5G :
ANTICIPATION ET OPPORTUNITÉS

INFLUENCE DE LA 5G SUR LES ARCHITECTURES

2020
JANVIER

JANVIER 2020

5G : anticipation et opportunités

Influence de la 5G sur les architectures

Droit de propriété intellectuelle

Toutes les publications du Cigref sont mises gratuitement à la disposition du plus grand nombre mais restent protégées par les lois en vigueur sur la propriété intellectuelle.

Synthèse

La 5G, cinquième génération des standards en matière de téléphonie mobile, succède à la 4G, toujours en cours de déploiement en France en 2019, et s'ajoute aux réseaux mobiles 2, 3G existants. La 2G a permis de mettre le téléphone dans sa poche, la 3G de glisser l'internet dans sa poche et la 4G de nous offrir de plus grands débits. La 5G a été conçue pour satisfaire les besoins croissants de communication toujours plus rapides entre individus mais également, dans l'idée de servir dès le départ les grands secteurs économiques de la société. La 5G permet de connecter la voiture, la ville et encore l'usine au réseau.

La 5G offre plusieurs caractéristiques nouvelles dont notamment, le **très haut débit garanti** et la **faible latence** qui vont bouleverser les usages et les marchés. C'est pour cela que la 5G constitue une rupture technologique par rapport aux générations précédentes. Cette rupture est vue pour certain comme une révolution industrielle : la 5G permet de **connecter plusieurs technologies** (le cloud, l'intelligence artificielle, l'IoT-Internet des objets et la réalité virtuelle/augmentée) qui se nourriront les unes des autres pour mieux répondre aux nouvelles attentes des clients et aux défis des marchés de demain.

Pour la première fois, il s'agit d'une norme internationale sur laquelle tout le monde s'accorde quelle que soit la plaque continentale. Elle permettra **d'offrir un service ou produit « sans couture » à l'échelle planétaire** grâce à l'harmonisation des bandes de fréquences au niveau international.

L'enjeu de la 5G est principalement de **renforcer la compétitivité des entreprises** en permettant l'innovation incrémentale ou de rupture, en développant de nouveaux modèles d'affaires. C'est pourquoi les entreprises doivent mener une réflexion stratégique afin de déterminer la valeur apportée par la 5G dans leur *business*. Ce rapport a pour objectif d'aider les collaborateurs à mieux appréhender ce qu'est la 5G et son potentiel afin qu'ils puissent contribuer à la réflexion stratégique.

Pour avoir une meilleure compréhension des opportunités de la 5G, les entreprises et leur écosystème collaborent avec les opérateurs, co-construisent des cas d'usage et les testent avec des *Proof of Concept (PoC),* ou des *Proof of Value (PoV)*. Les entreprises acquièrent ainsi un savoir-faire technique qui leur permet de maximiser les gains de la 5G au niveau business. Mieux appréhender le champ des possibles de la 5G dans leur *business* et identifier les cas d'usage permettent aux entreprises d'orienter les opérateurs et les équipementiers dans leurs choix stratégiques (implémentation de certaines fonctionnalités dans des équipements par exemple) et de peser sur le choix des standards pour normaliser les fonctionnalités dont ils ont besoin.

La DSI a plusieurs rôles à jouer dans la 5G. Tout d'abord, stimuler la recherche de cas d'usage et les tester en vue d'une industrialisation ; mais également anticiper une architecture modulaire facilitant la mise en œuvre de ces cas d'usage. Selon l'importance de la connectivité dans leur *business*, les entreprises doivent se reposer la question de leur stratégie réseau, le choix du « *make or buy* ».

L'entreprise a en effet, le choix de co-construire de nouveaux usages avec les opérateurs télécoms ou alors de les opérer en devenant soit un opérateur de réseau mobile virtuel, soit un opérateur (*Mobile Network Operator)* sous réserve de fréquences libres ou attribuées directement aux industriels.

Enfin, pour tirer parti de la 5G, ce sont les talents en interne et au sein de l'écosystème qui feront la différence pour mettre en œuvre la 5G et accompagner son déploiement.

Remerciements

Nos remerciements vont à Thierry Borgel, Directeur S.I. & digital chez Icade qui a piloté cette réflexion, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont participé et contribué à ce groupe de travail Cigref :

Eric BARNIER - GROUPE ADP
Aurélien BLANCARD - TOTAL
Thierry BORGEL - ICADE
Jérôme BOULLOT - HAGER GROUP
Brigitte DECLERCK - AGIRC ARRCO
Nicolas DECRE - GROUPE PSA
Véronique DEMILLY - FRANCE TELEVISIONS
Marco DUARTE - LVMH
Pierre ERARD - MAIF
Gilles FLOYRAC - AMADEUS
Gérard GAGLIARDI - LISI AEROSPACE
Hadrien GANTZER - TOTAL
Sylvain GÉRON – BOLLORE
Thierry HAMON - CAISSE DES DÉPÔTS
Lucile HOFMAN – ENGIE
Douglas KAWANO - RENAULT
Freddy MAUBERT – MINISTÈRE DES ARMEES
Marie-Laure MICOUD - CAISSE DES DÉPÔTS
Emmanuel MONZIES - GROUPE PSA
Christophe PIERRE - GPT DES MOUSQUETAIRES
Claude PIERRE – ENGIE
Christophe POULAIN – ENGIE
Martine PUJOL - AIR FRANCE KLM
Rodolphe QUEMERAIS - MINISTÈRE DES ARMEES
Nghiem QUOC-ANH - DASSAULT AVIATION
Christian RÉGNIER - AIR FRANCE KLM
Stéphane ROS - SNCF
Nicolas SIEGLER - MAIF
Eric SORIN - MACIF
Alain SOULADIER - MAÏSADOUR
Matthieu WALLERICH - BNP PARIBAS

Le Cigref remercie sincèrement les intervenants lors des différentes réunions de travail : Didier Berthoumieux – Nokia ; Sara Bertoglio – Arcep ; Jean-Pierre Bienaimé – 5G Infrastructure Association ; Véronique Demilly – France Télévisions ; Maxime Forest – Arcep ; Alain Maloberti - NGMN ; Laurent Moquet – Samsung ; Toby Redshaw – Verizon ; Christian Régnier – AIR FRANCE KLM.

Le Cigref remercie chaleureusement les étudiants de Télécom Paris Tech, Pierre Bernat, Robinson Bonnard, Lucas Ohnheiser et Jean Parvillers pour leur étude sur les réseaux déployés aujourd'hui au sein des entreprises interviewées et sur la façon dont la 5G pourrait demain les améliorer, les remplacer ou même offrir de nouveaux usages, ainsi que Laure Muselli, maître de conférences, département SES à Télécom Paris Tech pour l'accompagnement de ses élèves.

Ce document a été rédigé par Marine de Sury, chargée de mission Cigref, avec la participation de Thierry Borgel.

Table des matières

Introduction **7**
1 · Qu'est-ce que la 5G ? **9**
1.1 Caractéristiques et cas d'usage 9
1.2 Partie radio 11
1.2.1 Bande de fréquences 12
1.2.2 Rappels de technologies radio 13
1.3 Calendrier de déploiement de la 5G en Europe 14
2 · Pourquoi la 5G est clé pour les entreprises ? **15**
2.1 Stimulation de l'innovation et de la co-innovation 15
2.2 Ruptures apportées par la 5G 16
2.2.1 Instantanéité des échanges 16
2.2.2 Respect environnemental 17
2.2.3 Convergence des réseaux 17
2.2.4 Rupture dans les architectures IT 18
2.3 Connectivité dynamiquement adaptée à l'usage 18
2.3.1 Virtualisation du cœur de réseau 18
2.3.2 Network slicing (découpage en enveloppe de performances) 20
2.4 Réseau privé d'entreprise 21
2.5 Participation des entreprises à la standardisation 24
3 · Comment anticiper la 5G au niveau des entreprises et de l'IT ? **26**
3.1 En instruisant la stratégie réseau avec les possibilités de la 5G 26
3.2 En participant à des expérimentations ou à des PoC 26
3.3 En anticipant les impacts de la 5G sur les architectures 27
3.3.1 Architecture modulaire 28
3.3.2 Edge computing 28
3.3.3 Sécurité 29
3.3.4 Rapprochement SI d'entreprise et SI industriel 29
3.3.5 Couverture Indoor 29
3.3.6 Compétences requises 30
Conclusion **31**
Annexe **32**

Table des figures

Figure 1 : Les 8 indicateurs de performance 5G établis par l'UIT - IMT-2020 9
Figure 2 : Perspective des nouveaux usages dans la 5G 10
Figure 3 : Slices standardisées de la 5G, caractéristiques et cas d'usage de la 5G 11
Figure 4 : Bandes de fréquences 5G 12
Figure 5 : Quelques propriétés physiques des bandes de fréquences 5G 12
Figure 6 : Plan d'action de la Commission européenne pour la 5G 14
Figure 7 : Transmission radio des antennes 4G et des antennes 5G : solution radio focalisante *vs* diffusante 17
Figure 8 : Passage d'un réseau télécom traditionnel au réseau reconfiguré par logiciel puis virtualisé 19
Figure 9 : Échantillon d'allocation de spectre en 2019 par pays 23

Introduction

La couverture médiatique concernant la 5G reste dominée par les craintes sécuritaires et géopolitiques qu'elle suscite (par exemple les tensions sino-américaines autour de Huawei). Les médias restituent dans une moindre mesure les premiers cas d'usage des déploiements 5G et des expérimentations effectuées par les grands opérateurs de télécommunications.

Comme son sigle le laisse deviner, la 5G est la cinquième génération des standards en matière de téléphonie mobile. Pour la première fois, il s'agit d'une norme internationale sur laquelle tout le monde s'accorde quelle que soit la plaque continentale. Elle succède à la 4G qui est toujours en cours de déploiement en France en 2019 et s'ajoutera aux réseaux mobiles 2, 3G existants. La 2G a permis de mettre le téléphone dans sa poche, la 3G de glisser l'internet dans sa poche et la 4G de nous offrir de plus grands débits. La 5G offre non seulement tout cela à plus grande échelle mais permet également de connecter la voiture, la ville et encore l'usine au réseau. En effet, la 5G offre plusieurs caractéristiques nouvelles dont notamment, le **très haut débit garanti** et la **faible latence** qui vont bouleverser les usages et les marchés. (Le temps de latence désigne le temps nécessaire à la communication pour passer de la source à la destination à travers le réseau mobile.) C'est pour cela que la 5G constitue une rupture technologique par rapport aux générations précédentes.

Certains considèrent même que la 5G est une composante de la 4ème révolution industrielle : l'ère **cyberphysique.** Cette révolution résulte de la **combinaison de 5 changements de technologies** : le cloud, l'intelligence artificielle (IA), l'IoT (Internet des objets), la réalité virtuelle/augmentée[1] et la 5G. Le cloud, l'IA, l'IoT, la réalité virtuelle/augmentée connaissent aujourd'hui une croissance exponentielle. La **5G** permettra de **connecter ces technologies pour se nourrir les unes des autres**.

