout nouveau système d'antennes, de câbles et d'amplificateurs.

Les réseaux 5G seront utilisés avec des sites cellulaires beaucoup plus petits. Les ondes radio à haute fréquence ne peuvent parcourir que de courtes distances en comparaison des ondes 4G LTE, à plus basse fréquence. Comme le signal 5G ne peut être transmis que sur la longueur d'un pâté de maisons ou à peu près et ne peut pas pénétrer dans les bâtiments, il n'y aura plus besoin de grandes tours, au profit de petites tours de téléphonie cellulaire installées sur chaque pâté de maisons et à l'intérieur des bâtiments. Cela signifie également que la vitesse des réseaux individuels sera plus importante qu'auparavant.

Un article rédigé par des professeurs des universités de Waterloo, Carleton et Ozyegin explique que les réseaux 5G pourraient transformer complètement l'architecture cellulaire actuelle. Ils expliquent que pour que la 5G puisse fonctionner avec une telle demande de bande passante sur le réseau par les appareils de l'Internet des objets, l'architecture cellulaire traditionnelle peut être divisée en une architecture à deux niveaux : 1) un niveau macrocellulaire, pour la communication entre la station et l'appareil et 2) un niveau équipements, pour la communication entre appareils. Cependant, la situation n'est pas sans risques pour la sécurité. La communication entre appareils nécessite une sécurité réseau plus complexe que l'actuelle. La communication est possible grâce à l'utilisation de relais entre appareils; les appareils connectés se servent les uns des autres pour retransmettre des données, ce qui crée un

réseau maillé ad hoc. De cette façon, les appareils peuvent communiquer entre eux dans une largeur de bande cellulaire autorisée sans l'utilisation d'une station de base. Il s'agit d'un changement radical par rapport à l'architecture cellulaire traditionnelle où les téléphones cellulaires se connectent à une tour de téléphonie cellulaire.

Auparavant, la communication entre appareils n'était utilisée qu'à de rares occasions. La demande à cet effet a récemment augmenté au gré de la commercialisation d'applications contextuelles. Ces applications nécessitent généralement à la fois des services de localisation et la capacité de communiquer avec d'autres appareils. En accédant à cette capacité par la technologie nécessaire, on réaliserait des économies puisque ce ne serait pas tous les appareils du réseau qui auraient besoin d'être connectés à la station de base. La communication entre appareils pourrait également jouer un rôle dans l'infonuagique mobile et rendre le partage des ressources plus efficace. Si un dispositif se trouve en périphérie d'un site cellulaire ou dans une zone encombrée, la communication entre appareils pourrait libérer la station de base d'une importante consommation de ressources.

Utilisation au sein des entreprises

Plusieurs fournisseurs de télécommunications aux États-Unis ont commencé à développer et à mettre à l'essai des réseaux 5G. Des fournisseurs de télécommunications comme Verizon, AT&T et Sprint ont tous fait des progrès dans ce domaine et mènent chacun des projets de recherche pour tester les réseaux. Verizon, AT&T, Sprint et T-Mobile ont tous commencé à déployer la 5G sur différents marchés et continueront à le faire tout au long de 2019. Verizon dispose de la 5G fixe et mobile dans quelques régions. AT&T dispose de la 5G mobile pour certaines entreprises dans certaines villes alors que Sprint déploie la 5G dans certaines zones. T-Mobile lancera la 5G commerciale au second semestre 2019 et devrait avoir une couverture nationale en 2020.

Sprint et T-Mobile ont investi dans la 5G basse fréquence, qui offre des vitesses plus lentes, mais une autonomie accrue. Les deux entreprises pourront ainsi offrir la 5G dans des zones moins denses à moindre coût. Sprint a investi dans la bande centrale, la 5G 2,5 GHz, tandis que T-Mobile compte utiliser la 4G de bande basse 600 MHz en plus de la 5G haute fréquence dans les zones plus denses. En comparaison, Verizon et AT&T utiliseront principalement des bandes de fréquences beaucoup plus élevées, comme la bande des 28 GHz.

