

Les enjeux de la 5G pour les objets connectés

Par Cécile DUBARRY
et Anne-Lise THOUROUDE
Arcep

De nombreuses technologies rendent possibles les objets connectés. Parmi celles-ci, les technologies mobiles grand public (4G, 5G...) sont largement mises en avant. Dans une acception large, les objets connectés vont de simples capteurs à des objets *high tech* : le téléphone n'est-il pas l'objet connecté le plus courant ?

Si différentes technologies (LoRa, Sigfox 4G...) permettent déjà la mise en place d'objets connectés, la 5G est souvent promue comme la technologie mobile qui entrainera un développement massif de ceux-ci. Cela s'explique par le cadre de mise au point de la 5G. En effet, la 5G, contrairement aux technologies précédentes, a été conçue dès le départ comme une technologie structurante pour l'Internet des objets (IoT). Actuellement en cours de déploiement, la 5G devrait s'enrichir au fur et à mesure de l'introduction des innovations sur les réseaux.

Les objets connectés : une connectivité déjà possible avec les technologies en place

Si on parle souvent de la 5G comme la technologie mobile rendant possible la généralisation des objets connectés, il existe depuis longtemps des solutions de connectivité LPWAN (Low Power Wide Area Network), bas débit, basse consommation, longue portée, non cellulaire telles que LoRa⁽¹⁾ et Sigfox⁽²⁾. Ces réseaux peuvent être déployés librement et sont optimisés pour connecter en grand nombre des objets très peu consommateurs d'énergie sur une moyenne et longue portée. Ils sont particulièrement adaptés à la supervision, dès lors que de nombreux points de mesure sont à contrôler sur un périmètre géographique étendu, pour générer des systèmes d'alerte ou du contrôle de processus.

En réponse à cette concurrence, les opérateurs de réseaux cellulaires ont mis au point des standards, le NB-IoT et le LTE-M⁽³⁾, spécialement conçus pour développer l'Internet des objets (IoT) dans leurs réseaux mobiles. Ces deux normes ont d'ailleurs été conçues pour être compatibles avec la 5G.

NB-IoT et LTE-M ont plusieurs similarités et présentent sensiblement les mêmes avantages (comme celui de fonctionner avec peu d'énergie, permettant ainsi à des objets basse consommation de communiquer *via* le réseau cellulaire), mais ils diffèrent par leur débit et leur latence. Le LTE-M est le protocole qui propose le plus grand débit (quantité de données échangées pour un temps donné) et la plus faible latence. Ainsi, en termes d'usage, le NB-IoT sert principalement à l'utilisation de capteurs, pour effectuer des contrôles agricoles, pour le *smart grid*, pour la *smart*

(1) Les réseaux LoRa, qui utilisent les fréquences 868 MHz en Europe, sont basés sur un protocole de communication établi de manière coopérative au sein de la LoRa Alliance.

(2) Le réseau Sigfox, qui utilise également les fréquences 868 MHz en Europe, propose un modèle propriétaire, dans lequel Sigfox assure une couverture internationale en s'appuyant sur des déploiements propres ou sur des partenariats avec des opérateurs locaux.

(3) Sur le plan technique, le NB-IoT (Narrowband IoT) est une norme de communication à bande étroite : les canaux IoT peuvent prendre en charge un grand nombre de dispositifs terminaux sur seulement 200 MHz de spectre. Le LTE-M (ou eMTC), quant à lui, est une technologie de réseau étendu de faible puissance adaptée aux applications IoT à faible bande passante, caractérisé par une faible latence et une sécurité accrue.

city, pour la pénétration des bâtiments et la gestion des *pipelines*, etc. Tandis que le LTE-M est plus souvent utilisé dans le domaine de la sécurité (usage de caméras, surveillance...), du transport, du *tracking*, du suivi médical, etc.