La première révolution industrielle était due à l'utilisation de **l'énergie hydraulique et de la vapeur** : le travail réalisé n'était plus limité par la force physique ou l'endurance de la personne. La deuxième révolution industrielle a commencé avec **l'énergie électrique et la division du travail** : l'énergie électrique permet de travailler presque partout, la production en série devient possible. **L'électronique et les technologies de l'information** correspondent à la troisième révolution industrielle : il devenait possible de décharger le travail mental sur des machines.

La 5G, au même titre que le Cloud, est un sujet clé pour les grandes entreprises. Et donc, les collaborateurs doivent comprendre ce qu'est la 5G et ses opportunités pour pouvoir en tirer parti aussi bien en interne qu'au sein de leur écosystème (fournisseurs, clients, vendeurs, etc.). Ils auront alors

[1] La réalité virtuelle fait référence à toute technologie immergeant son utilisateur dans un environnement généré par ordinateur. L'environnement peut être une reproduction de quelque chose de réel ou d'imaginaire.
La réalité augmentée (ou mixte) est une combinaison d'objets du monde réel et d'objets virtuels.
Source : Immersion

les bases pour améliorer des cas d'usage, des processus ou co-construire de nouveaux modèles d'affaires afin de répondre plus finement aux attentes clients. Cette nouvelle technologie permet également de diminuer les coûts opérationnels des entreprises de par ses qualités intrinsèques.

Ce rapport, synthèse du groupe de travail Cigref « Influence de la 5G sur les architectures », a pour objectif de faire appréhender la 5G à l'ensemble des collaborateurs. Dans un premier temps, le rapport définit le réseau 5G puis étudie en quoi ce réseau est clé pour les grandes entreprises. Il identifie les ruptures de la 5G et ses opportunités. Enfin, le rapport étudie comment la direction des systèmes d'information (DSI) prépare l'implémentation de la 5G et anticipe son impact sur les architectures d'entreprises afin d'être à même de mettre en œuvre les cas d'usage et les nouveaux modèles d'affaires dans les temps impartis.

1 · Qu'est-ce que la 5G ?

1.1 Caractéristiques et cas d'usage

La 5G est un nouveau réseau de téléphonie mobile qui s'additionne à ceux déjà déployés comme la 2 et 3G ou à celui en cours de déploiement pour la 4G. Un réseau de téléphonie mobile, quelle que soit sa génération, se découpe en 2 parties la **partie radio**, appelée aussi **accès radio**, et la **partie cœur de réseau**. La partie radio permet de connecter les *smartphones*, objets connectés, etc. au réseau mobile par voix radio grâce à des ondes radio propagées dans l'air sur une fréquence de la bande de fréquences allouée à cet usage.

La nouvelle norme 5G apporte des **débits** plus importants encore que la 4G, et qui peuvent être **garantis** (la 4G n'assure qu'un débit maximal possible), mais aussi un **temps de latence bien plus faible** qu'aujourd'hui. La 5G offre également d'autres gains de performance. Huit indicateurs de performance listés dans l'IMT-2020[2], ont été établis par l'Union internationale des télécommunications[3] (UIT) pour préciser, quantifier et mesurer les caractéristiques d'un réseau 5G. Le tableau ci-dessous les rappelle et les compare aux performances de la 4G. On note ainsi que le débit aperçu par l'utilisateur est 10 fois plus important dans la 5G que dans la 4G. Le débit maximal s'élève à 1Gbit/s pour la 4G et à 20 Gbit/s pour la 5G. Les communications sont assurées pour un déplacement allant jusqu'à 350km/h pour la 4G à un déplacement allant jusqu'à 500km/h pour la 5G. De plus la 5G permet de connecter jusqu'à 10 fois plus d'objets que la 4G.

Performances/Génération	4G	5G
Débit maximal (Gbit/s)	1	20
Débit aperçu par l'utilisateur (Mbit/s)	10	100
Efficacité spectrale	1x	3x
Vitesse (km/h)	350	500
Latence (ms)	10	1
Nombre d'objets connectés sur une zone (quantité d'objets/km²)	10^5	10^6
Efficacité énergétique du réseau	1x	100x
Débit sur une zone (Mbit/s/m²)	0.1	10

Figure 1 : Les 8 indicateurs de performance 5G établis par l'UIT - IMT-2020

La 5G a été conçue pour répondre à un certain nombre de besoins pour le grand public ou pour les entreprises qui ont été déclinés en cas d'usage listés ci-après :

- ***Broadband access everywhere*** : Haut débit partout (>50 Mbit/s partout) ;

[2] L'IMT-2020 sont les exigences publiées par le secteur des radiocommunications de l'UIT pour les réseaux, dispositifs et services 5G.

[3] UIT : Union Internationale des télécommunications - https://www.itu.int/fr/about/Pages/default.aspx. L'UIT est l'institution spécialisée des Nations Unies pour les technologies de l'information et de la communication (TIC). Fondée en 1865 en vue de faciliter la connectivité internationale des réseaux de communication, l'UIT attribue dans le monde entier des fréquences radioélectriques et des orbites de satellite, élabore les normes techniques qui assurent l'interconnexion harmonieuse des réseaux et des technologies et s'efforce d'améliorer l'accès aux TIC pour les communautés mal desservies partout dans le monde.

- ***Broadband access in dense area*** : Haut débit en zone dense ;
- ***Higher user mobility*** : connexion haut débit lors de déplacement à grande vitesse (dans les trains par exemple) ;
- ***Massive internet of things*** : capacité à gérer un grand nombre d'objets connectés ;
- ***Extreme real-time communications*** : communication en temps réel qui nécessite une faible latence afin d'assurer une réponse rapide ;
- ***Lifeline communications*** : communications de survie lors de catastrophes naturelles ;
- ***Ultra reliable communications*** : applications qui nécessitent une très grande fiabilité, par exemple les applications médicales ou industrielles ;
- ***Broadcast like services*** : réseau pour des services de diffusion.

Les besoins en performance du réseau dépendent des cas d'utilisation : une seule solution ne va pas satisfaire les besoins les plus extrêmes en même temps. Cependant, plusieurs cas d'usage pourront néanmoins être actifs simultanément. En effet, la 5G se distingue en ce qu'elle vise, dès sa conception, à intégrer un **nombre inédit de cas d'usages**.

Les performances de la 5G offre des perspectives de nouveaux usages dans de nombreux domaines, qui constituent en eux-mêmes une rupture. Ils sont résumés dans l'image ci-dessous, en fonction de leur besoin en latence et en débit. La vidéo 360 degrés, aussi appelée vidéo immersive, est un enregistrement vidéo d'une scène du monde réel où l'image est enregistrée dans toutes les directions en même temps. Ces enregistrements vidéo sont réalisés avec un appareil communément appelé camera 360°. La vidéo 360° et la TV 4K nécessitent de très haut débits. La réalité virtuelle/augmentée nécessite aussi bien de très haut débits qu'une faible latence pour pouvoir répondre en temps réel. La ville intelligente utilise des objets connectés qui demandent parfois des temps de réponse rapide. La conduite autonome nécessite également une faible latence. Aller chercher les données dans le cloud demande un temps de réponse rapide. La robotique et plus généralement l'usine connectée demandent une faible latence avec des débits à adapter en fonction des utilisations. En revanche, les capteurs utilisés dans l'environnement et l'agriculture, ne nécessitent ni de grand débit, ni de faible latence.

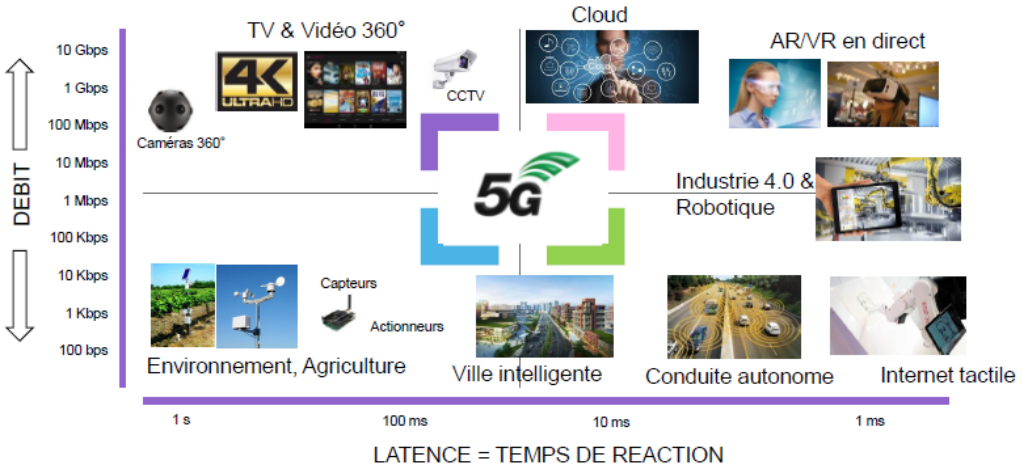
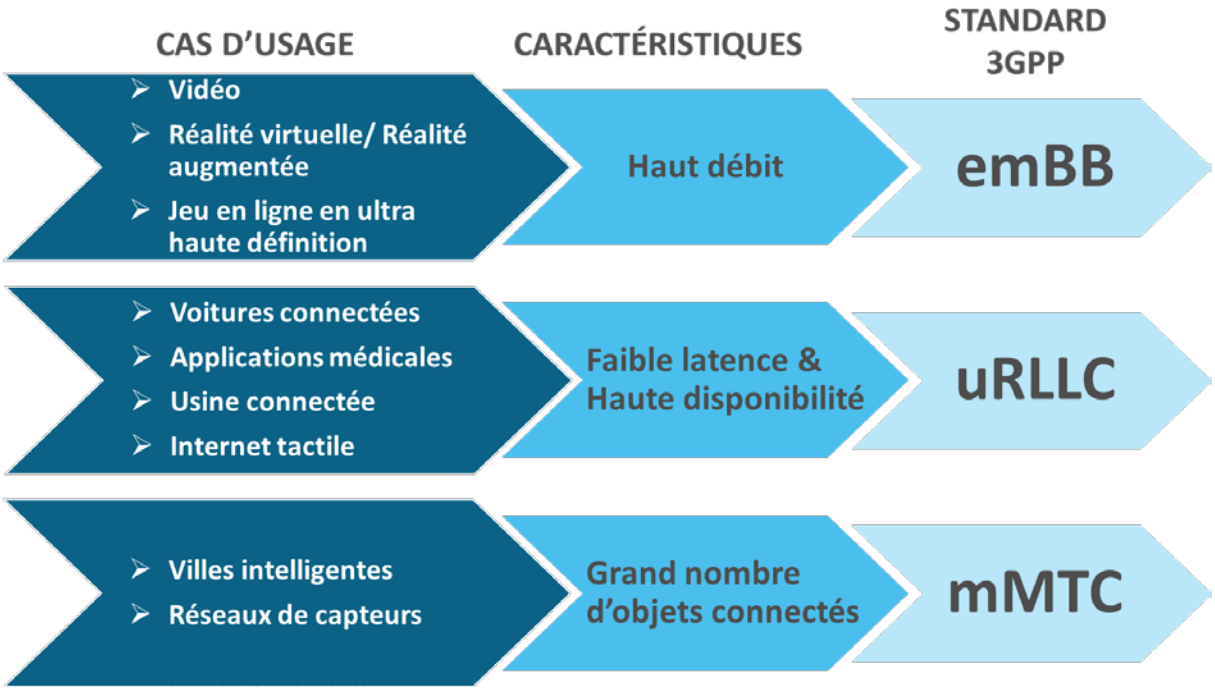


Figure 2 : Perspective des nouveaux usages dans la 5G

La pierre angulaire de la 5G se nomme le *network slicing* (en français tranche de réseau) : mécanisme permettant de définir une enveloppe de performances, nommé *slice* (la tranche). Grâce au mécanisme de *network slicing*, il est possible de configurer **sur la même infrastructure**, de **multiples services réseaux** répondant pour chacun d'eux à des besoins particuliers avec des caractéristiques de communications spécifiques. L'UIT a défini **3 catégories d'usages** qui ont été standardisés dans les normes 3GPP[4]. Ces 3 catégories d'usage sont spécifiées par trois slices génériques (enveloppes de performances) de la 5G :

- Le haut débit mobile amélioré avec l'eMBB (*enhanced Mobile BroadBand*) ;
- La faible latence et haute disponibilité avec l'uRLLC (*ultra-Reliable Low Latency Communications*) ;
- La possibilité de servir quantité d'objets en même temps avec le mMTC (*massive Machine Type Communications*).



