

Les nombreux défis de la 5G

Comme pour le précédent **article sur les projets Hyperloop** qui reprenait en le détaillant un chapitre du **Rapport CES 2018**, je vais ici creuser un autre chapitre de ce même rapport et qui interpelle tout autant : celui de la 5G. Il agite le milieu des équipementiers, opérateurs télécoms et régulateurs.

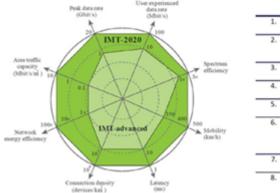
La 5G fait partie des "enabling technologies" clés des dix prochaines années, concomitamment avec celles de l'intelligence artificielle, des capteurs, des processeurs et du stockage. On a trop tendance à décrire ces vagues technologiques indépendamment les unes des autres alors qu'elles sont liées. Ainsi, l'IA s'alimente de données issues de capteurs transmises par les télécommunications. Les grands projets structurants associent donc plusieurs nouvelles technologies qu'il nous faut appréhender dans leur ensemble.

Un voyage plus qu'une destination

La 5G est plus un voyage qu'une destination. L'objectif consiste à faire évoluer les réseaux de la 4G pour répondre à différents besoins complémentaires : augmenter les débits pour les usages courants de la mobilité, supporter des communications à basse consommation et longue portée pour les objets connectés et enfin des communications quasi-temps réel pour les applications critiques. Le tout en ciblant des usages bien précis comme ceux des véhicules connectés et autonomes, de la santé et des objets connectés.

La 5G implique de nombreuses évolutions technologiques au niveau des protocoles radio (dits "5G NR"), des outils de gestion des réseaux ainsi que par une utilisation plus large du spectre électromagnétique, au-dessus de 3 GHz, dans les ondes pré-millimétriques après 6 GHz et dans les ondes millimétriques, au-delà de 24 GHz. En s'attaquant à de nouvelles bandes de fréquences élevées, la 5G se donne des ailes pour apporter des débits bien plus importants.

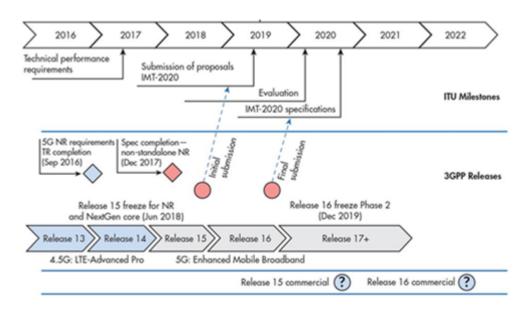
Les standards de la 5G sont spécifiés par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT, une agence de l'ONU) et le 3GPP (3rd Generation Partnership Project). L'UIT a défini le cadre et les standards de base de la 5G sous la dénomination IMT-2020 (International Mobile Telecommunications). A ce jour, les différents standards de la 5G ne sont pas encore finalisés et ils le seront par étape avec au minimum deux versions.



Performances/Génération		4G	5G	
1.	Débit maximal (Gbit/s)	1	20	
2.	Débit aperçu par l'utilisateur (Mbit/s)	10	100	
3.	Efficacité spectrale	1x	3x	
4.	Vitesse (km/h)	350	500	
5.	Latence (ms)	10	1	
6.	Nombre d'objets connectés sur une zone (quantité d'objets/km²)	105	10 ⁶	
7.	Efficacité énergétique du réseau	1x	100	
8.	Débit sur une zone (Mbit/s/m²)	0.1	10	

Dans les spécifications IMT-2020, la 5G permet d'améliorer tout ou partie de huit paramètres de performance des réseaux dont le débit maximal, le débit constaté, la latence, la densité d'objets connectés au réseau et la vitesse de déplacement de ces objets, comme représenté dans la rosace *ci-dessus*.

De son côté, le consortium **3GPP** créé les spécifications techniques des normes de téléphonie mobile qui s'intègrent dans l'IMT-2020. Les standards de la 5G arriveront en plusieurs vagues ou releases, avec les versions 15 pour la phase 1, 16 pour la phase 2, puis 17 pour diverses améliorations et 18 pour l'utilisation de bandes de fréquences au-delà de 50 GHz (d'autres documents évoquent le dépassement des 50 GHz dans la release 16...). Seul le standard 5G-NR pour New Radio, est finalisé et depuis décembre 2017. Il définit en gros les nouvelles manières de moduler le signal radio pour augmenter les débits. La release 15 doit être finalisée d'ici septembre 2018 et la 16 d'ici fin 2019 (**calendrier**).



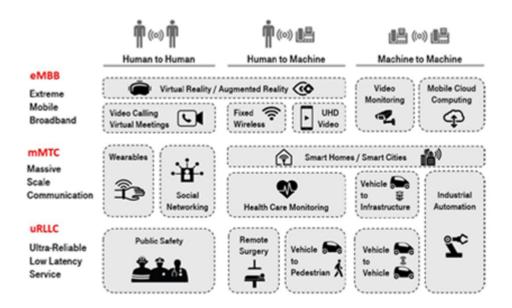
L'**IETF** (Internet Engineering Task Force) est un autre organisme international qui, pour sa part, travaille sur le routage, l'optimisation et la supervision des réseaux 5G.

NB: une part des informations de cet article sont tirées du très bon document de l'ARCEP « Les enjeux de la 5G » publié en mars 2017.