Au Canada, la 5G ne sera pas offerte à grande échelle avant 2020. Bien que la 5G ait le potentiel d'atteindre des vitesses de 20 Gb/s, elle ne sera probablement qu'à 6 Gb/s à son premier déploiement. Comme pour les technologies similaires, il faudra jusqu'à 10 ans pour que la nouvelle technologie atteigne sa pleine maturité.

L'une des utilités de la 5G est la gestion des sources d'énergies renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne en compensation de la consommation d'énergie

électrique. Étant donné que la 5G permettra la collecte de données, il sera possible de l'analyser pour déterminer les moments de forte et de faible consommation d'électricité. L'information servira ensuite à planifier un réseau électrique plus cohérent et plus fiable.

La rapidité des réseaux 5G et leur faible latence inhérente rendront également possible la chirurgie à distance. Les habitants des milieux ruraux auront ainsi accès à des chirurgiens et à des spécialistes qui ne pratiquent habituellement que dans les grandes villes. La première chirurgie à distance réussie a déjà été réalisée en Chine. Le réseau 5G est la pièce manquante au casse-tête de la chirurgie à distance. Pour réussir, une chirurgie à distance a besoin d'un patient, d'un chirurgien, d'un robot et d'une connexion Internet stable et ultrarapide.

Que se passerait-il si les voitures autonomes pouvaient signaler leurs intentions ou diffuser leur itinéraire à d'autres voitures autonomes? La 5G pourrait en faire une réalité et contribuerait ainsi à rendre les routes plus sûres. Les conducteurs pourraient aussi montrer aux autres à proximité dans quelle direction ils vont. La chose pourrait se faire lorsque nous utilisons nos téléphones pour trouver le chemin à emprunter pour parvenir à notre destination. Le téléphone pourrait également diffuser ces informations par la 5G jusqu'aux téléphones et aux voitures autonomes à proximité.

Utilité pour le gouvernement du Canada

Les réseaux mobiles 5G (ou de 5^e génération) ne sont pas encore accessibles au Canada ni dans la plupart des pays du monde d'ailleurs. Malgré tout, le gouvernement du Canada s'est préparé à son arrivée. Le Canada est au même point que les autres pays développés dans la préparation à la 5G.

Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) et gestion du spectre mobile

La demande d'applications et de contenu numériques continue d'augmenter, tant au Canada qu'à l'étranger, ce qui constitue le principal moteur de l'essor de la technologie 5G. Les téléphones intelligents et autres appareils cellulaires de même que les tablettes, les appareils informatiques personnels (Internet des objets) et la connectivité entre machines jouent un rôle de plus en plus crucial dans la vie quotidienne des entreprises et citoyens canadiens. Dans un contexte de hausse de l'utilisation de ces appareils, le taux de croissance composé du trafic de données mobiles a été calculé à 54 % par an. En tant que telle, la création de spectres ou la conversion de spectres existants (ou de radiofréquences qu'empruntent les données mobiles) par les organismes de réglementation nationaux est cruciale si on veut répondre à la demande et éviter tout effet nuisible sur l'économie.

Tout le spectre radioélectrique mondial est attribué par l'Union internationale des télécommunications (UIT). Au Canada, les téléphones cellulaires et les radiofréquences

sont réglementés par Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE), qui fait partie de l'UIT. Ce ministère supervise également la délivrance des licences et l'installation des tours de téléphonie cellulaire, effectue des évaluations de l'impact environnemental et de l'utilisation du sol pour les projets d'installation de telles tours ou d'autres infrastructures de téléphonie cellulaire et veille à ce que l'équipement satisfasse à toutes les exigences réglementaires. Il est également responsable de l'attribution de licences d'utilisation du spectre aux entreprises de télécommunications sans fil au Canada. En 2015, après avoir consulté les entreprises de télécommunications et les télédiffuseurs, il a été décidé que le Canada utiliserait à nouveau la portion de 600 MHz du spectre de télévision pour les services mobiles. La mise aux enchères de ce spectre aux entreprises de télécommunications mobiles s'est achevée en avril 2019 et montre que le gouvernement du Canada est conscient de l'importance sans cesse croissante de la technologie mobile et de la nécessité d'élargir les bandes de fréquences. Toutefois, avec l'arrivée de la 5G à l'horizon 2023, l'année où la plupart des opérateurs en Amérique du Nord ont l'intention de lancer la 5G à grande échelle, il faudra encore plus d'espace sur le spectre :