Source : Cigref

Figure 3 : Slices standardisées de la 5G, caractéristiques et cas d'usage de la 5G

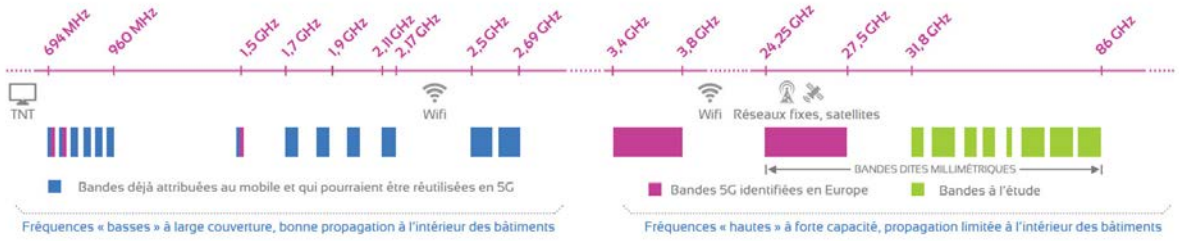
1.2 Partie radio

La connexion radio du *device* (*smartphone*, objet connecté, etc.) au réseau de téléphonie mobile se fait par ondes radio propagées dans l'air sur une fréquence de la bande de fréquences 5G. La partie radio englobe tout ce qui est nécessaire pour établir cette connexion.

[4] 3GPP, *3rd Generation Partnership Project,* est une coopération entre organismes de normalisation en télécommunications tels que l'UIT (union internationale des télécommunications), l'ETSI (Europe), l'ARIB/TTC (Japon), le CCSA (Chine), l'ATIS (Amérique du Nord) et le TTA (Corée du Sud). Il produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles des différentes générations.)

1.2.1 Bande de fréquences

La 5G se déploiera sur les mêmes fréquences que la 4G, mais aussi sur des bandes plus élevées que la 4G, soit sur les bandes 3,4-3,8 GHz et 26 GHz. Le schéma ci-dessous met en bleu les fréquences déjà attribuées et en rose celles qui seront attribuées, dans le spectre radio électrique.



Source : ANFR

Figure 4 : Bandes de fréquences 5G

Premier semestre 2020, le Gouvernement français va attribuer les fréquences dans la **bande 3,4 - 3,8 GHz**. Identifiée en Europe comme la « **bande cœur** » de la 5G, cette bande, par ses propriétés physiques et la quantité de fréquences disponibles, offre un compromis entre couverture et débit. L'utilisation de cette bande cœur sera complétée par d'autres bandes, aux propriétés différentes, qui contribueront chacune à donner sa pleine mesure à la 5G. Sont notamment identifiées la bande 700 MHz, déjà attribuée aux opérateurs en France métropolitaine fin 2015, et la **bande 26 GHz**, aussi appelée **bande des fréquences millimétriques**, qui fera l'objet d'une attribution ultérieure. Cette dernière bande permet des débits très importants pour des cellules de petite taille, en anglais *small cells* (petite taille de couverture radio car faible portée radio).

Le schéma ci-après montre quelques propriétés physiques en fonction des fréquences.

	Pénétration des ondes en intérieur	Portée	Débit
Bande 700 MHz	++	++	
Bande 3400 - 3800 MHz	-	+	+
Bande 26 GHz (Bande dite "millimétrique")	--	--	++

Source : Arcep

Figure 5 : Quelques propriétés physiques des bandes de fréquences 5G

Une des nouveautés de la 5G consiste en l'utilisation de bandes de fréquences élargies (largeurs de spectres bien supérieures à 20 MHz), ces fréquences étant disponibles dans des bandes plus élevées que la 4G.

Pour la première fois, la 5G est une **norme internationale** sur laquelle **tout le monde s'accorde**, quelle que soit la plaque continentale. Par exemple, un avionneur qui propose de télécharger avec la 5G les données d'un vol d'avion à son arrivée, souhaite pouvoir effectuer ce téléchargement sur les mêmes

fréquences quel que soit l'aéroport dans le monde. C'est un avantage indéniable pour **offrir un service ou produit « sans couture » à l'échelle planétaire ainsi que de nouveaux cas d'usage**. Les bandes de fréquences du spectre radioélectrique allouées pour la 5G sont au niveau mondial, assez cohérentes et similaires. Cependant les conditions d'utilisation de certaines bandes de fréquences sont susceptibles de différer d'un pays à l'autre, ce qui peut générer des complexités, surtout pour les industriels qui choisiront de devenir leur propre opérateur de réseau mobile au niveau mondial.

1.2.2 Rappels de technologies radio

Si dans les précédentes normes 3GPP[5] pour la 2G, 3G et 4G, la standardisation de la partie radio repartait d'une feuille blanche tous les 10 ans, ce n'est pas le cas de la 5G. En effet, l'accès radio 5G peut être considéré comme une évolution importante de l'accès radio 4G basée sur les principes OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*), le *beamforming* et le MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*), mais bénéficiant de 10 ans d'évolutions technologiques supplémentaires. Quelques notions radio sont rappelées :

OFDM

L'OFDM, *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing,* est un procédé de codage des signaux numériques, par répartition en fréquences orthogonales, sous forme de multiples sous-porteuses. Cette technique est largement adoptée dans la plupart des applications à très haut débit.

Beamforming

Le *beamforming* permet de constituer des faisceaux très directifs vers les terminaux ce qui assure une utilisation plus efficace de l'énergie. Plus précisément, lors de la transmission, la focalisation du faisceau offre la capacité de concentrer l'énergie émise par le canal radio vers un récepteur spécifique. En ajustant la phase et l'amplitude des signaux transmis, il est possible d'obtenir une addition constructive des signaux correspondants au niveau du récepteur du *smartphone* ou terminal, ce qui augmente la puissance du signal reçu et donc le débit de l'utilisateur final. De même, lors de la réception, le *beamforming* assure la capacité de collecter l'énergie du signal d'un émetteur spécifique.

***Massive* MIMO**

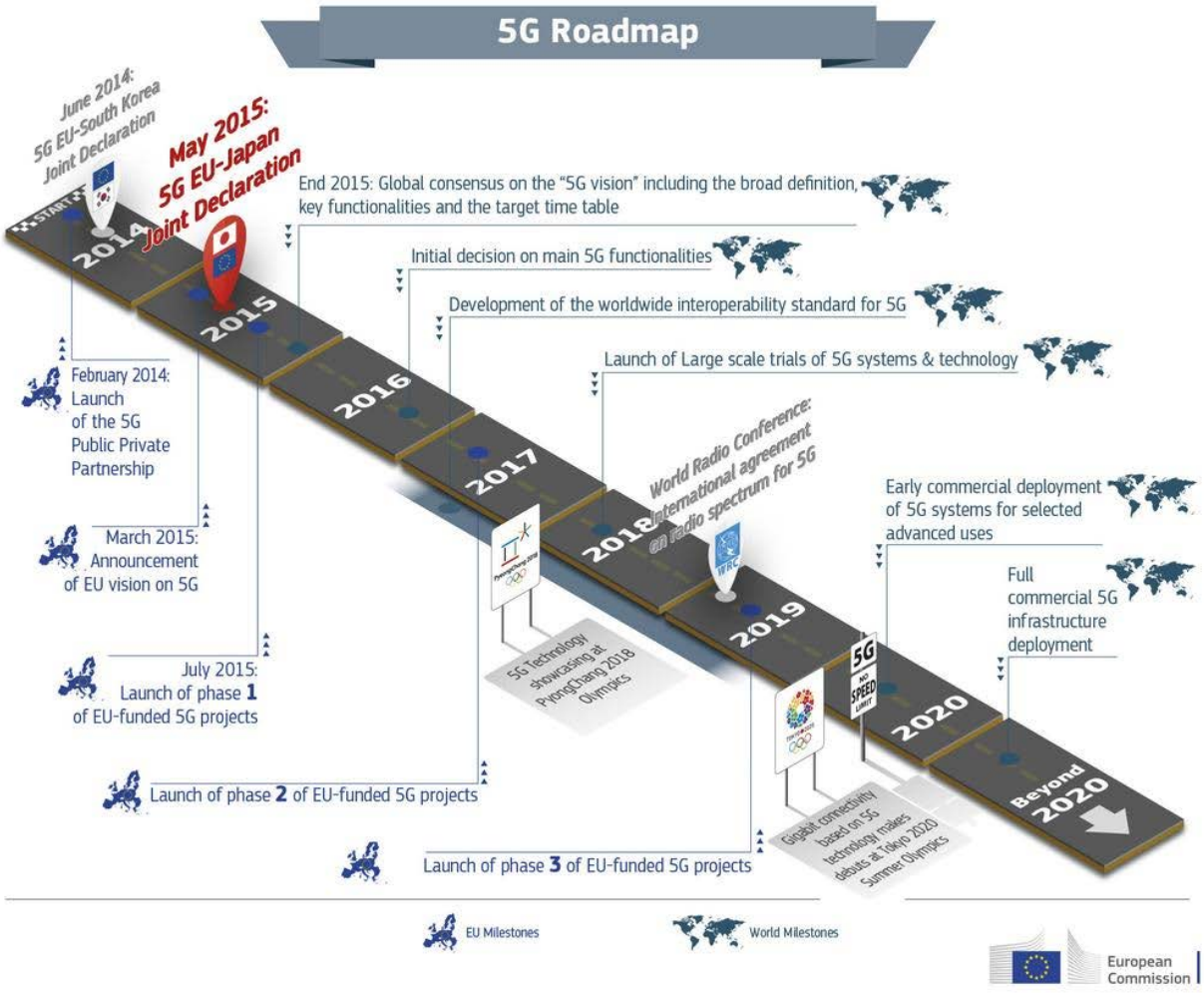
La technologie MIMO est déjà présente dans la 3 et 4G. Dans la 5G, cette technologie a évolué (technologie massive MIMO) et consiste à déployer de nouveaux types d'antennes composées de centaines d'émetteurs-récepteurs miniaturisés qui permettent d'atteindre de hauts débits et une grande capacité de transmission en créant des faisceaux directifs d'onde radio (*beamforming*), en les orientant et en les contrôlant. Les différents canaux ou connexions utilisant conjointement plusieurs bandes de fréquences permettent d'envoyer et recevoir plus de données simultanément, ce qui

[5] La 3GPP produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles.

optimise la transmission radio entre les différents émetteurs de l'antenne et leurs cibles (le terminal, *smartphone*, etc.) respectives et limite les interférences.