Trois grandes catégories d'usage de la 5G

Trois grandes catégories d'usages de la 5G sont définies dans l'IMT- 2020 de l'UIT ainsi que les principaux cas d'usage associés :

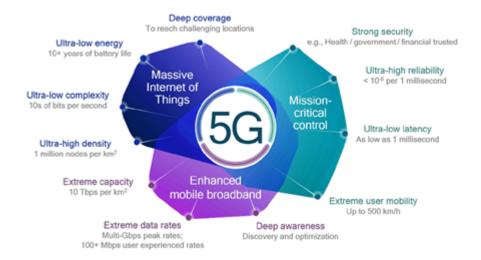
- eMBB (Enhanced Mobile Broadband) pour l'ultra haut débit en extérieur et intérieur dans des usages courants comme pour la création ou la consommation de vidéo mobile. Cela permettra de dépasser des débits théoriques de 1 Gbits/s, soit d'aller plus vite que la fibre FTTH actuelle. Ceci étant évidemment à nuancer : on ne disposera quasiment jamais de ce débit, tout comme le débit de la 4G actuel en ville est loin d'atteindre le maximum théorique. Si vous arrivez à obtenir plus de 30 Mbits/s en 4G, vous êtes très fort !
- mMTC (Massive Machine Type Communications) pour la communication des objets connectés avec des qualités de service variables selon les besoins. C'est la partie de la 5G qui va concurrencer de manière assez frontale les réseaux Sigfox et LoRA, modulo les investissements réels das le domaine et les offres commerciales qui seront proposées et leur support par les composants électroniques du marché.
- uRLLC (Ultra-reliable and Low Latency Communications) pour des communications ultra-fiables adaptées aux applications critiques nécessitant une très faible latence, comme pour des applications de sécurité, les transports ou dans la santé.



L'IMT – 2020 définit également les débits, latences et vitesse de déplacement des objets :

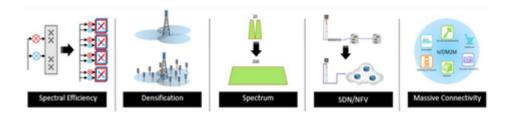
Table 1. Use Case Requirements.				Enhanced Multi-Media: Mobile TV	OL: 10 - 50 Mbps UL: 500 Mbps	NA.	250 - 500 km/h	
Use Case	User Data Rate	Letency	Mobility					
Hotspots: Broadband Access in Dense Areas	DL: 300 Mbps NA	60 km/h	Massive IoT: Sensor Netvorks (Connected Roads, Railvays, Buildings, Smart Cities,	DL: 1 - 100 kbps	50 ms - hours	0 - 500 km/h		
	UL: 50 Mbps			Parking, Lighting, Environment Monitoring)	UL: 1 - 100 kbps			
Coverage Everywhere	DL: 1Mbps NA. UL: 100 kbps	0 - 120 km/h	Massive IoT: Smart Grid/Utilities	DL: 1- 100 kbps	50 ms -	Pedestrian		
corresponding to the contract of the contract		144	0 - 120 mm		UL: 1 - 100 kbps			
		Badashina	Massive IoT: Wearables	DL: 100 kbps - 5 Mbps	1 - 10	0 = 120 km/h		
Homes and Offices	DL: 1 Gbps		Pedestrian		UL: 100 kbps - 5 Mbps	-		
	UL: 100 - 500 Mbps		Massive IoT: Agriculture	Massive IoT: Agriculture	DL: 1 = 100 kbps	1 - 10	Pedestrian	
Public Transport, MBB in Cars, High Speed Trains	OL: 25 - 50 Mbps	NA.	Up to 120 kmph		UL: 1 - 100 kbps			
	UL: 10 = 25 Mbps					DL: 100 kbps - 10 Mbps	0.5 - 1	Pedestrian
Broadband Access in Events & Large Gatherings	DL: 10 - 25 Mbps	NA.	Pedestrian		UL: 100 kbps - 10 Mbps			
oarengs.	UL: 25 - 50 Mbps			Automated Factories	DL: 100 kbps - 10 Mbps	0.5 - 1 ms	Pedestrian	
Connected Vehicles: V2X	DL: 1 Mbps - 1 Gbps 3-100 ms	250 km/h		UL: 100 kbps = 10 Mbps	-			
			Tactile Interaction	DL: 100 kbps	0.5-1	Pedestrian		
Moving Hotspots	OL: 10 - 50 Mbps 10 ms UL: 5 - 25 Mbps	500 km/h		UL: 100 kbps	ms			
			Emergency Services, Public Safety	DL: 100 kbps - 10 Mbps	1 - 10	0 - 120 km/h		
Enhanced Multi-Media: Live TV	DL: 50 - 200 Mbps	NA 0	0 - 8 km/h		UL: 100 kbps - 10 Mbps	ms		
	UL: 500 kbps			Urgent Healthcare	DL: 100 kbps - 10 Mbps	1 - 10	0 - 120 km/h	
Enhanced Multi-Media: On Demand	DL: 50 - 200 Mbps	NA.	0 - 80 km/h		UL: 100 kbps - 10 Mbps	ms		
Errances sign-nessa. On Demans		0 - 00 Amin	Fixed Wireless	DL: 100 kbps - 5 Mbps	10 ms	Pedestrian		
	UL: 500 kbps				UL: 100 kbps - 1 Mbps			

L'ensemble est bien présenté dans ce schéma originaire de Qualcomm. A noter que la 5G permettra de supporter de très haut débit en étant mobile et jusqu'à 500 km/h. Cette vitesse correspond au moyen de transport terrestre commercial le plus rapide qui soit, le Maglev de Shanghai. Les autres TGV roulent commercialement entre 260 et 330 km/h, qui sont des vitesses déjà théoriquement couvertes par la 4G... pour peu que des antennes soient disséminées le long des parcours, ce qui n'est pas toujours le cas!