Il est essentiel d'avoir un nouveau spectre si on veut assurer le bon fonctionnement des services mobiles terrestres de la cinquième génération (5G). À l'échelle mondiale, on s'affaire sans relâche à déterminer les spectres qui conviendraient, notamment les bandes qui peuvent être utilisées dans le plus grand nombre de pays possible pour permettre l'itinérance mondiale et favoriser des économies d'échelle. Des travaux sont en cours dans le monde entier pour viser l'harmonisation du spectre à utiliser pour la 5G. Les services 5G devraient couvrir un large éventail d'applications. – 5G Americas

En juin 2017, ISDE a lancé des consultations concernant la libération future de fréquences supplémentaires, au-delà des 648 MHz actuellement utilisés. ISDE souhaitait se renseigner sur les quantités qui devraient être nécessaires ainsi que sur la nécessité d'éventuelles considérations politiques et réglementaires, à mesure que de nouveaux modèles commerciaux et de nouvelles applications réseau feraient leur arrivée. Divers intervenants ont pris part aux consultations et ont manifesté leur appui à la proposition du gouvernement du Canada concernant la libération des bandes de fréquences de 28 GHz, 37 à 40 GHz et 64 à 71 GHz. Le ministre d'ISDE, l'honorable Navdeep Bains, a déclaré qu'aucune décision définitive ne sera prise avant la conférence mondiale des radiocommunications à l'automne 2019 et que les consultations sur ces questions durent généralement deux ans. Toutefois, certains acteurs de premier plan aimeraient que ce processus s'accélère. Un représentant de Telus a eu ces mots : « Il faut prendre des mesures réglementaires immédiates et définitives pour que le Canada récolte les fruits de sa rapidité d'action dans la nouvelle économie numérique mondiale. »

Sécurité publique et inquiétudes par rapport à l'espionnage

En mai 2019, le gouvernement du Canada a entrepris une étude de la cybersécurité de la technologie 5G et des fournisseurs potentiels d'équipement. Actuellement, les

principaux fournisseurs mondiaux sont Nokia, Ericsson, Samsung, Qualcomm et Huawei, cette dernière société ayant la situation la plus nébuleuse de toutes. En 2018, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et les États-Unis ont tous interdit l'utilisation d'équipements de télécommunications Huawei dans leurs réseaux 5G par crainte que l'entreprise n'ait des liens avec le gouvernement chinois, qui pourrait potentiellement utiliser Huawei pour réaliser ses activités d'espionnage ou attaquer des infrastructures publiques essentielles au moyen d'un programme malveillant. Huawei a toujours nié avec véhémence ces allégations. Le Royaume-Uni a ordonné l'interdiction partielle de Huawei dans les composants centraux de son réseau 5G. Les autres pays européens se sont jusqu'à présent abstenus de lui emboîter le pas.

Bien que ce soit normalement la responsabilité des entreprises canadiennes comme Bell, Rogers et Telus d'assurer la sécurité de leurs réseaux, le gouvernement du Canada a l'obligation de veiller à la sécurité publique, dont la cybersécurité est une composante. Le 1^{er} mai 2019, selon le ministre de la Sécurité publique Ralph Goodale, le ministre responsable de la sécurité nationale et la [Stratégie nationale de cybersécurité du Canada](#), l'examen sur la sûreté de la 5G, qui comprend le rôle potentiel de Huawei, est en cours, et une décision finale est attendue d'ici l'automne 2019. Indépendamment de cette décision, les opérateurs et le gouvernement du Canada devront déployer des efforts pour assurer la sécurité des réseaux, comme c'est le cas pour la 4G LTE actuellement.