1.3 Calendrier de déploiement de la 5G en Europe

La Commission européenne avait présenté en septembre 2016 le plan d'action pour la 5G : le calendrier européen commun prévoit un lancement commercial coordonné des services de 5G en 2020, avec la couverture 5G d'une grande ville par État membre en 2020 puis celle de toutes les zones urbaines et principaux axes de transport en 2025. Le plan d'action prévoit également une collaboration entre les États membres et les acteurs du secteur pour homogénéiser les fréquences du spectre radioélectrique pour la 5G, l'organisation d'essais 5G paneuropéens à partir de 2018, la promotion de normes mondiales 5G communes et une incitation à l'adoption de feuilles de route nationales pour le déploiement de la 5G dans tous les pays de l'Union européenne.



Source : Arcep

Figure 6 : Plan d'action de la Commission européenne pour la 5G

2 · Pourquoi la 5G est clé pour les entreprises ?

La 5G a été conçue dès le départ dans l'idée de servir les grands secteurs économiques de la société, en plus de répondre aux besoins de communication des individus en service voix et données. Ce chapitre présente tout d'abord en quoi la norme 5G stimule l'innovation. Les différentes ruptures de la 5G sont listées ensuite avec un focus sur deux ruptures technologiques de connectivité sur mesure, constituant un intérêt majeur pour les entreprises. Les services nouveaux de connectivité peuvent être co-construits avec les opérateurs, voire internalisés transformant l'entreprise en MNO[6] interne. Il est stratégique pour les entreprises de participer activement à la standardisation 3GPP de la 5G afin d'en tirer pleinement parti.

2.1 Stimulation de l'innovation et de la co-innovation

Des entreprises revoient toute la chaîne de valeur de leurs données à l'aune des nouvelles possibilités offertes par la 5G, pour améliorer ou même créer des nouveaux modèles d'affaires. L'enjeu de la norme 5G est principalement de **renforcer la compétitivité des entreprises** en stimulant l'**innovation incrémentale ou de rupture**, en **développant de nouveaux modèles d'affaires** et en **diminuant les coûts opérationnels.** La 5G est susceptible d'améliorer les processus, les relations clients, l'expérience utilisateur ou enrichir les produits ou les services existants des entreprises. La 5G, combinée à différentes technologies comme le cloud, la réalité virtuelle, augmentée et mixte, l'intelligence artificielle, l'IoT, etc., multiplie encore les possibilités d'innovations incrémentales ou de rupture.

Les entreprises doivent mener une vraie réflexion stratégique pour déterminer la valeur apportée par ce nouveau réseau pour leur *business* et leurs processus.

En 2012, France Télévisions a suivi de près les premières réflexions sur la définition de la future génération de réseau mobile, déjà appelée 5G. France Télévisions porte des missions de service public : informer, éduquer, divertir. Son ambition est de pouvoir toucher tous les publics, dans toutes les circonstances de consommation. Le développement des terminaux mobiles, et en particulier des tablettes et des *smartphones*, a entraîné l'apparition de nouveaux modes de consommation des contenus audiovisuels pour lesquels France Télévisions se doit d'apporter une réponse adaptée. Soucieux de garantir la qualité d'expérience à tous les téléspectateurs, France Télévisions s'évertue à pouvoir atteindre directement chaque usager du service public en évitant les intermédiaires. C'est pourquoi l'entreprise a entamé très tôt sa réflexion sur la 5G pour que cette nouvelle génération de réseau mobile puisse répondre aux enjeux de service public. En partenariat avec Syradel, France Télévisions a ainsi tenté d'imaginer ce que pourraient être ces

[6] Un *MNO*, de l'anglais *Mobile Network Operator*, est un opérateur possédant un réseau mobile.

réseaux du futur : bien plus qu'une évolution des réseaux mobiles actuels. La vidéo[7] est une illustration des fruits de cette réflexion, elle présente différents cas d'usage imaginés alors.

Véronique Demilly, France Télévisions

Pour tirer parti des perspectives ouvertes par la 5G, les participants au groupe de travail Cigref « Influence de la 5G sur les architectures » invitent les entreprises **à s'allier avec des partenaires, au sein de leur écosystème ou à l'extérieur, pour étudier ensemble le champ des possibles des innovations incrémentales ou de ruptures de leur *business* direct ou connexe.** La co-innovation s'effectue également au travers d'associations d'entreprises et organismes d'État ayant des besoins non satisfaits ou non adressés par les opérateurs.

2.2 Ruptures apportées par la 5G

2.2.1 Instantanéité des échanges

La 5G offre la **connectivité en temps réel**. Le numérique permet de collecter, traiter, transformer et stocker massivement les données en direct ; d'avoir sur les clients ou utilisateurs une information complète, cohérente, pertinente, consolidée, également en temps réel, ainsi que sur leurs transactions. Aujourd'hui, des manufacturiers s'associent avec des partenaires de leur écosystème (fournisseurs, clients, vendeurs, etc.) pour travailler et co-innover sur l'aspect temps réel et sur la massification des objets connectés afin d'assurer les interactions de leurs usines respectives.

Dans le secteur aérien, les potentialités de la 5G sont considérables, et vont profondément faire évoluer les métiers et les méthodes de travail. La 5G permettra par exemple de rendre autonomes à moyen terme différents types de véhicules aéroportuaires : les véhicules de piste, les bus de transport de passagers, mais aussi les avions eux-mêmes lors des phases de roulage. Elle permettra également l'utilisation de drones de surveillance, la maintenance des appareils grâce à la réalité augmentée, et même des analyses comportementales des foules. Ainsi, la 5G optimisera les process dans la gestion aéroportuaire, qu'il s'agisse de la sécurité des opérations, de l'augmentation des taux de rotation des avions, ou de la capacité d'accueil. Dans un contexte de compétition internationale toujours accrue entre les aéroports du monde entier, les potentialités d'innovation apportées par la 5G représenteront des atouts de taille pour les acteurs qui se saisiront de cette technologie.

Eric Barnier, Groupe ADP

[7] La vidéo "*A day in 2025 - Smart Networks for better services*": https://www.youtube.com/watch?v=4oRpGRPhomk

2.2.2 Respect environnemental

La 5G consomme dix fois moins d'énergie que la 4G, à montant égal de données transportées[8]. Plus globalement, le réseau 5G répond à un **enjeu environnemental**, avec un potentiel fort d'économie d'énergie et une meilleure maîtrise de la diffusion des ondes. Les différentes technologies radio 5G permettent de diminuer la **consommation en énergie du réseau et des terminaux** (*High energy efficiency*). Le fait que la 5G soit focalisante, et non diffusante, évite d'arroser l'espace environnant d'ondes électromagnétiques permettant ainsi de mieux maîtriser leurs effets sur les individus.

Source : Orange

Figure 7 : Transmission radio des antennes 4G et des antennes 5G : solution radio focalisante *vs* diffusante

Il faut cependant s'assurer que la concentration des ondes avec le *beamforming* soumette un individu situé au point de concentration à un DAS[9] acceptable.

2.2.3 Convergence des réseaux

Dans un premier temps, la 5G va s'ajouter aux différents réseaux 2G, 3G, 4G et ne pas s'y substituer. Elle améliore l'offre grand public comme l'ont assurée successivement la 2G, 3G et 4G. Lorsque les fonctionnalités seront disponibles sur le marché, la 5G permettra de **faire converger les réseaux** radio-mobiles, filaires, longue portée pour l'IoT et Wifi en offrant un standard à des usages de toute nature. Pour autant, les réseaux existants évoluent (par exemple arrivée du Wifi 6 en 2019) et leur remplacement par la 5G sera effectué si l'entreprise y trouve effectivement de la valeur.

[8] Franck Bouétard, PDG d'Ericsson. Source article du Figaro du 3/10/2019 https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/l-attribution-des-frequences-5g-prend-encore-du-retard-en-france-20191003

[9] L'indice de débit d'absorption spécifique ou DAS (aussi connu sous sa dénomination anglaise SAR pour *Specific Absorption Rate*) est un indice indiquant la puissance d'un flux d'énergie véhiculée par les ondes radiofréquences absorbée par l'usager d'un appareil radioélectrique (téléphone portable, par exemple), lorsque cet appareil fonctionne à pleine puissance et dans les pires conditions d'utilisation. Source : Wikipedia.

2.2.4 Rupture dans les architectures IT

Une autre rupture majeure offerte par la 5G est **architecturale.** La 5G révolutionne l'univers mobile comme le cloud a révolutionné les réseaux d'entreprise. Pour rappel, le cloud permet de décorréler le stockage des données et le traitement des applications en les rendant accessibles partout et à tous, sans limitation de lieu, de moyen, et de stockage. L'infrastructure de la 5G va devenir extrêmement malléable lorsque le cœur de réseau passera en mode *Stand Alone* (spécifiée dans la *release* 15 déjà sortie) : il sera possible de configurer l'infrastructure sur la base des nécessités du service mis sur le marché et de proposer des produits ou offres connectés et personnalisables. Cette flexibilité sera permise grâce à deux nouveaux services clés pour les entreprises : la **virtualisation des réseaux** et le ***slicing*** (enveloppe de performances).

La 5G répond également aux besoins de **connectivité ponctuelle.** C'est le cas lorsque l'entreprise souhaite créer des boutiques éphémères ou des événements exceptionnels sur une courte durée. La connectivité modulaire de la 5G sera par exemple intéressante dans les usines utilisant plusieurs chaînes de montage possibles, en fonction de leurs commandes.