Les principales technologies de la 5G

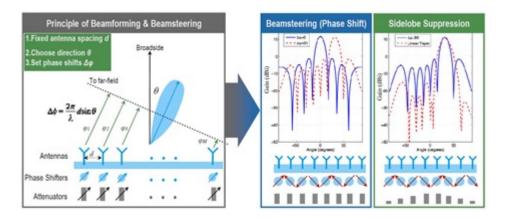
Voici maintenant un tour d'horizon rapide des cinq grandes catégories de technologies mises en œuvre dans la 5G:



L'amélioration de l'efficacité spectrale passe par la combinaison de l'utilisation simultanée de plusieurs fréquences par terminal ciblé et la focalisation spatiale horizontale et verticale des ondes électromagnétiques sur les terminaux (Massive MIMO, la focalisation spatiale est expliquée dans le schéma *ci-dessous*, d'origine Rohde & Schwarz), de la modulation du signal en phase et amplitude en QAM256 au lieu du QAM64 (Quadrature Amplitude Modulation) et de l'utilisation optimisée de bandes de fréquences avec le F-OFDM (ou Filtered OFDM).

Le F-OFDM est une des manières d'exploiter simultanément plusieurs sous-porteuses dans une bande de fréquence allouée. Le tout est appliqué aux bandes de fréquences déjà allouées aux opérateurs pour la 4G, comme le 700 MHz, le 800 MHz, puis le 1,8, le 1,9 et le 2,6 GHz. Le QAM256 est déjà utilisé aux USA pour faire du LTE Advanced à 1 Gbits/s, et côté terminaux avec les modems X16 et X20 de Qualcomm.

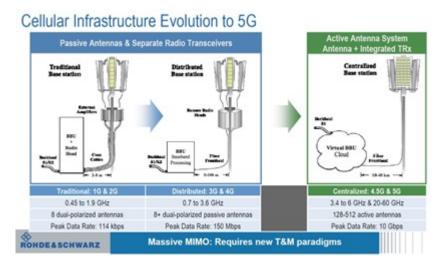
A noter que certaines études mettent en avant le fait que la 5G permettra de faire des économies d'énergie du côté des infrastructures d'antennes des opérateurs télécoms. Par contre, cela semble déplacer une partie du problème dans les terminaux. D'où les efforts des concepteurs de modems pour les miniaturiser et réduire leur consommation d'énergie.



La **densification** du réseau s'appuie sur des small cells (petits émetteurs), une nouvelle architecture, des techniques de réseau mesh comme le LTE-Direct qui permet à deux équipements de dialoguer entre eux sans passer par le réseau, un peu comme on le fait aujourd'hui avec le Bluetooth, des mobile CDNs pour optimiser encore plus la distribution des contenus, notamment via des algorithmes prédictifs. LTE Direct est une spécification de Qualcomm mais elle n'est pas encore intégrée dans celles du 3GPP pour la 5G.

La 5G conduira à une meilleure utilisation du **spectre électromagnétique** avec l'exploitation de plusieurs bandes de fréquences nouvelles dont celles des ondes millimétriques, entre 24 et 300 GHz mais aussi les bandes comprises entre 3 et 30 GHz qui ne sont pas exploitées dans la 4G. Elles apportent un très haut débit sur une courte portée, associé à la densification du réseau et à des antennes directives MU-MIMO et Massive-MIMO. Le MIMO (Multiple Input Multiple Output) est une technologie apparue avec le Wi-Fi qui utilise plusieurs antennes et fréquences pour gérer la communication avec un terminal. Le MU-MIMO est le Multi User MIMO qui gère cela pour plusieurs terminaux simultanément. Le Massive MIMO s'appuie sur la focalisation des faisceaux hertziens sur les terminaux à partir d'un grand nombre de petites antennes.

Cf ci-dessous une illustration de l'évolution du format des antennes entre la 3G/4G et la 5G, issu de l'Allemand Rohde & Schwarz. Dans la pratique, les antennes Massive-MIMO seront linéaires, rectangulaires ou cylindriques pour s'adapter aux modes de diffusion dans les agglomérations et notamment à la hauteur des immeubles à couvrir.



La 5G s'appuiera aussi sur des architectures logicielles d'exploitation de réseaux **SDN/NFV** qui correspondent aux techniques de Software Defined Network et Network Functions Virtualization. Le SDN dissocie l'architecture physique des infrastructures réseaux de leur gestion logicielle. Elle est basée sur l'usage de serveurs standardisés. Le NFV virtualise les équipements spécifiques des équipementiers dans des machines virtuelles installées sur des serveurs standards. Le SDN et le NFV permettent de gérer les infrastructures télécoms de manière très souple en fonction des besoins. Ces techniques sont déjà mises en œuvre avec la 4G et

deviennent indispensables avec la 5G du fait de la diversité des protocoles, réseaux et usages qu'elle met en œuvre. J'avais d'ailleurs pu voir au Salon de la Recherche d'Orange en décembre 2017 que la 5G allait donner lieu à une utilisation intensive du machine learning dans la gestion du réseau, afin notamment d'optimiser la qualité de service offerte aux utilisateurs.