Autres investissements et initiatives

Le 19 mars 2018, le gouvernement du Canada a annoncé l'octroi de fonds pour le projet du corridor d'essai 5G entre le Québec et l'Ontario. Cet octroi représente une étape dans l'adoption de la prochaine génération de technologie sans fil. Le gouvernement du Canada établit des partenariats avec divers acteurs privés en guise d'exemple de collaboration entre toutes les parties prenantes. La 5G exigera une énorme et coûteuse refonte de l'infrastructure et il faut en tenir compte.

L'Association canadienne des télécommunications sans fil a lancé le Conseil 5G Canada pour favoriser la collaboration dans les travaux de mise en place de la 5G. La date de sortie de la technologie est toujours prévue d'ici 2020. Le gouvernement du Canada devra encore se pencher sur la manière dont il prendra en charge les fréquences radioélectriques entre 600 et 3 500 MHz, qui sont nécessaires pour les réseaux 5G. Cette gamme de fréquences est cruciale, car la fréquence de 600 MHz est l'une des fréquences les plus élevées qui peuvent s'utiliser dans les régions rurales et éloignées du pays.

Le gouvernement canadien a annoncé un montant pouvant atteindre 40 millions de dollars pour financer la recherche de Nokia sur la technologie 5G au Canada. Nokia a lancé de multiples projets sur le routage des données dans les réseaux optiques ainsi que la création d'outils de cybersécurité qui protégeront les réseaux de télécommunications dans leur transition vers la 5G.

Répercussions pour Services partagés Canada

SPC aura un rôle important à jouer pour que les ministères canadiens disposent des outils, de l'infrastructure et de l'architecture nécessaires au lancement à grande échelle de la 5G au cours des prochaines années. Ainsi, le déploiement de la 5G aura des répercussions majeures sur SPC.

Proposition de valeur

Comme il est mentionné dans le sommaire opérationnel, la 5G offre trois avantages principaux par rapport au réseau 4G actuel : une vitesse accrue, une latence moindre et la possibilité de connecter beaucoup plus d'appareils à la fois. Concrètement, les réseaux 5G seront ainsi en mesure de fournir un meilleur accès à l'entreposage en nuage (et à l'informatique en périphérie) et d'exécuter des applications opérationnelles avec un délai de réponse en temps réel amélioré et auront le pouvoir d'exécuter virtuellement des tâches plus complexes. Ces avantages vont de pair avec la volonté d'avoir un gouvernement du Canada ouvert et d'augmenter le partage des données et la collaboration depuis n'importe quel appareil (y compris les appareils mobiles), comme l'indique le [Plan stratégique des opérations numériques de 2018 à 2022](#).

SPC a apporté des changements importants dans la modernisation des centres de données du gouvernement du Canada ainsi que dans l'offre de services infonuagiques, sur le plan du traitement et du stockage des données. Cependant, au fil de l'évolution technologique, l'informatique en périphérie viendra compléter ces deux modèles. D'ici 2022, plus de 50 % des données générées par l'entreprise seront créées et traitées à l'extérieur du centre de données ou du nuage, selon une recherche effectuée par Gartner. L'informatique en périphérie s'impose de plus en plus comme solution aux problèmes de latence entre machines. La 5G améliorera par sa nature même la bande passante et donc les problèmes de latence, ce qui permettra de prendre en charge une plus grande densité d'appareils, dont ceux en périphérie. Grâce à la 5G, les données atteindront leurs points terminaux (qu'il s'agisse d'un nuage ou d'un centre de données) plus rapidement et accéléreront ainsi le traitement et le stockage.

Difficultés

Premièrement, les appareils compatibles devront être redistribués aux fonctionnaires de partout au Canada. Les appareils actuels ne seront en effet pas compatibles avec les réseaux 5G, et les mises à jour automatiques ne seront pas possibles. Seuls les appareils compatibles avec la 5G peuvent être utilisés sur les réseaux 5G (ils peuvent également être utilisés sur les réseaux 4G). Toutefois, il ne sera probablement pas nécessaire de mettre les appareils à niveau tout de suite. Les premières instances de la 5G utiliseront les réseaux et l'équipement 4G et non des réseaux ou de l'équipement particuliers. Quoi qu'il en soit, le renouvellement complet de tous les appareils du gouvernement du

Canada sur à peu près la même période sera un projet d'envergure sur le plan logistique et financier. Néanmoins, il faudra aller de l'avant si le gouvernement veut pouvoir continuer d'exploiter le numérique au profit de la population canadienne, l'un des principaux thèmes stratégiques énoncés dans le [Plan stratégique des opérations numériques de 2018 à 2022](#), aussi décrit dans [Objectif 2020](#).