2.3 Connectivité dynamiquement adaptée à l'usage

2.3.1 Virtualisation du cœur de réseau

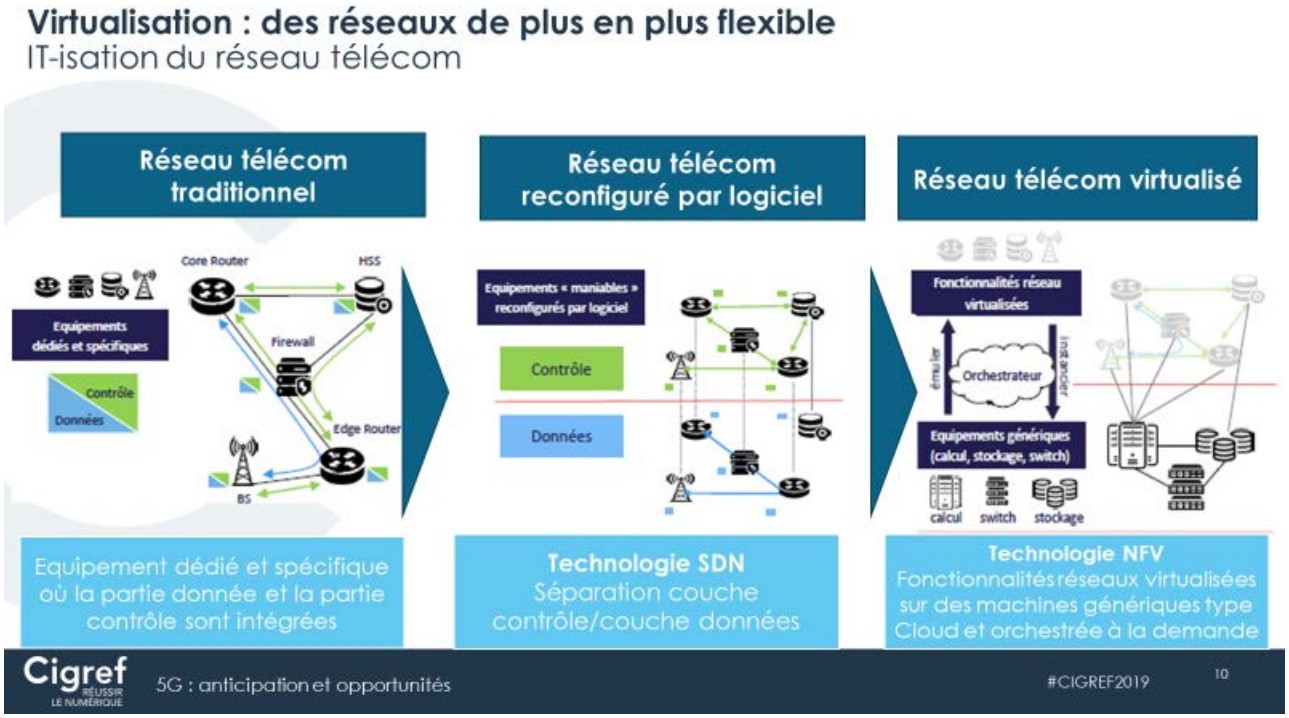
Les réseaux d'entreprise connaissent plusieurs grandes évolutions technologiques déjà bien initiées auxquelles la 5G donnera une nouvelle dimension au niveau télécom. La première évolution est la **reconfiguration du réseau télécom par logiciel**. Cela consiste en la séparation de la couche de contrôle (programmée par logiciel) de la couche des données permettant l'automatisation grâce à la technologie SDN (*Software Defined Network,* ou réseau défini par logiciel). Cette technologie centralise l'intelligence du réseau dans un contrôleur afin de simplifier les équipements déployés en les déchargeant des fonctions « intelligentes » historiquement distribuées et répliquées sur chacun d'eux. La technologie SDN permet d'utiliser au mieux les ressources, de maximiser la performance et de simplifier l'administration des réseaux en les automatisant.

Une deuxième évolution technologique est la **virtualisation des fonctionnalités réseau** grâce à la technologie NFV (*Network Function Virtualization*, ou virtualisation des fonctions de réseau) sur des machines génériques (calculateur, commutateur, stockage, …) de type cloud et configurées à la demande.

Dès 2021, il sera possible grâce à ces équipements de découpler l'infrastructure 5G du réseau logique (fonction *software*), à la différence du cœur de réseau de la 4G toujours monolithique. La virtualisation assure la flexibilité du réseau qui s'ajuste en fonction de la demande. Cela génère des économies de

Capex[10] et d'Opex[11] pour les opérateurs mais aussi facilite la gestion du cycle de vie du service (offre de service à la demande), l'interopérabilité entre les acteurs, la réduction du *time to market*.

Le schéma ci-dessous illustre ces 2 évolutions du réseau télécom.



Source : Arcep

Figure 8 : Passage d'un réseau télécom traditionnel au réseau reconfiguré par logiciel puis virtualisé

Début 2019, Rakuten, Inc., un leader mondial des services Internet et bientôt opérateur de réseau mobile au Japon, a annoncé conjointement avec Sercomm, leader de la fabrication et de la distribution d'équipements de télécommunications, la création de la première petite cellule virtualisée au monde (*small cell*). Ce micro réseau 5G de la taille d'une cellule offre une expérience utilisateur améliorée en exploitant la première technologie native sur le cloud de bout en bout.

Être à même de déployer un réseau mobile complètement virtualisé permet d'optimiser le réseau et évite de surdimensionner les réseaux pour prendre en charge les pics d'utilisation. En effet, la virtualisation permet de calquer la capacité installée au plus près de son utilisation effective (ex : taux d'utilisation *backbone* chez Google *versus* opérateurs télécoms standards traditionnels non virtualisés). Avec la virtualisation, un certain nombre d'opérations seront administrées à partir d'un centre de contrôle et le modèle de l'opérateur qui envoie des techniciens sur site sera de moins en moins nécessaire.

[10] Les CAPEX ou dépenses d'investissement (de l'anglais *capital expenditure*) se réfèrent aux immobilisations, c'est-à-dire aux dépenses qui ont une valeur positive sur le long terme.

[11] Les OPEX ou dépenses d'exploitation (de l'anglais *operational expenditure*) sont les charges courantes pour exploiter un produit, une entreprise, ou un système.

2.3.2 Network slicing (découpage en enveloppe de performances)

Une des grandes ruptures de la 5G est le *slicing*, c'est-à-dire le découpage du réseau qui permet d'adapter la taille de la connectivité mobile aux besoins d'utilisation ou à un type d'application. En effet, le *network slicing* consiste à découper un réseau en plusieurs **réseaux logiques dédiés sur mesure pour différents services**, appelés *slices* ou tranches virtuelles. Chacune de ces tranches est configurable en fonction des cas d'usage qu'elle supporte, pour délivrer un niveau de performance adapté en termes de fiabilité, de latence, de capacité de bande passante, de couverture, etc. Il s'agit par exemple d'une slice pour le pilotage de robots pour des industries minières ou d'une autre pour les véhicules autonomes. L'opérateur doit assurer le respect de l'ensemble des engagements pris pour chaque slice de son réseau. En effet, ces slices partagent des ressources communes : capacités de transport dans le réseau, capacités de calcul, capacité de stockage, les antennes et le spectre radio exploité par l'opérateur.

La segmentation du découpage du réseau peut être :

- **Verticale,** focalisée sur le type d'industrie ou domaine d'activité ;
- **Horizontale,** focalisée sur l'utilisateur, ou le terminal ou l'application et destinée à servir des cas d'usage variés (marché de masse).

Les ***slices* statiques** consistent en des *slices* fixes et stables (périmètre et paramètres), généralement pour les usages *Machine to Machine* et IoT. Les ***slices* dynamiques** offrent une approche évolutive pour créer et gérer le *slice* en temps réel. Ce type de *slice* peut être utilisé dans une usine lors de la fabrication d'un produit. Le processus de fabrication peut nécessiter un débit variable tout au long de sa réalisation. Enfin, les ***slices* isolés** et ***slices* joints/recouvrants** permettent d'utiliser de façon dédiée ou partagée des fonctionnalités réseau. Cette mise à disposition de ces différents types de slices dépendra de la volonté des opérateurs mobiles attributaires des fréquences et/ou des architectes des futures infrastructures de réseau. Il serait souhaitable que la réglementation puisse préciser les conditions d'accès à ces *slices.*

Les standards proposent 3 slices génériques - eMBB, URLLC et mMTC - vus précédemment. La mise à disposition de ces *slices* génériques ou sur mesure pour un secteur d'activité dépend d'une part de la capacité des équipements du cœur de réseau et des terminaux, et d'autre part du choix des opérateurs de les implémenter. Les réseaux privés d'entreprise pourraient bénéficier d'un marché secondaire de la *slice* configurée en fonction des besoins clients par un revendeur dans la mesure où l'Arcep[12] autorise ce marché et l'opérateur offre cette possibilité. Ce marché lié au *network slicing* faciliterait

[12] Créée en 1997, l'ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes) agit au nom de l'Etat tout en étant une autorité administrative indépendante (AAI). Forte de 160 personnes environ, l'Arcep a été créée pour accompagner l'ouverture à la concurrence dans le secteur des télécommunications et elle assure la régulation des communications électroniques et des postes.

l'entrée de verticaux, d'opérateurs de réseaux virtuels mobiles (MVNOs[13]) et autres fournisseurs de services, ce qui stimulerait l'écosystème.

Evolution du métier de l'opérateur télécom

Avec la standardisation du *hardware*, les opérateurs télécoms deviennent éditeurs de logiciels. Les possibilités apportées par le *network slicing* et la virtualisation participent à l'évolution de la chaîne de valeur et pose la question du métier de l'opérateur télécom. Selon Stéphane Richard, PDG de Orange, la 5G instaure un changement de modèle d'affaires avec le développement de partenariats dans lesquels chaque partenaire apporte son expertise. C'est pourquoi des opérateurs et/ou équipementiers instruisent une réflexion d'évolution du mode fournisseur vers un mode partenaire. Verizon lors de son intervention au Cigref a insisté sur le fait qu'il cherche des partenaires pour co-innover et non des consultants.

Convaincus de l'importance de collaborer pour innover, Verizon a créé une communauté « ALLEY » pour construire l'écosystème 5G. Cette communauté est composée d'incubateurs de startups, de créateurs d'entreprise, d'universités, des partenaires stratégiques de R&D et de clients capables de l'aider en tant que partenaires. Ils bénéficient ainsi des talents et de l'expertise des industries locales qui, connectés entre eux, amplifient les résultats. Ces communautés sont réparties sur 4 sites aux USA et 1 en Europe à Cambridge et portent chacun des thématiques liées à l'écosystème local. L'objectif de ces lieux est d'y développer des idées, de les mettre en œuvre et d'utiliser l'effet de levier de l'écosystème.

Toby Redshaw, Verizon

Fort des expérimentations et de la co-innovation, les opérateurs ont des avantages pour anticiper les besoins des grandes entreprises et pour dimensionner en conséquence le réseau.

2.4 Réseau privé d'entreprise

Pour mettre en œuvre les cas d'usage 5G, les entreprises ont le choix du *make or buy* au niveau de la connectivité mobile. Autrement dit, avec la 5G, les entreprises ont la possibilité soit de collaborer avec les opérateurs, soit d'internaliser le réseau privé d'entreprise.

[13] Un opérateur de réseau mobile virtuel, également connu sous le sigle MVNO (de l'anglais *Mobile Virtual Network Operator*), est un opérateur de téléphonie mobile qui, ne possédant pas de concession de spectre de fréquences ni d'infrastructure de réseau radio propres, contracte des accords avec les opérateurs mobiles possédant un réseau mobile (connu sous le sigle MNO, de l'anglais *Mobile Network Operator*) pour leur acheter un forfait d'utilisation de leur réseau radio et le revendre sous sa propre marque à ses clients. Source Wikipedia.