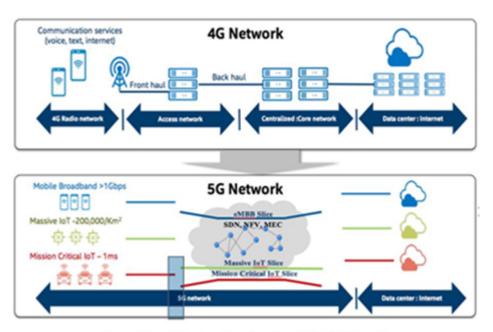
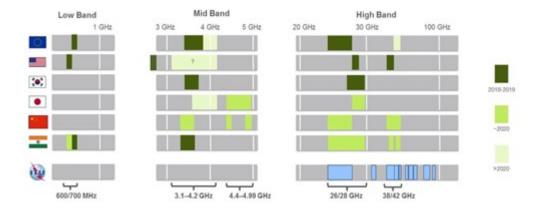


Figure 15. Network Transformation from 4G to 5G Networks.

Enfin, la 5G mettra en œuvre une **connectivité massive** d'un grand nombre d'objets avec le SCMA (Sparse Code Multiple Access), mais en bas débit, dont je vous passe les détails. C'est adapté à la liaison des objets connectés. C'est un élément important pour les déploiements d'applications de "smart city".

Les projets pilotes dans le monde

Qu'en est-il des projets de 5G dans les grands pays et grandes régions développées ? Ils sont sous-tendus par des enjeux d'usages et économiques. Il dépend aussi des différentes allocations du spectre électromagnétique, surtout dans les nouvelles bandes de fréquences utilisées par la 5G, en particulier les bandes pré-millimétriques et millimétriques, au-delà de 6 GHz (source du schéma ci-dessous d'allocation de fréquences par régions) !



En **Europe**, le 5G-PPP (5G Public Private Partnership) qui fait partie de l'initiative **Towards 5G** est une initiative de l'Union Européenne prenant la forme d'un partenariat public-privé consacré à la R&D dans la 5G. Le plan est doté de 700 M€ de financements publics, essentiellement consacrés à la recherche. Le projet ambitionnant de donner un avantage compétitif à l'Europe face aux USA et à l'Asie mais il associe déjà l'Américain Qualcomm. Le projet comprend néanmoins des étapes d'expérimentation à grande échelle qui

doivent s'étaler jusqu'en 2020.

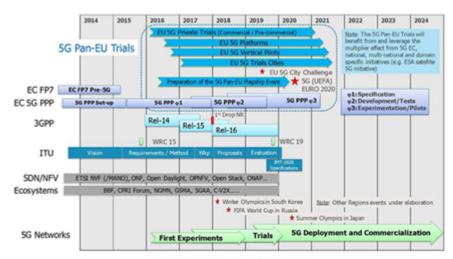


Figure 2: 5G Pan-EU Trials Roadmap

Ces expérimentations comprennent notamment le Network Slicing (découpage de réseau) qui alloue des ressources dédiées par type d'usage pour donner la priorité à un système de transport intelligent (STI) pour le trafic automobile et l'isoler d'autres sources de trafic haut débit mobile qui sont utilisées pour l'entertainment dans les véhicules. C'est dans ce cadre qu'est définie la technologie C-V2X, associée pour l'instant à la version 14 des spécifications 3GPP qui fait partie de la 4G. L'une des applications phares de la 5G est le V2X, la communication entre véhicules et le reste (autres véhicules et infrastructures). Dans le domaine du V2X, les premières expérimentations ont court avec la 5G. Elles associent notamment Ericsson, Orange et PSA. Sachant qu'il faudra aussi que cette communication entre véhicules fonctionne dans les tunnels !

Le « Cellular V2X » (C-V2X) permettra la communication en 5G entre véhicules ou entre véhicules et infrastructures. Elle sert notamment à gérer la fonction « See Through » qui permet de voir ce qui se passe devant le véhicule qui est devant le vôtre, grâce à la communication entre véhicules. Cette communication se déroule à faible latence et à haut débit, permettant l'envoi d'un flux vidéo haute résolution en quasi-temps réel. La latence en 5G est de 17 ms pour des véhicules roulant à 100 km/h alors qu'elle n'est que de 30 à 60 ms pour la 4G.

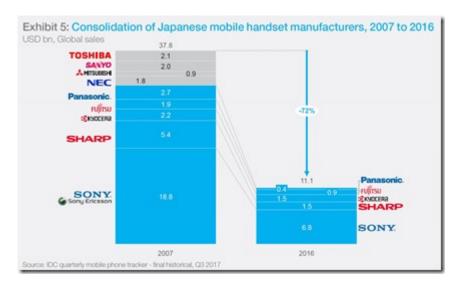
En **France**, les premiers tests de 5G ont été lancés en janvier 2017 par le LETI au Minatec de Grenoble. Le 22 juin 2017, l'ARCEP indiquant préparer à partir de 2018 la procédure d'attribution de fréquences dans les bandes 3,4 à 3,8 GHz, en bas de la bande C qui est aussi utilisée dans les communications satellite. Cette bande de fréquence de la 5G a des chances d'être assez bien harmonisée dans le monde. En mars 2017, Bouygues Telecom expérimentait ponctuellement la 5G avec des équipements Ericsson et atteignait un débit de 25,2 GBits/s sur deux terminaux. En octobre 2017, l'ARCEP autorisait Free Mobile à tester des technologies 5G dans les bandes de 3,6 GHz à 3,7 GHz à Paris. Donc, pas encore de bandes millimétriques en vue. Orange annonçait en février 2018 lancer des expérimentations à Lille et Douai entre 2018 et 2019, en partenariat avec l'équipementier Ericsson. En tout, l'ARCEP autorise des tests de 5G sur une dizaine de villes en France. Les fréquences millimétriques ne sont pas encore ouvertes.