Deuxièmement, la 5G fonctionnera en partie sur les ondes millimétriques, qui ont des fréquences comprises entre 30 et 300 GHz. Les ondes millimétriques ont généralement une faible portée et sont sensibles aux interférences et aux blocages causés par des objets tels que les bâtiments, les arbres, voire la pluie et les nuages. Il devient donc difficile d'avoir une bonne couverture pour les appareils. De plus, les interférences et les problèmes de portée peuvent nuire à la tenue de certaines activités, notamment les prévisions météorologiques, les initiatives SmartCities, les procédures médicales et les opérations militaires et policières. Pour contourner le problème, il faudra déployer de petites cellules, terme forgé décrivant l'utilisation de nombreuses petites antennes, petites tours et petits émetteurs dans une zone dense. La situation entraînera une modification considérable des structures de réseau actuelles et pourrait compliquer passablement les choses dans certaines régions éloignées ou rurales.

Enfin, pour terminer, l'arrivée de la 5G pourrait susciter des inquiétudes en matière de santé et de sécurité au travail chez les employés et les citoyens en général, par rapport à l'exposition accrue aux rayonnements en raison du nombre élevé d'antennes et de tours situées plus près du lieu de résidence et de travail des gens. Même avec la technologie 4G actuelle et les équipements de télécommunications existants, certains pensent que les appareils et leurs équipements représentent une menace pour la santé humaine. Cependant, aucune recherche n'a actuellement démontré de risque réel. Santé Canada a rédigé des lignes directrices sur l'exposition humaine sécuritaire aux radiofréquences. Les radiofréquences de la 5G sont bien en dessous de la gamme de sécurité de 300 GHz.

Éléments à considérer

C'est sur ses centres de données que les réseaux 5G auront le plus important effet pour SPC. La 5G promet de prendre en charge un trafic plus élevé sur le réseau à des vitesses plus élevées avec une faible latence. Il faut aussi en comprendre que les applications commenceront à être conçues pour les réseaux 5G. Le passage à la 5G ne changera rien aux tâches à accomplir pour les centres de données, sinon leur échelle. Les centres de données devront se décentraliser et suivre un modèle à deux ou trois niveaux afin de fournir un traitement à faible latence à la périphérie du réseau tout en maintenant un rôle central d'agrégation et de coordination des données. Ils devront aussi augmenter la bande passante, le pouvoir de traitement et le stockage.

La 5G transformera également l'architecture cellulaire traditionnelle. Pour avoir une architecture à deux niveaux, comme l'explique le sommaire technologique, il faut accroître la sécurité. En effet, l'utilisation d'appareils pour se connecter les uns aux autres afin d'établir une connexion réseau fait en sorte qu'il n'y a pas qu'une seule

station de base centrale à protéger. Dorénavant, le fournisseur devra également se protéger contre les appareils qui établissent eux-mêmes les connexions. La sécurité sera une question de première importance pour SPC à l'arrivée de la 5G, car tous les appareils de l'Internet des objets seront connectés. Le nombre accru d'appareils fait augmenter le trafic sur le réseau.

Des entreprises comme Cisco et Ericsson ont commencé à utiliser des réseaux SDN et la virtualisation des fonctions réseau parce que ce sont des solutions flexibles qui peuvent prendre en charge dynamiquement un nombre élevé d'appareils. Les réseaux SDN découplent le matériel du logiciel, ce qui signifie que les tâches peuvent être effectuées dans le nuage ou dans des grappes de serveurs. La virtualisation des fonctions réseau, généralement utilisée en combinaison avec les réseaux SDN, transforme les fonctions réseau de manière à pouvoir être exécutée dans des machines virtuelles au lieu de dépendre du matériel. Il s'agit là d'options viables pour SPC à mesure que le Ministère migre vers le nuage à l'aube de l'ère 5G.