Les fonctionnalités de *network slicing* sont clés dans le succès de la 5G en tant que réseau privé d'entreprise : dans un contexte aéroportuaire, elles permettront aux usages « critiques » (police, pompiers, déneigement, sécurité, contrôle des passagers…) de cohabiter avec des usages « standards ». Cependant, afin d'anticiper la disponibilité du *slicing*, il est primordial de **développer dès à présent des réseaux mobiles privés** capables de répondre à de réels besoins, en temps normal et en gestion de crise : anticollision des véhicules de piste, déchargement des données avions à l'atterrissage en vue d'une maintenance immédiate, remontées vidéos à divers centres de contrôle... Dans ce contexte, la technologie 4G LTE privée permet déjà aujourd'hui de remplacer et d'élargir le périmètre de technologies vieillissantes (ex. Tetra, DECT) ou parfois non adaptées (ex. Wifi). Ces réseaux 4G professionnels doivent être opérés par des tiers de confiance en lien avec la criticité de leur mission. C'est dans ce contexte que le Groupe ADP, via sa filiale Hub One, a décidé d'accélérer le développement du « *Smart Airport* » en déployant un réseau 4G LTE privé au sein des aéroports parisiens pour garantir aux 1 000 entreprises et aux 120 000 professionnels qui y sont basés une couverture efficace et sécurisée.

Grégoire de La Crouée – Hub One, Groupe ADP

Le choix de collaborer avec les opérateurs ou d'internaliser le réseau privé d'entreprise dépendra des modalités d'attribution des fréquences : elles sont déterminées au niveau national et sont différentes d'un pays à l'autre. En effet, les fréquences peuvent être :

- **licenciées**, *licensed*, à l'image de ce qui s'est fait pour les fréquences des réseaux 2G, 3G et 4G ;
- **partagées sous licence**, *Licensed Shared Access* (LSA). Le LSA leur permet d'utiliser une bande déjà attribuée « sous un régime de licence exclusive » à un ou plusieurs utilisateurs initiaux (*incumbents*). En somme, il s'agit d'attribuer à de nouveaux utilisateurs une autorisation sur des fréquences qui restent affectées à un autre, mais à la condition expresse de ne pas le perturber : le nouvel arrivant doit en effet respecter des règles précises qui garantissent que les services du primo-occupant ne seront pas dégradés. En Europe, la bande 2,3 GHz est rapidement devenue la première bande candidate pour une expérimentation LSA ;
- **non licenciées**, *unlicensed*, comme le Wifi.

Le tableau ci-après illustre le type d'attribution de bandes de fréquences choisi selon quelques pays.

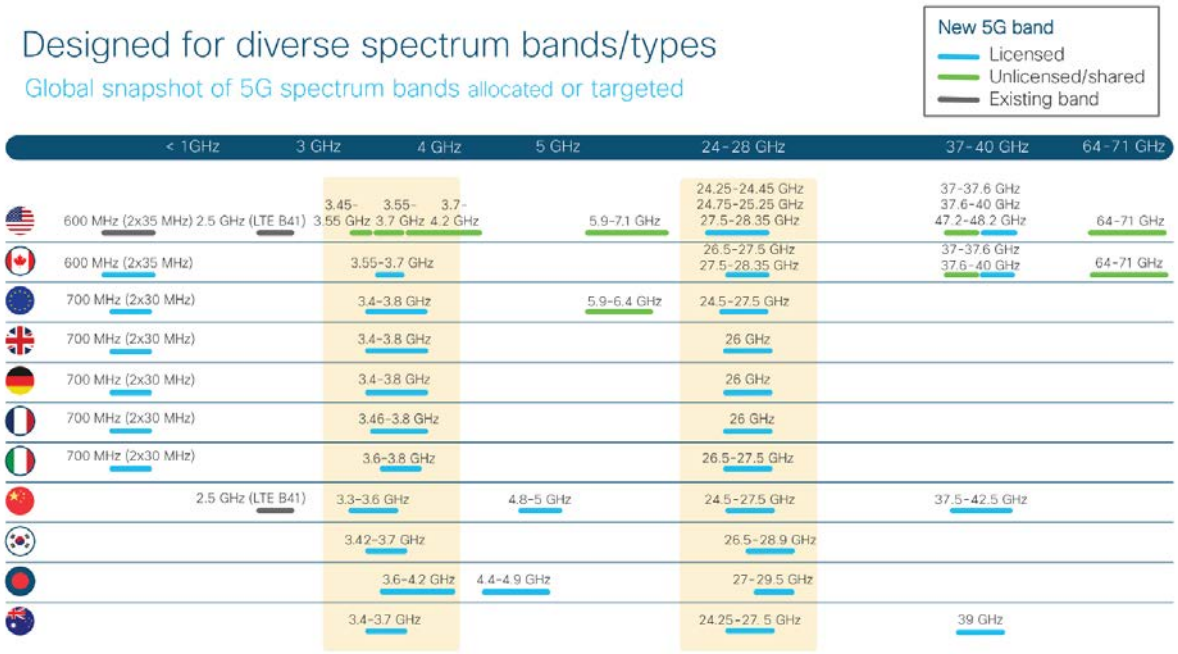


Figure 9 : Échantillon d'allocation de spectre en 2019 par pays

Des entreprises et des organismes d'État s'associent au travers d'associations pour réfléchir à la pertinence d'opérer leur propre réseau privé lorsque leurs besoins ne sont pas satisfaits ou insuffisamment traités par les opérateurs.

Se lancer très tôt dans la démarche d'écoute et d'analyse des besoins des métiers a permis à Air France KLM d'identifier des besoins similaires à d'autres verticaux et de s'unir avec eux pour créer l'AGURRE et défendre leurs intérêts. L'AGURRE a influencé et continue d'influencer auprès de l'Arcep mais également auprès des fournisseurs de terminaux, d'intégrateurs, etc. Cette anticipation a permis de prendre en compte les cycles de décision, de réglementation et de standardisation 3GPP. Des PoC (*Proof of Concept*) en situation réelle ont été expérimentés.

Christian Régnier – Air France KLM

L'**AGURRE** (Association des Grands Utilisateurs de Réseaux Radio d'Exploitation), créée en 2012, rassemble aujourd'hui 13 acteurs économiques majeurs, dans les secteurs du transport et de l'énergie, dans l'industrie, ainsi qu'une fédération de collectivités impactées par l'évolution des usages professionnels vers le haut débit mobile. Elle expose de manière coordonnée auprès des pouvoirs publics, les besoins et positions en matière d'évolution vers le haut débit mobile de ses adhérents.

L'AGURRE exerce les missions suivantes :

- Fédérer les besoins des utilisateurs en matière d'évolutions des réseaux mobiles professionnels (souvent désignés par le sigle anglophone *PMR* (*Private Mobile Telecommunication*) ;
- Favoriser la mutualisation des expertises et partager les stratégies d'évolutions ;
- Favoriser la conduite d'expérimentations complémentaires, liées aux technologies et fréquences radio pour les communications critiques, et partager les retours d'expériences ;
- Promouvoir, de manière coordonnée, les besoins en fréquences auprès des pouvoirs publics. Par exemple, l'AGURRE contribue régulièrement aux consultations publiques conduites par l'Arcep, l'ANFR et la Direction générale des entreprises, et expose les besoins et positions consolidés de ses membres ;
- Assurer une veille technologique et orienter les industriels dans le développement des solutions (infrastructure et terminaux).

AGURRE

Afin de répondre aux besoins de couverture en très haut débit des professionnels, l'Arcep a ouvert un **guichet d'attribution des fréquences** 2575 - 2615 MHz **de la bande 2.6 GHz TDD**, sous réserve de leur disponibilité, dans des zones circonscrites de France métropolitaine où une couverture mobile spécifique est nécessaire. Ces fréquences sont jugées très intéressantes pour faire émerger de nouveaux usages avec des équipements déjà disponibles et éprouvés.

Ensuite, lors de sa consultation publique de fin 2018, l'Arcep a fait le constat d'une demande de spectre dans la bande 3,4 - 3,8 GHz par des entreprises. C'est pourquoi elle a soumis un projet de décision proposant les modalités d'attribution dans cette bande en France, qui s'est achevé début septembre 2019. Les parties prenantes et entreprises intéressées étaient invitées à faire part de leurs observations sur ces documents et à répondre à plusieurs questions. Cela souligne **l'importance**, pour une entreprise qui souhaite opérer son réseau 5G, **d'anticiper très en amont la demande de fréquences auprès de l'Arcep**.

2.5 Participation des entreprises à la standardisation

Les services 5G sont définis à l'échelle des standards 3GPP sur lesquels les opérateurs et les équipementiers télécoms pèsent en tant que membres actifs. La norme 3GPP est en effet pilotée par leurs besoins en termes de débits, de capacité, de mobilité, de *roaming* (itinérance d'un opérateur à un autre ou d'un pays à un autre), de protocoles et d'interfaces interopérables. De la même façon, les entreprises doivent participer activement à la standardisation de la 5G pour tirer pleinement parti des possibilités de la 5G qui leur sont offertes.

La *release* (version) 15 du 3GPP, en cours de déploiement actuellement, est la première à spécifier la 5G. Elle répond aux attentes du grand public à savoir une connexion toujours plus rapide avec un fort débit : elle supportera les usages attendus pour le profil de slice *enhanced Mobile BroadBand* (eMBB).

Les *releases* sortent tous les 18 mois environ. Aujourd'hui, la normalisation de la *release* 16 est attendue pour mi ou fin 2020. Ce sera la première version « *release* » à couvrir les 3 grands usages (emBB, uRLLC, mMTC). Cette *release*, ainsi que la *release* 17, traitent des services aux entreprises comme ceux de la *smart factory*, *smart city*, *smart home*, etc. Il est donc très important que les entreprises consolident leurs besoins en cas d'usage et les partagent lors de la standardisation afin de pouvoir mettre en œuvre leurs modèles d'affaires de façon efficiente. Cependant, pour que les demandes soient prises en compte, **les entreprises doivent participer régulièrement et sur le long terme à la normalisation en devenant membre actif**. C'est pourquoi, dans certains secteurs, des acteurs (verticaux ou écosystèmes) s'organisent en association pour donner une vision exhaustive de leurs prérequis afin de peser dans la standardisation. C'est le cas, par exemple, de l'association *5G Alliance for Connected Industries and Automation*[14] ou de la *5G – Media Action Group*[15] présentées succinctement en annexe. D'autres types d'associations existent comme par exemple la *5G - Infrastructure Association*[16] dont les objectifs sont de porter la voix européenne sur les différents continents ; d'assurer un leadership au titre du développement et l'évolution de la 5G, en facilitant la convergence des télécommunications et des secteurs industriels verticaux pour créer un écosystème 5G à l'échelle européenne avec le soutien de l'Union européenne.

Néanmoins, la standardisation ne garantit pas la disponibilité sur les équipements et/ou terminaux… En effet, ce n'est pas parce que des fonctionnalités sont normalisées que les équipementiers et/ou fournisseurs de terminaux les implémenteront. **Seul l'intérêt du *business model* favorise l'implémentation de fonctionnalités par les équipementiers**.

[14] L'organisme 5G-ACIA promeut l'usage de la 5G dans le secteur de la production industrielle et joue de tout son poids pour que cette technologie radio soit adaptée dès le départ pour répondre aux besoins des industriels.