Au **Royaume-Uni**, l'OFCOM prévoit d'allouer de nombreuses bandes de fréquences à la 5G et notamment dans les 3,4 GHz, entre 3,6 et 3,8 GHz puis 3,8 à 4,2 GHz, dans les 26 GHz ainsi que dans les 66-71 GHz. Des tests ont déjà eu lieu dans la bande des 28 GHz en 2017 à Londres. D'autres tests de 5G doivent démarrer en 2018, alimentés notamment par une enveloppe publique de £16m. British Telecom doit mener un test à Bristol, aidé par Nokia.

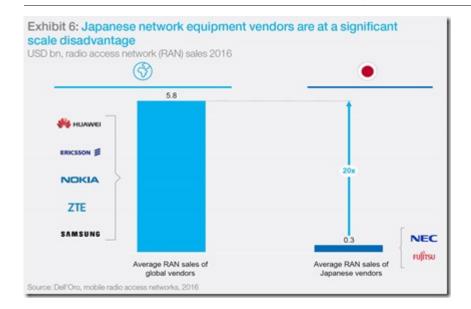
Aux USA, la FCC allouait à la 5G les bandes 7 GHz, 27,5-28,35 GHz, 37-40 GHz, et 64-71 GHz. Pour améliorer la densité d'antennes, elle réduisait aussi les contraintes règlementaires pour leur installation. On voit une approche différente de la France avec une allocation d'emblée de fréquences pré-millimétriques et millimétriques. Des tests sur la bande des 28 Ghz ont été lancés par AT&T et Verizon. Des débats ont lieu aux USA sur l'intérêt de créer une infrastructure publique de la 5G mais ils ont très peu de chances d'aboutir à une décision favorable.

Un plan issu de l'administration Trump allant dans ce sens avait fuité début 2018. Il rencontre bien évidemment une forte résistance des opérateurs télécoms. Une telle politique serait étonnante de la part d'une administration républicaine. La motivation ? Résister aux Chinois qui pourtant, ne contrôlent pour l'instant pas les opérateurs télécoms aux USA. Qui plus est, le patron Républicain de la FCC n'est pas favorable à cette idée d'une 5G publique. Ce même affreux qui a mis fin à la neutralité des réseaux aux USA et permis aux opérateurs de commercialiser les données d'usage de site web de leurs clients. Du côté industriel, les USA maîtrisent une partie de la chaîne de valeur du marché, surtout dans les composants avec Intel et Qualcomm, et avec l'équipementier réseau Cisco.

Au **Japon**, avec l'allocation des bandes 3,6-4,2 GHz, 4,4-4,9 GHz et 27,5-29,5 GHz à la 5G. Les premières expérimentations démarraient en 2017 à Tokyo à partir de la tour SkyTree. Huawei et NTT DoCoMo ont aussi mené des tests dans la bande des 39 GHz à Yokohama. Softbank et Ericsson prévoient des tests dans la bande des 4,6 GHz. Il est probable que le Japon mettra sur le paquet sur la 5G à l'occasion des JO de Tokyo en 2020.

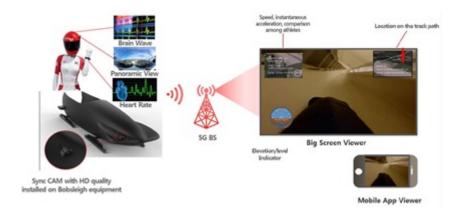


Les Japonais ont cependant un déficit industriel dans l'industrie des télécoms. Trop tournés vers leur marché intérieur, ils ont complètement perdu la main sur le marché mondial des smartphones, contrôlé par les plateformes américaines iOS et Android. Les constructeurs japonais avaient 31% du marché intérieur japonais en 2016, stabilisé depuis 2014 alors qu'ils en contrôlaient 97% en 2007! Qui plus est, leurs équipementiers télécoms (NEC et Fujitsu) ne rivalisent pas avec les leaders mondiaux que sont Huawei, ZTE, Samsung, Nokia et Ericsson (source des schémas).



En **Chine**: avec des tests dans les bandes 3,3-3,4 GHz, 3,4-3,6 GHz, 4,4-4,5 GHz et 4,8-4,99 GHz, puis 25 GHz et 40 GHz pour le très haut débit dans les bandes millimétriques. La Chine entend profiter du lancement de la 5G pour favoriser ses équipementiers dans la bataille industrielle associée, Huawei et ZTE. La Chine sera sinon, en volume, le plus grand marché intérieur du monde pour la 5G.

En Corée du Sud avec des démonstrations réalisées pendant les JO de Pyeongchang de février 2018, notamment dans les bandes pré-millimétriques 26,5-29,5 GHz. Il s'agissait de tests menés par l'opérateur KT avec le concours d'Intel, d'Ericsson et Samsung pour de la diffusion de vidéo en streaming mobile utilisés notamment dans les compétitions de bobsleighs, dans des vues aériennes captées par un dirigeable et avec le Time Slice dans le stade du patin à glace, une technique utilisant une centaine de caméras permettant de choisir sa vue pour la prise de photos et de vidéos (mais ce n'est pas de la vidéo volumétrique). Les tests étaient réalisés sur 28 GHz avec une largeur de bande confortable de 800 MHz et une latence de 1 ms. Une spécification permettant en théorie d'atteindre 20 GBits/s. La Corée est bien partie pour être le pays le plus avancé au monde dans les déploiements de la 5G, au moins un an devant le Japon et en phase avec les Chinois.