Les réseaux 5G ne sont pas qu'une simple évolution technologique : c'est une révolution. La 5G a le potentiel de modifier de fond en comble la façon dont les données sont transmises et traitées, et par qui (ou quoi). SPC devra s'informer sur le potentiel des réseaux 5G d'entreprise, à l'instar de nombreuses entreprises qui ont commencé des démarches en ce sens. En raison de certaines activités essentielles à la mission de divers ministères, comme la Défense nationale et la Gendarmerie royale du Canada, l'arrivée des réseaux 5G privés peut se révéler nécessaire si on veut transmettre des renseignements sensibles ou lorsque l'infrastructure et les réseaux publics ne sont pas fiables ou jugés sûrs.

Malgré les avantages de la 5G, il y aura des coûts initiaux et financiers et humains. Non seulement la mise à jour et le déploiement de l'infrastructure et des appareils actuels seront nécessaires, mais la densification de l'infrastructure sera également inévitable avec la technologie 5G. En raison des difficultés liées aux distances de transmission et aux interférences, il peut devenir nécessaire de déployer de petites cellules (tours et antennes radio), éventuellement sur chaque bâtiment gouvernemental à la grandeur du pays. Les répercussions sur les budgets et la main-d'œuvre ne font aucun doute.

Enfin, on pourra tirer des leçons de l'expérience des premiers qui adopteront la 5G. À l'heure actuelle, la technologie 5G est loin du stade de maturité et n'est pas encore déployée à grande échelle ailleurs dans le monde. Cependant, en avril 2019, la Corée du Sud est devenue le premier pays à adopter pleinement la 5G et devrait compter près d'un million d'utilisateurs d'ici la fin juin 2019. Dans les premiers mois qui ont suivi le lancement, les utilisateurs se sont plaints de la couverture et de la vitesse, principalement en raison du manque de stations de base (tours et antennes) en dehors des zones urbaines à forte densité de population. Les opérateurs ont réagi en installant de 3 000 à 4 000 nouvelles stations par semaine afin de répondre à la demande et de résoudre les problèmes. On voit ainsi l'importance d'avoir une bonne infrastructure en

place avant l'arrivée de la technologie afin d'éviter la frustration des clients qui pourraient ainsi vouloir lui tourner le dos.

Ouvrages de référence

Cheng, Roger. What is 5G? Here are the basics. cnet. 9 février 2018.

<https://www.cnet.com/how-to/5g-network-technology-here-are-the-basics/>.

M. N. Tehrani, M. Uysal et H. Yanikomeroğlu. Device-to-device communication in 5G cellular networks: challenges, solutions, and future directions. *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, n° 5, p. 86-92,

mai 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6815897/>.

Sega, Sashca. What is 5G. PCMag. 20 mars 2018.

<https://www.pcmag.com/article/345387/what-is-5g>.

<https://www.gemalto.com/mobile/inspired/5G>.

Oliveira, Michael. Canadian wireless providers mum as U.S. companies announce 5G launch dates. The Canadian Press. Avril 2018.

<https://www.theglobeandmail.com/business/article-canadian-wireless-providers-mum-as-us-companies-announce-5g-launch/>.

https://www.thestar.com/business/tech_news/2018/04/02/industry-says-5g-technology-rollout-depends-on-spectrum-access.html.

Pretz, Kathy. 5G: The Future of Communications Networks. IEEE. 1^{er} mars 2017.

<http://theinstitute.ieee.org/technology-topics/communications/5g-the-future-of-communications-networks>.

5G spectrum guide – everything you need to know, GSMA. 16 février 2018.

<https://www.gsma.com/spectrum/5g-spectrum-guide/>.

Lavallee, Brian. Data Centers to 5G: Bring It On!. Data Center Knowledge. 6 février 2018.

<http://www.datacenterknowledge.com/industry-perspectives/data-centers-5g-bring-it>.