Par ailleurs, au-delà de l'introduction de ces standards sur les réseaux grand public, certains acteurs industriels se dotent de réseaux privés qui permettent des cas d'usages ciblés, le plus souvent liés aux objets communicants. Pour répondre à une demande croissante des acteurs, l'Autorité de régulation des communications électronique, des postes et de la distribution de la presse (Arcep), qui est en France l'entité qui attribue les fréquences pour des réseaux mobiles, a d'ailleurs ouvert en 2019 un guichet d'attribution de fréquences pour des réseaux privés 4G. Ces réseaux devraient naturellement évoluer vers des réseaux 5G à l'avenir. La mise en place d'un réseau privé facilite notamment la maîtrise, la résilience et la sécurité du réseau.

La 5G : un domaine d'innovation rendant possibles de nouveaux usages

La « 5G » est la cinquième génération de réseaux mobiles, qui succède aux technologies 2G, 3G et 4G. Si les premières technologies ne permettaient que les appels vocaux puis l'envoi de SMS, les générations suivantes de technologies mobiles ont permis de développer de nouveaux usages : se connecter à Internet, accéder à des applications, ou encore passer des appels en vidéo.

La 5G, quant à elle, est une technologie évolutive qui va s'enrichir progressivement, au gré de l'évolution des standards au niveau mondial : ses performances vont progresser (débit, réactivité, capacité à gérer les usages de beaucoup d'utilisateurs en même temps) avec la maturité technologique. Ainsi, à l'instar des technologies précédentes, la 5G améliorera les services existants et favorisera le développement de nouveaux services.

La 5G, une rupture technologique

Lors de la préparation d'une nouvelle génération de réseaux mobiles, deux acteurs travaillent en parallèle pour la définir :

- dans le domaine public, l'UIT (Union internationale des télécommunications) qui définit les caractéristiques de la technologie, dans notre cas la 5G (IMT-2020) ;
- dans le secteur industriel, le 3GPP (3rd Generation Partnership Project) qui fournit les solutions techniques (« normalisation ») répondant aux objectifs définis par l'UIT.

Ainsi, l'UIT a défini la 5G par trois grandes catégories d'usages, avec leurs exigences respectives, potentiellement incompatibles entre elles :

- **mMTC – Massive Machine Type Communications**, qui regroupe principalement les usages liés à l'Internet des objets. Ces services nécessitent une couverture étendue, une consommation énergétique contenue et des débits relativement restreints ;
- **eMBB – Enhanced Mobile Broadband**, qui correspond aux applications et services qui nécessitent une connexion toujours plus rapide, pour permettre par exemple de visionner des vidéos en ultra haute définition (8K) ou d'utiliser des applications de réalité virtuelle ou augmentée. Cette famille représente l'évolution de la plupart des services proposés par les réseaux 4G ;
- **uRLLC – Ultra-Reliable and Low Latency Communications**, qui regroupe toutes les applications nécessitant une réactivité extrêmement importante ainsi qu'une garantie forte de transmission du message.

En complément des familles d'usages, huit indicateurs de performance (KPI) ont été établis par l'UIT pour préciser, quantifier et mesurer les caractéristiques de systèmes 5G. Le schéma ci-après compare la 4G et la 5G suivant ces huit KPI :