Ces tests mettaient en jeu des caméras embarqués, des transmetteurs 5G pilotes et des récepteurs divers, dont des prototypes de tablettes 5G Samsung (*ci-dessous*) et des casques de réalité virtuelle. Aucun smartphone commercial ne supporte encore la 5G! Des tests de 5G avaient été réalisés en 2017 par l'opérateur leader local, SK Telecom, avec Qualcomm et Ericsson sur l'interface radio NR du 3GPP.

03 KT 5G ILE Services (Omni View)

The service provides multiple live angle views along with augmented information



Des tests de 5G avec diffusion de vidéo 8K dans un train roulant à 100 km/h ont aussi été réalisés par Samsung et KDDI.

Les composants et industriels de la 5G

Ces expérimentations montrent que les pays sont loin d'avoir harmonisé leur utilisation des bandes de fréquences, notamment dans les bandes millimétriques. Cela compliquera le rôle des fabricants de modems qui vont devoir supporter différentes bandes de fréquences, dans la lignée de ce qu'ils doivent faire aujourd'hui dans la 4G pour supporter l'ensemble des opérateurs télécoms mondiaux.

Le marché des équipementiers télécoms est dominé par **Huawei**, **ZTE**, **Samsung**, **Ericsson** et **Nokia** complétés par divers éditeurs de logiciels. Les acteurs du marché des composants pour la 5G sont **Qualcomm** notamment avec son modem Snapdragon X50, **Altair**, **Renesas**, **Samsung**, **Mediatek**, **HiSilicon**, **Intel** et aussi le Français **Sequans**.

Samsung annonçait ainsi se lancer dans le développement de modems 5G au CES 2018. L'enjeu pour ces concepteurs de modems 5G est de supporter aussi bien les fréquences inférieures à 6 GHz que les fréquences pré-millimétriques et millimétriques qui vont de 24 à 100 GHz, mais dont les bandes allouées vont varier d'un pays à l'autre.

Intel prenait aussi position dans la 5G en annonçant en novembre 2017 ses premières puces 5G qui sortiront en 2019. Ca tombe bien puisque les services 5G commerciaux seraient proposés par les opérateurs télécoms à partir de 2020. L'activité wireless d'Intel provient notamment de l'acquisition de la branche wireless d'Infineon en 2010. Intel annonçait la série XMM 8000 complétée par le modem XMM 7660 destiné aux réseaux LTE classiques et qui, sur la bande des 28 GHz, atteint 1,6 Gbits/s en Cat 19. Cette Cat 19 correspond en fait à la Rel 13 de la roadmap du 3GPP, donc en fait, c'est plus du LTE Advanced que de la 5G. Ces XMM 8000 ciblent les PC, les smartphones et les voitures connectées. Intel supportera à terme les bandes 600-900MHz, 3,3-4,2GHz, 4,4-4,9GHz, 5,1-5,9GHz, 28GHz et 39GHz.

Samsung parle pour la 5G de « fibre dans sa poche ». Les tests on démarré en 2017 avec SK Telecom en Corée. Ils seront suivis en 2018 d'un test mené avec Verizon à Sacramento aux USA.

Qualcomm lançait au moment du CES 2018 son modem 5G X50. Il sera disponible de manière indépendante et intégré dans les chipsets de smartphones Snapdragon 845. Il supporte la 5G NR dans les bandes de fréquences de la 4G ainsi que la bande millimétrique des 28 GHz. Il supporte le filtrage spatial (beamforming) et le MIMO massif. Il gère également 800 MHz de bande passante via l'agrégation de 8 porteuses de 100 MHz, ce qui lui permet d'atteindre théoriquement 5 Gbits/s en débit descendant.

Snapdragon X50 5G Modem

Designed to deliver never-before-seen wireless performance, the Qualcomm® Snapdragon™ X50 5G modem is designed to support early 5G networks—making the promise of 5G a reality.

J'en profite pour préciser qu'il existe une différence entre les catégories de modems « User equipment » de la 3G/4G/5G et les niveaux de versions des standards associés du 3GPP pour la 4G et la 5G. Le tableau *ci-dessous* en fait l'inventaire avec les débits en download et upload de chaque catégorie de modems. Ainsi, quand Qualcomm sort un modem de Cat 18, cela correspond à la Release 13 de la 4G! Les releases 13 et 14 du 3GPP sont liés au LTE Advanced Pro dans les appellations US. Pourquoi faire simple quand on peut faire très compliqué?