Williams, Kevin. How 5G Will Usher In The Internet Of Power Delivery. 21 juin 2016.

<https://www.forbes.com/sites/huawei/2016/06/21/how-5g-internet-will-change-the-way-we-generate-and-consume-power/#62c0aa608031>.

Cheng, Roger. 5G is finally starting to feel real. 18 décembre 2018.

<https://www.cnet.com/news/5g-is-finally-starting-to-feel-real/>.

Humphries, Matthew, China Performs First 5G Remote Surgery. 15 janvier 2019.

<https://www.pcmag.com/news/365992/china-performs-first-5g-remote-surgery>.

Behar, Rose. Everything you need to know about 5G in Canada. 1^{er} mars 2019.
<https://mobilesyrup.com/2018/03/01/everything-you-need-to-know-about-5g-canada/>.

CableFree. Introducing 5G Frequency Bands.
<https://www.cablefree.net/wirelesstechnology/4glte/5g-frequency-bands-lte/>.

New York Intelligencer. 5G is Going to Transform Smartphones – Eventually. Février 2019.
<http://nymag.com/intelligencer/2019/02/5g-is-going-to-transform-smartphones-eventually.html>.

ISDE, gouvernement du Canada. Décisions sur la réattribution de la bande de 600 MHz. Août 2015.
<https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf11049.html>.

5G Americas. 5G Spectrum Recommendations. Avril 2017.

ISDE, gouvernement du Canada. Consultation sur la libération du spectre des ondes millimétriques à l'appui de la technologie 5G. Juin 2017.
<https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf11298.html>.

Behar, Rose. Here's Why mmWave is Crucial to Canada's 5G Future. MobileSyrup. Octobre 2017.
<https://mobilesyrup.com/2017/10/16/mmwave-spectrum-explainer/>.

Bryan-Low, Cassell, Colin Packham, David Lague, Steve Stecklow et Jack Stubbs. Reuters. Hobbling Huawei: Inside the U.S. war on China's tech giant. Mai 2019.
<https://www.reuters.com/investigates/special-report/huawei-usa-campaign/>.

Fife, Robert et Steven Chase. The Globe and Mail. Goodale says decision on Huawei 5G network to come before election. Mai 2019.
<https://www.theglobeandmail.com/politics/article-goodale-says-decision-on-huawei-to-come-before-election/>.

Business Wire. Ixia, a Keysight Business, Delivers Network Performance Monitoring and Visibility to Remote Sites and Edge Computing. Février 2019.
<https://finance.yahoo.com/news/ixia-keysight-business-delivers-network-161500291.html>.

Nordrum, Amy, Kristen Clark et IEEE Spectrum Staff. Everything You Need to Know About 5G. Janvier 2017.
<https://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/everything-you-need-to-know-about-5g>.

Santé Canada, gouvernement du Canada. Limites d'exposition humaine aux champs de radiofréquences électromagnétiques dans la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz – Code de sécurité 6 (2015). 2015.

<https://www.canada.ca/fr/health-canada/services/environmental-workplace-health/consultations/limits-human-exposure-radiofrequency-electromagnetic-energy-frequency-range-3-300.html>¹⁵.

ⁱ <https://www.pcmag.com/article/345387/what-is-5g>.

ⁱⁱ <https://www.pcmag.com/article/365754/5g-vs-5g-e-vs-5ghz-whats-the-difference>.

ⁱⁱⁱ <https://www.pcmag.com/article/345387/what-is-5g>.

^{iv} <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/55406/cellular-generations>.

^v <https://www.rfpage.com/evolution-of-wireless-technologies-1g-to-5g-in-mobile-communication/>.

^{vi} <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/55406/cellular-generations>.

^{vii} <https://www.rfpage.com/evolution-of-wireless-technologies-1g-to-5g-in-mobile-communication/>.

^{viii} <https://www.rfpage.com/evolution-of-wireless-technologies-1g-to-5g-in-mobile-communication/>.

^{ix}

<https://support.chinavasion.com/index.php?/Knowledgebase/Article/View/284/42/1g-2g-3g-4g---the-evolution-of-wireless-generations>.