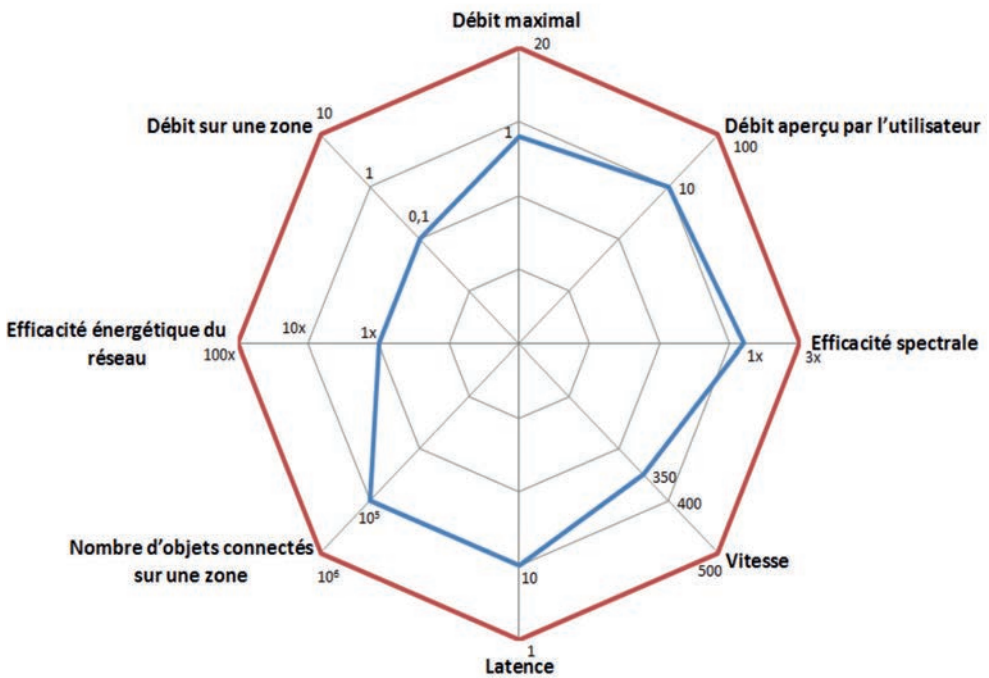


Figure 1 (Source : Arcep, issue de la Recommandation ITU-R M.2083-0 (09/2015) ⁽⁴⁾)

En résumé, la 5G a été spécifiée pour pouvoir offrir un débit maximal respectivement 10 fois supérieur à celui disponible actuellement, une densité maximale de connexions multipliée par 10 et une latence divisée par au moins 10 (la latence point à point cible est de 1 milliseconde, contre 30 à 40 millisecondes à ce jour).

Cependant, ces valeurs extrêmes ne pourront être atteintes simultanément pour tous les indicateurs : tous les cas d'usages ne sont pas compatibles entre eux, et un choix devra être réalisé pour définir des classes d'utilisation disposant chacune de son enveloppe de performances. À cet égard, la Figure 1 présente l'enveloppe des performances maximales de la 5G.

Le "*network slicing*" ou la possibilité d'usages variés de la 5G

Ainsi, chaque famille (mMTC, eMBB et uRLLC) est caractérisée par des usages qui lui sont propres et une enveloppe de performances appropriée. La Figure 2 ci-après en décrit quelques caractéristiques.

Comme vu précédemment, ces indicateurs ne pourront pas être tous satisfaits simultanément : les réseaux 5G seront configurés en « tranches » (*slices*), ils devront s'adapter dynamiquement à la demande, en fonction des usages, ce qui est réalisable grâce à la « virtualisation » logicielle des fonctions. Cette fonctionnalité, appelée "*network slicing*", est potentiellement la plus innovante de la 5G. Son introduction dans les réseaux est attendue à partir de 2023 en France.

(4) https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf

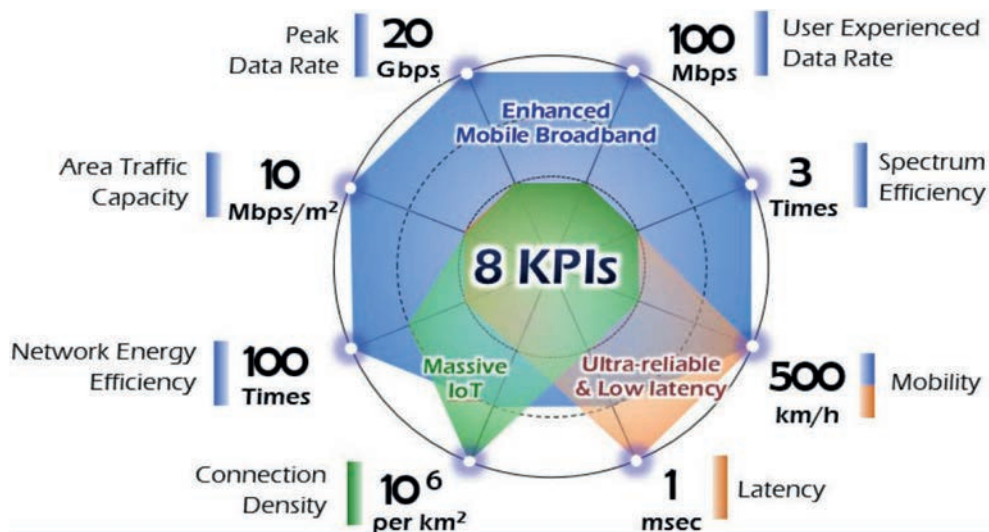


Figure 2 (Source : Dr. LEE, JunHwan - ETRI⁽⁵⁾)