[15] Dans le secteur des médias, l'Union Européenne des Radiodiffuseurs (UER) œuvre depuis plusieurs années auprès du 3GPP afin que les besoins du secteur audiovisuel soient pris en compte dans les spécifications des réseaux mobiles. Toutefois, cette action en standardisation n'est pas suffisante pour faire éclore un écosystème complet pour des médias mobiles. Sous l'impulsion de l'UER, le 5G-MAG a donc vu le jour en septembre 2019 afin d'associer aux travaux des acteurs non membres de l'UER.

[16] La 5G-IA est une association de plus de 70 membres : entreprises télécom - opérateurs et constructeurs – des université et instituts de recherche mais aussi quelques secteurs industriels verticaux, Airbus, Thalès, etc., et enfin des entreprises européennes de taille intermédiaire ou petite.

3 · Comment anticiper la 5G au niveau des entreprises et de l'IT ?

Les entreprises instruisent leur stratégie réseau au regard des fonctionnalités de la 5G et de leur disponibilité. Elles investiguent dès à présent les besoins Métier, les besoins IT et les besoins en connectivité et testent les cas d'usage y répondant lors de *Proof of Concept*, *PoC,* ou *Proof of Value, PoV* pour valider la valeur apportée. C'est l'objet de la première partie de ce chapitre. La deuxième partie développe comment anticiper la 5G dans les architectures d'entreprise.

3.1 En instruisant la stratégie réseau avec les possibilités de la 5G

Les projets de digitalisation des métiers se sont en général considérablement multipliés ces dernières années avec des moyens de connectivité qui n'ont pas beaucoup évolué dans le même temps et qui ne sont pas toujours fiables ni homogènes sur les lieux de travail, à l'instar du Wifi. Les réseaux radio, quand ils existent, ne concernent souvent que la voix alors que les métiers expriment un besoin croissant de vidéos et de photos mobiles. La DSI a un rôle à jouer dans la réflexion globale sur la stratégie de la connectivité de l'entreprise ainsi que sur les possibilités offertes par la 5G combinée à d'autres technologies. Pour cela, la DSI doit analyser ces dernières ou les co-construire avec les métiers, et plus généralement avec l'écosystème de l'entreprise. L'objectif est de confirmer le bien-fondé des cas d'usage, leur valeur et préciser leurs avantages et leurs éventuelles limites.

La DSI, de son côté, cherche à maîtriser les coûts et souhaite contrôler l'ingénierie, l'exploitation et les opérations de connectivité. La DSI cherche également à offrir une infrastructure flexible pour répondre aux usages opérationnels actuels et futurs (voix, données, vidéo, IoT, 5G). Par exemple, offrir un seul réseau pour la voix, la vidéo et la data simplifierait la connectivité des entreprises.

Que ce soit en cas d'échéance contractuelle, lors de la révision de contrats existants ou pour un besoin futur pressenti (ex : fournir une usine ou un bâtiment « *5G-ready* »), il convient d'intégrer la réflexion 5G pour étudier les impacts techniques sur l'existant et pour évaluer les nouvelles opportunités avec des appels à information ou appels d'offre. C'est aussi le moment d'identifier des opérateurs alternatifs et leurs modèles économiques.

3.2 En participant à des expérimentations ou à des PoC

Depuis le début, les opérateurs, à l'instar de Verizon, participent au marathon de la 5G au travers d'expérimentations afin « d'apprendre en marchant » et d'**acquérir un savoir-faire technique qui assure plus d'impact au niveau de leur *business***. Les participants au groupe de travail insistent en effet sur **l'importance de l'expérience acquise au cours d'expérimentations,** PoC ou PoV, **en situation**

réelle pour mieux appréhender le champ des possibles, améliorer les usages et trouver de nouveaux modèles d'affaires.

En outre, des entreprises utilisent le *PoC* pour construire un **plan de communication** au niveau mondial aussi bien en interne qu'à l'externe. Le *PoC* **est l'occasion de montrer les réels besoins Métier à l'écosystème des fournisseurs de terminaux, mais aussi à celui des opérateurs et intégrateurs.**

Air France avait besoin de terminaux durcis compatibles en 4G, jusqu'alors introuvables. Lors de leur expérimentation sur le nouveau spectre mis à disposition des entreprises, Air France KLM, avec l'aide d'AGURRE, a communiqué sur ce besoin et a invité les fabricants aux expérimentations. Ces derniers ont pu alors mesurer la masse potentielle de terminaux nécessaire répondant à ces besoins. Fort de ces données, ils ont décidé de modifier leur chaîne de production pour accéder à la demande d'Air France KLM.

Christian Régnier - Air France KLM

La communication sur les *PoC* en **interne** assure aussi une **meilleure compréhension des possibilités** offertes par la 5G auprès des collaborateurs et nourrit la réflexion sur l'amélioration des usages, des processus ou sur de nouveaux modèles d'affaires.

Anticiper et tester les cas d'usage permet **d'influer** également **sur les cycles de décision, de réglementation et de standardisation 3GPP.**

L'Arcep a ouvert des appels à projet dans les bandes 3,4-3,8 GHz et 26 GHz ainsi que des appels à création de plateformes d'expérimentations dans la bande 26 GHz en attribuant temporairement des fréquences 5G. L'objectif est d'effectuer des tests techniques et des essais, d'identifier les nouveaux usages et de stimuler l'innovation autour de la 5G **au sein d'écosystèmes industriels ou sectoriels ou encore avec des forts liens *business*.** Les expérimentations permettent à chacun des protagonistes **de mieux comprendre cette nouvelle technologie et d'étudier d'éventuelles combinaisons avec d'autres technologies au sein d'un écosystème élargi.** D'autre part, des entreprises, des départements, des régions, en phase de réflexions stratégiques, se posent la question de se lancer dans la 5G sans passer par un opérateur. Ces plateformes permettent de tester cette option. Ces tests offrent aussi l'opportunité pour l'État de mieux appréhender les intérêts des parties prenantes.

3.3 En anticipant les impacts de la 5G sur les architectures

Même si la connectivité croît avec l'augmentation de la mobilité des collaborateurs, les entreprises cherchent souvent à réduire les budgets réseaux.

La 5G constitue une véritable boîte à outil dans la connectivité : téléphonie mobile et fixe, réseau interne, communication *machine to machine*. En fonction de la stratégie de l'entreprise, l'IT est amené à préparer un programme de substitution par vague des réseaux existants pour tirer parti de la 5G. Il

est nécessaire que cette transition soit transparente pour l'utilisateur. C'est pourquoi certains préconisent de **concevoir une architecture pour offrir des services en continu**. D'autres participants mentionnent l'importance de pouvoir brancher des réseaux à l'occasion d'événements ponctuels et éphémères dans l'architecture de l'entreprise.

3.3.1 Architecture modulaire

Aujourd'hui et de manière générale, l'architecture évolue pour devenir modulaire afin d'assurer l'agilité requise pour répondre au marché dans les temps. La 5G offre justement l'**agilité dans la gestion du réseau** avec le découplage du réseau physique et virtuel et **l'agilité dans le déploiement des réseaux 5G ;** le réseau cœur et réseau accès peuvent migrer indépendamment autorisant de nombreuses options. Par exemple, si le lancement est fait en mode *Non Stand Alone* (NSA), alors l'accès 5G est associé à un accès 4G et le cœur de réseau 4G est utilisé. Ce cas consiste à ajouter de la capacité par rapport à la 4G. Dans le cas de la migration vers un mode *Stand Alone* (SA), l'accès 5G est dissocié et raccordé à un nouveau cœur 5G CN (*Core Network*) qui prévoit des architectures décentralisées dans la logique *edge computing* ; autant de portes d'entrée à de nouveaux usages en optimisant l'efficience spectrale (plus de trafic sur un même lieu pour une bande de fréquence donnée - capacité à supporter différentes qualités de services pour servir différents domaines d'activité). Dans un horizon plus lointain, la flexibilité se traduira par la promesse de la 5G de faire **converger les réseaux**.

3.3.2 Edge computing

Aujourd'hui, les cœurs de réseau et bien souvent les applications sont centralisées dans des *data center computing* (autrement dit, le cloud) sur les réseaux actuels. Pour assurer une faible latence, la 5G prévoit, de pair avec la tendance de conteneurisation des applications, des cœurs de réseau décentralisés ou *edge* avec la 5G *Stand Alone*. Dans le *Multi access Edge Computing* appelé auparavant *Mobile Edge Computing* (groupe MEC de ETSI[17]), Nokia et Huawei définissent des ressources de *Edge datacenter* qui suivent les mobiles au cours des déplacements. Des APIs (spécifications ETSI) sont pour cela utilisées. L'*edge computing* est possible du fait de la virtualisation de l'architecture de la 5G. Le monde du logiciel est en général peu standardisé. Le besoin d'*edge computing*, qui devient de plus en plus pressant avec l'augmentation exponentielle des données, alimente la demande d'être spécifié dans les spécifications 3GPP.

[17] L'ETSI est un organisme de normalisation qui coopère avec d'autres organismes (comme l'UIT par exemple) au sein de la 3GPP. Pour rappel la 3GPP produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles.

3.3.3 Sécurité

La sécurité se gère au niveau global de l'entreprise et non sur le seul réseau 5G qui ne représente qu'un maillon. L'entreprise doit déterminer les mécanismes de sécurité, s'assurer d'une conception « *security by design* » et anticiper la gestion de l'accès utilisateur et l'authentification des usagers au réseau de l'entreprise par le Wifi, la 5G ou tout autre réseau, sans omettre tous les objets connectés. Il faut noter que la sécurité est intégrée nativement dans la 5G pour satisfaire les prérequis des services et applications des cas d'usage verticaux. La 5G permet également la création de *slice end to end* pour assurer la qualité de service avec la qualité de ressources sur le cœur de réseau et l'accès radio. Pour cela, des ressources sont réservées et un mécanisme de redondance et de sécurité en cas de panne spécifique au *slice* est mis en place si nécessaire.

3.3.4 Rapprochement SI d'entreprise et SI industriel

Déjà aujourd'hui, les frontières entre les SI industriels et le SI de l'entreprise disparaissent. (Cf. rapport Cigref « Convergence IT-OT : un rapprochement fructueux des systèmes d'information et des systèmes industriels ») Cela est dû au besoin que les données soient transverses et partagées par l'ensemble des métiers de l'entreprise. La 5G amplifiera cette tendance en facilitant la communication et en préservant la sécurité. Déterminer la **gouvernance** entraine parfois une nouvelle organisation dans l'entreprise ou tout au moins la définition de nouveaux rôles.

Icade envisage ainsi une architecture de ses données et réseaux, adossée et localisée au niveau de ses actifs immobiliers, liant technologies de l'information et technologies informatiques des systèmes industriels et devant garantir la sûreté et la sécurité du « bâtiment autonome ».

Cet objet informatique pourrait ainsi être constitué de :

- Une multitude d'objets connectés : de simples capteurs (capteurs de température, capteurs de présence) connectés aux Systèmes de Gestion Technique des Bâtiments (GTB) et aux systèmes de contrôle d'accès par exemple ;
- Une couche de connectivité filaire et mobile où la 5G pourrait être rapidement nécessaire pour le besoin des utilisateurs car la couverture *indoor* devient une problématique croissante ;
- Une couche de consolidation de données et d'intelligence bâtimentaire (la notion de « BOS » *Building Operating System* émerge).