Modem	Cat
1-19	

User equipment Category	Mex. L1 detarate Downlink (Mb/c)()	Was, number of DL MIMO layers	Mari, LS datarate Update (Mari, N)	5GPP Release	
Miles	0.68	1.	1.0	8411	
143	1.0	1	3.0	Rel.13	
	1.0	1	1.0	Rel 12	
1	39.3	1,	5.2		
2	31.0	1:	28.5		
3	100.0	2	51.0	Rece	
4	190.8	2.	SLO		
5	290.0	4	75.4		
6	301.5	2 or 4	51.0		
7	301.5	2014	392.0	Rel 30	
	2,08.6		1,401,8		
9	412.3	2014	51.6		
10	412.3	2004	312.0		
.11	80.0	2014	51.4	Ref.11	
12	. 000.0	2014	202.0		
13	36.7	3 or 4	199.8	Rel 13	
34	3,917		1,565		
15-	790	2014	226		
36	579	2014	1/4		
137	25,005		0/0		
18	1079	2 or 4 or 8	0/8	Rel 13	
19	1986	2 or 4 or 8	1/4		

3GPP Rel 8-16

Quid de la France côté équipements ?

La France est présente dans le secteur de la 5G au travers de la branche française de **Nokia**, ex-Alcatel-Lucent, située notamment à Villarceaux avec de beaux laboratoires de recherche menés par Jean-Luc Beylat. Leur laboratoire de Marcoussis a augmenté sa capacité de production de composants électroniques en technologie dite III-V qui supporte de très hautes fréquences de fonctionnement, celles qui sont notamment exploitées dans les équipements à fibre optique des opérateurs (amplification, multiplexage, démultiplexage). Ils conçoivent aussi des circuits capables de travailler dans les très hautes fréquences des bandes millimétriques.

Nous avons également **Sequans**, qui conçoit des composants de modems pour les objets connectés et planche sur la 5G depuis 2013 et a depuis mis en place un partenariat avec le Chinois TCL. Nous avons aussi de nombreuses PME industrielles spécialisées dans les infrastructures télécoms comme **Kerlink** et ses antennes pour l'instant dédiées aux réseaux LoRA mais qui ciblera également la 5G.

STMicroelectronics et **SOITEC** sont aussi des industriels clés pour la fabrication de composants adaptés à la 5G, grâce à la technologie FD-SOI, celle qui permet de créer des composants CMOS économes en énergie et adaptés aux fonctionnements en haute fréquence. Le FD-SOI s'est appuyé sur des travaux de recherche du **CEA-LETI**.

Et puis **Orange** qui est un des rares opérateurs télécoms dans le monde à entretenir une équipe de chercheurs d'environ 1500 personnes dont une bonne part est sur leur site de Chatillon.

Certains laboratoires de recherche travaillent d'ailleurs déjà sur la 6G. C'est le cas de l'Institut d'Electronique

de Microélectronique et de Nanotechnologie du CNRS et de l'Université de Lille, qui planche sur les communications sans fil à 300 GHz. Pas pour les smartphones, mais pour relier les stations de base des opérateurs. Une démonstration a même déjà été réalisée à Dunkerque!

En attendant la 5G, faisons de la vraie 4G!

Avant l'arrivée de la 5G d'ici quelques années, les opérateurs télécoms du monde entier font évoluer leurs offres de 4G. On verra d'ailleurs apparaître des notions de 4,5 ou 4,9 G pour les offres liées aux releases 12, 13 et 14 du 3GPP, qui sont celles d'avant la 5G.

En France, Orange et Bouygues Telecom viennent d'augmenter les débits proposés à plus de 400 Mbits/s via l'ajout d'une quatrième porteuse (4 Carrier Agregation ou 4CA). Cela fonctionne sur les iPhone lancés en septembre 2017 (8 et X) qui ont un modem Intel XMM 7480, compatible 4CA. Les villes couvertes sont rares au départ avec Bordeaux, qui sera suivie par Toulon, Angers, Brest, Le Havre, Le Mans, Orléans, Rennes et Tours chez Orange. Un débit de 600 MBits/s sera disponible à Villefranche-sur-Saone chez Orange et 500 Mbits/s chez SFR à Clermont-Ferrand. Dans la pratique, alors que nous devrions en théorie avoir des débits atteignant de 150 à 300 Mbits/s, la moyenne constatée est d'environ 20 Mbits/s (sources **RFbenchmark** et **OpenSignal**).

Ces débits encore plus élevés sont supportés par le modem Snapdragon X16 qui est intégré dans les chipsets Snapdragon 835 qui se trouvent dans les smartphones Andoid haut de gamme lancés en 2017 ainsi que dans la vague 2017 des iPhone. Tous ces débits correspondent à la release 11 du 3GPP! Il reste du chemin avant d'arriver à la release 15 qui est considérée comme marquant le début de la 5G dans sa première mouture!

Les grands défis de la 5G

Maintenant que nous avons dressé un tableau assez large des composantes de la 5G, venons-en aux faits. La 5G est, comme les générations précédentes, porteuse de chamboulements à plusieurs titres, et bien au-delà des télécoms que je vais essayer de lister ici.

C'est tout d'abord une évolution importante des standards des télécommunications qui ambitionne de recouvrir tous les besoins en télécommunications civiles. C'est un peu l'équivalent dans les télécoms de la **théorie du tout**, cette théorie physique non encore élaborée qui permettrait d'expliquer toutes les interactions fondamentales entre particules. Dans la 5G, les télécoms pourront servir à tout pour connecter smartphones à très haut débit, objets connectés à bas débit et autres besoins variés, notamment pour la communication avec les véhicules ou dans l'industrie et la santé.

Mais tout ceci s'appuie sur de nombreux standards et sous-standards qui peuvent parfois fonctionner indépendamment les uns des autres. C'est par exemple le cas des nouvelles techniques de modulation du signal dans les fréquences existantes telles que le 2,6 GHz permettant de dépasser des débits de 1 GBits/s et celles qui visent à exploiter les bandes millimétriques. Comme la 5G recouvre de **nombreuses fonctionnalités** qui ne seront pas mises en service en même temps, les opérateurs télécom devront rivaliser d'ingénuité marketing pour expliquer la nature des offres qu'ils lancent et de leurs évolutions. C'est déjà un peu le cas pour le passage qui n'est toujours pas achevé entre la 3G et la 4G et cela sera encore pire.

La 5G fait appel à de nombreuses **bandes de fréquences** et sous-porteuses, en particulier en allant au-delà des fréquences habituelles comprises entre 700 MHz et 2,6 GHz, avec les bandes comprises entre 3,4 et 4 Ghz et en s'attaquant aux bandes dites millimétriques, au-delà du 28 GHz. D'où de nouvelles antennes, modems pour les terminaux, et le besoin de densifier les émetteurs car plus on augmente la fréquence, plus on baisse la portée, même si le Massive MIMO permet de gérer cela dans une certaine mesure.

C'est un **casse-tête économique** car les opérateurs télécoms vont devoir une fois encore investir dans leurs infrastructures et leurs back-end pour lancer la 5G. Et une bonne partie des nouvelles bandes de fréquence de la 5G seront vendues aux enchères par les Etats aux opérateurs télécoms. Ils se demandent s'ils vont pouvoir tirer plus de valeur de ces déploiements qu'avec la 4G.

La 5G ambitionne aussi de s'attaquer à des **marchés très ciblés** comme ceux de l'industrie, de la santé, de la ville intelligente et des véhicules connectés. Elle contribuera à révolutionner ces marchés. La 5G permettra notamment de faire rouler des véhicules autonomes de manière concertée. La 5G pourrait contribuer à *re-b2bizer* le marché des télécommunications qui était jusqu'à présent dominé par sa part grand public.

La 5G pourrait remettre en cause **l'équilibre des investissements entre haut débit fixe et mobile**. En février 2018, Orange annonçait ainsi lancer d'ici la fin 2018 en Roumanie un test grandeur d'accès très haut débit à domicile en 5G. Le test est lancé avec Samsung, Cisco, Nokia et Kathrein, ces deux derniers concevant une antenne 5G d'intérieur adaptée aux antennes d'émetteurs 5G MIMO, le MIMO étant la technique permettant de focaliser les faisceaux électromagnétiques sur les récepteurs. On peut très bien voir se répéter l'expérience malheureuse du WiMax d'Intel qui visait à apporter le haut débit aux zones blanches ou faiblement denses mais n'a jamais été déployé à grande échelle. Ou bien au contraire, voir la 5G se déployer facilement et concurrencer d'abord l'ADSL puis le câble et la fibre dans les zones faiblement denses. Cela pourrait remettre en question les nombreuses initiatives locales, dites RIP pour Réseaux d'Initiative Publique, cofinancés par la CDC et les Programmes d'Investissements d'Avenir (PIA).

Enfin, la 5G va probablement modifier le paysage de la diffusion de **chaines TV**. D'ici le milieu des années 2020, il est possible que la 5G, via les standards du consortium 5G-Xcast, devienne le moyen privilégié de diffusion des chaines TV au détriment de la TNT. Cela passera d'ailleurs par des techniques de diffusion dites multicast, où un seul signal est diffusé pour l'ensemble des utilisateurs dans la lignée du LTE Broadcast ou eMBMS qui a été expérimenté dans le monde depuis 2013. La 5G sera notamment utilisée pour la diffusion de vidéos 4K, HDR (haute dynamique) et pour la réalité augmentée.

D'ailleurs, la société française Expway participe activement aux travaux de normalisation de Xcast. J'ai même entendu parler il y a deux ans d'une hypothèse selon laquelle le CSA serait favorable au passage de la TNT à la 5G, abandonnant les fréquences restantes de la TNT à cette dernière. Les opérateurs télécoms deviendraient les seuls tuyaux en France pour consommer de la TV en plus de ceux du satellite. On imagine alors les discussions entre TF1 et ces opérateurs! Le rapport de force actuel entre TF1 et Orange ou Free ne serait plus le même. Mais cette diffusion en multicast serait probablement règlementée d'une manière particulière avec des obligations de service public déléguées aux opérateurs.

Ces défis sont aussi des opportunités! N'oublions pas que la croissance des smartphones a été rendue possible par le déploiement de la 3G. Celle des réseaux sociaux, du partage social de photos et de Periscope l'a été grâce à la 4G. Logiquement, la 5G devrait apporter aussi son lot d'opportunités d'innovations pour les entreprises et les entrepreneurs qui sauront saisir la balle au bond et au bon moment. Des études macro anticipent que la 5G génèrera la création de presque 400 000 emplois en France (source IHS). C'est probablement exagéré, ou tout du moins, ces emplois seront issus de plusieurs vagues technologiques concomitantes.

Comme en 2017, les équipementiers et constructeurs feront le plein d'annonces autour de la 5G au Mobile World Congress de Barcelone entre le 26 février et le 1ier mars 2018. On peut s'attendre au minimum à des annonces d'infrastructures 5G des équipementiers et aux premiers smartphones supportant la 5G-NR à base de modems Qualcomm Snapdragon X50. Pour le reste, il faudra sortir sa petite boussole technologique pour interpréter tous les effets d'annonces !

Stay tuned!

Cet article a été publié le 20 février 2018 et édité en PDF le 15 mars 2024. (cc) Olivier Ezratty – "Opinions Libres" – https://www.oezratty.net