3.3.5 Couverture *Indoor*

Pour les bâtiments, la norme Haute Qualité Environnementale (HQE), qui cible des économies d'énergie, incite à mettre en œuvre des vitrages à forte isolation thermique. Ces vitrages dégradent la pénétration des signaux radioélectriques à l'intérieur des bâtiments.

En l'absence d'autres dispositifs complémentaires de propagation (ex : système d'Antennes Distribuées dit « DAS »), la couverture *indoor* des bâtiments modernes est donc détériorée par rapport à l'extérieur. Pourtant les besoins des utilisateurs de terminaux mobiles ne sont pas moins exigeants en intérieur qu'en extérieur. De plus, la continuité des services en mobilité - notamment au niveau des débits et de la qualité de service - doit aussi être offerte en entrant ou en sortant du bâtiment.

Avec l'arrivée de la 5G, cette problématique risque d'être plus prégnante encore, du fait des fréquences utilisées (plus élevées donc moins pénétrantes).

Anticiper la mise en œuvre des solutions réseaux dédiées permettant à terme l'intégration de la 5G est un des enjeux majeurs pour les acteurs de la construction. Pour les bâtiments existants, plusieurs solutions existent. C'est pourquoi se saisir du sujet au plus tôt afin d'anticiper, recueillir les besoins et examiner les différentes solutions sont des actions incontournables pour choisir la meilleure solution et identifier ce qui peut être mutualisé au niveau des équipements réseaux, des locaux techniques, des chemins de câbles, etc. La durée de vie d'un projet immobilier est de l'ordre d'une quinzaine d'année. Il faut donc caler la mise en œuvre et l'exploitation des réseaux mobiles sur une durée équivalente.

3.3.6 Compétences requises

La montée en compétence nécessaire sur la 5G, notamment d'un point de vue antennaire et cœur de réseau, nécessite un renforcement ou une évolution des compétences, certainement aussi profonde que celle requise lors de la virtualisation ou du Cloud. Il convient pour les DSI de s'y préparer et de recruter / former en conséquence.

Conclusion

La 5G a été conçue pour satisfaire les besoins croissants de communications toujours plus rapides entre individus, mais également, et ce dès le départ, dans l'idée de servir les grands secteurs économiques de la société. La 5G pourrait être un échec si les entreprises n'en font pas usage. L'enjeu de la 5G est donc principalement de renforcer la compétitivité des entreprises en stimulant l'innovation incrémentale ou de rupture, en développant de nouveaux modèles d'affaires et en diminuant les coûts opérationnels. La 5G rend possible la combinaison de plusieurs technologies (le cloud, l'IoT, l'IA, la réalité virtuelle - augmentée - mixte) entre elles pour mieux répondre aux nouvelles attentes des clients et aux défis des marchés de demain.

Pour tirer parti des perspectives de la 5G, actuellement en cours de déploiement, les entreprises étudient avec leur écosystème, les opérateurs et parfois de nouveaux partenaires, les cas d'usage et les testent avec des *PoC* ou *PoV*. Elles cherchent à acquérir ainsi un savoir-faire technique qui assure plus d'impact au niveau business.

La DSI a plusieurs rôles à jouer dans la 5G. Tout d'abord, stimuler la recherche de cas d'usage et les tester en vue de leur industrialisation ; mais également anticiper une architecture modulaire facilitant la mise en œuvre des cas d'usage ou de nouveaux *business*. Selon l'importance stratégique de la connectivité notamment en local (bande 26 Ghz), les entreprises doivent se reposer la question de leur stratégie réseau (choix du « *make or buy* »). Ensuite, la 5G a pour ambition de rapprocher et de progressivement intégrer les différents réseaux radio, filaire, longue portée pour l'IoT, Wifi, etc. simplifiant la connectivité.

Plusieurs défis restent à relever comme assurer la sécurité *by design* de la 5G, consolider les besoins verticaux (automobile, industrie 4.0, santé, énergie, sécurité publique...), multiplier les expérimentations/pilotes entre acteurs télécoms (fournisseurs, opérateurs) et acteurs verticaux afin de construire l'écosystème 5G, contribuer activement aux standardisations pour pouvoir mettre en œuvre les fonctionnalités améliorant la performance des entreprises à l'échelle internationale.

Enfin, pour tirer parti de la 5G, ce sont les talents en interne et au sein de l'écosystème qui feront la différence pour mettre en œuvre la 5G et accompagner son déploiement.

Cette réflexion sur la 5G va être complétée par deux nouveaux groupes de travail Cigref :

- « Réseaux : évolution des stratégies et des architectures » pour approfondir les évolutions possibles des stratégies réseaux et examiner les impacts des nouveaux besoins en connectivité sur les architectures ;
- « *Post-cloud* et *edge computing* » pour évaluer les perspectives d'évolution du cloud et l'émergence de l'*edge computing* et identifier les impacts sur les architectures IT.

Annexe

5G-ACIA (*Alliance for Connected Industries and Automation*)

L'organisme *5G-ACIA* promeut l'usage de la 5G dans le secteur de la production industrielle et joue de tout son poids pour que cette technologie radio soit adaptée dès le départ pour répondre aux besoins des industriels. Cet organisme a été créé officiellement en avril 2019 à l'initiative du ZVEI, le puissant syndicat allemand des industries électriques et électroniques et de son groupe Industrie 4.0. La nouvelle association, dominée pour l'heure par les entreprises d'outre-Rhin, est déjà forte de 26 membres dont la plupart sont issus du monde traditionnel des automatismes et de l'industrie manufacturière, du monde des télécoms, opérateurs et équipementiers, ainsi que du monde de la recherche. Selon les membres de l'alliance *5G-ACIA*, la 5G permet d'implémenter les préceptes de l'industrie 4.0 plus rapidement et de les porter à un niveau encore supérieur à celui imaginé il y a quelques années grâce à ses caractéristiques de flexibilité, de versatilité et de mobilité appliquées au monde de la production industrielle. L'objectif est de résoudre des problèmes d'interfonctionnement entre réseaux publics et privés et de définir l'authentification dans les réseaux privés. Par exemple, la *5G-ACIA* a publié plusieurs *white papers* sur des solutions techniques qu'elle propose d'inclure dans la standardisation. Ensuite, les membres de la *5G-ACIA* réfléchissent à leur fiche de travail dans la *release* 17 dont les travaux de standardisation ont déjà commencé : définir un profil de terminaux et de réseau pour certaines applications ; comment optimiser la durée de vie des *devices* contraints par les batteries de faible consommation ; gestion des drones (ils ne peuvent pas être gérés par un réseau cellulaire : d'autres fréquences sont nécessaires) ; réfléchir à l'orchestration et l'automatisation des différents *slices* avec l'IA et le *machine learning* quand ils sont en grand nombre ; réfléchir à la normalisation des interfaces de management et de contrôle et à la normalisation des *slices* : besoins d'une opérabilité par le haut et par le bas (multiopérable par plusieurs opérateurs).

5G-MAG (*Media Action Group*)

Dans le secteur des médias, l'Union Européenne des Radiodiffuseurs (UER) œuvre depuis plusieurs années auprès du 3GPP afin que les besoins du secteur audiovisuel soient pris en compte dans les spécifications des réseaux mobiles. Toutefois, cette action en standardisation n'est pas suffisante pour faire éclore un écosystème complet pour des médias mobiles. Sous l'impulsion de l'UER, le *5G-MAG* a donc vu le jour en septembre 2019 afin d'associer aux travaux des acteurs non membres de l'UER.

Le 5G *Media Action Group* (*5G-MAG*) vise à créer un cadre opérationnel pour la mise en œuvre harmonieuse sur le marché des solutions 5G capables de répondre aux exigences de la production et de la distribution de contenus et services de médias audiovisuels. L'association *5G-MAG* est une organisation interprofessionnelle regroupant les parties prenantes du secteur des médias, y compris les fournisseurs de contenu et de services, ainsi que les opérateurs de réseaux, les fournisseurs de

composants et de solutions technologiques, les fabricants d'équipements, les organismes de R&D, les régulateurs et les décideurs politiques.

5G-IA (*Infrastructure Association*)

D'autres types d'associations existent comme par exemple la *5G-IA* dont les objectifs sont :

- Porter la voix européenne clairement sur les différents continents ;
- Assurer un leadership européen pour le développement et l'évolution de la 5G, en facilitant la convergence des télécommunications et des secteurs industriels verticaux pour créer un écosystème 5G à l'échelle européenne, avec le soutien de l'Union européenne ;
- Piloter l'agenda européen de recherche *5G PPP* (*Public Private Partnership*), la mise en œuvre et l'évolution du programme pour maximiser l'impact, la coordination et l'exploitation des résultats ;
- Promouvoir la disponibilité du spectre radio de même que la feuille de route globale de la réglementation dans le but de parvenir à une norme de communication 5G harmonisée et interopérable à l'échelle mondiale.

La *5G-IA* est une association de plus de 70 membres qui sont des entreprises télécom - opérateurs et constructeurs – des université et instituts de recherche, mais aussi quelques secteurs industriels verticaux, Airbus, Thalès, etc., et enfin des entreprises européennes de taille intermédiaire ou petite. L'association travaille ses messages pour convaincre les verticaux de devenir membres et participer au développement de la 5G. La *5G-IA* met actuellement en place des partenariats avec des secteurs industriels afin qu'un maximum de secteurs soit représenté.

Au service de la croissance économique et de la compétitivité de nos membres, grandes entreprises et administrations publiques françaises, utilisatrices de solutions et services numériques, par la réussite du numérique

Le Cigref est un réseau de grandes entreprises et administrations publiques françaises qui a pour mission de développer la capacité de ses membres à intégrer et maîtriser le numérique. Par la qualité de sa réflexion et la représentativité de ses membres, il est un acteur fédérateur de la société numérique. Association loi 1901 créée en 1970, le Cigref n'exerce aucune activité lucrative.

Pour réussir sa mission, le Cigref s'appuie sur trois métiers, qui font sa singularité.

1/ Appartenance :
Le Cigref incarne une parole collective des grandes entreprises et administrations françaises autour du numérique. Ses membres partagent leurs expériences de l'utilisation des technologies au sein de groupes de travail afin de faire émerger les meilleures pratiques.

2/ Intelligence :
Le Cigref participe aux réflexions collectives sur les enjeux économiques et sociétaux des technologies de l'information. Fondé il y a près de 50 ans, étant l'une des plus anciennes associations numériques en France, il tire sa légitimité à la fois de son histoire et de sa maîtrise des sujets techniques, socle de compétences de savoir-faire, fondements du numérique.

3/ Influence :
Le Cigref diffuse, promeut et défend les positions collectives de ses membres sur leurs enjeux numériques. Organisation indépendante de réflexion, d'échange et de production de contenus entre praticiens et acteurs du numérique, le Cigref est une référence reconnue par son écosystème.

www.cigref.fr

21 av. de Messine, 75008 Paris
+33 1 56 59 70 00
cigref@cigref.fr