Pour les besoins d'ultra haut débit (eMBB), comme la vidéo 4K, 8K, 3D ou la réalité virtuelle, un certain nombre de performances, comme l'efficacité spectrale, le débit maximal et la capacité globale du réseau, peuvent être atteintes au détriment d'autres, comme la latence ou la densité de connexions simultanées. Actuellement, seul le eMBB est implémenté dans les déploiements des opérateurs mobiles.

À l'inverse, lorsqu'une connexion massive simultanée d'objets connectés (mMTC) doit être gérée, le réseau concentre ses ressources et utilise les technologies nécessaires à la résolution de cette tâche, mais il n'est pas en mesure, par exemple, d'utiliser aussi efficacement le spectre ou d'assurer une faible latence.

Enfin, lorsque des communications ultra fiables, avec une très faible latence sont nécessaires (uRLLC), le nombre de communications simultanées, le débit ou encore l'efficacité spectrale peuvent être réduits.

D'un point de vue technologique, cette flexibilité, ou capacité d'adaptation, qu'apporte la *network slicing* ne pourra être mise en place qu'avec la virtualisation d'un nombre important de composants du réseau ; on parle notamment de SDN (Software-Defined Networking) ou de NFV (Network Function Virtualisation). Derrière ces acronymes se cache une idée commune : utiliser le plus possible des composants génériques et reconfigurables, plutôt que des composants spécifiques dédiés *ad vitam* à des tâches très particulières. Cette évolution vers le « logiciel » est envisagée depuis de nombreuses années, mais devient possible grâce à la montée en performances de tous ces composants reconfigurables, y compris ceux qui sont les plus proches des tâches élémentaires de la communication sans-fil (détection, codage en bande de base, gestion des trains binaires, changement de fréquences, traitement de signal, etc.).

L'attribution des fréquences 5G : vers un déploiement progressif

Pour le déploiement de la 5G, plusieurs bandes de fréquences ont été identifiées au niveau mondial, chacune présentant des priorités différentes et complémentaires. En France, les opérateurs utilisent à ce jour les bandes 700 MHz, 2,1 GHz et 3,6 GHz.

(5) https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/11/06_10-Nov_Session-3_Lee-JunHwan.pdf

Les fréquences de la bande 3,5 GHz ont été attribuées aux opérateurs mobiles, le 12 novembre 2020, dans l'objectif de déployer la 5G. Avec au moins 70 MHz par opérateur, elles permettent notamment de répondre à la croissance du trafic dans les zones denses.

Les fréquences des bandes 700 MHz et 2,1 GHz ont été attribuées aux opérateurs mobiles en 2015 et 2001 par l'Arcep. Les autorisations étant technologiquement neutres, ces fréquences sont aujourd'hui utilisées pour des déploiements 4G et 5G. Avec une portée relativement conséquente, elles permettent d'assurer une couverture dans les zones plus rurales.

Le déploiement de la 5G sur le territoire n'en est qu'à ses débuts et sera progressif. Au 30 juin 2021, plus de 4 900 sites en bande 3,5 GHz sont ouverts commercialement. En prenant en compte l'ensemble des bandes de fréquences utilisées pour fournir un service 5G (3,5 GHz, 2,1 GHz et 700 MHz), ce sont plus de 16 800 sites qui sont ouverts en 5G aujourd'hui. Les opérateurs couvrent chacun entre 20 et 40 grandes agglomérations en bande 3,5 GHz.

La bande 26 GHz, qui a aussi été identifiée au niveau mondial pour la 5G, possède, quant à elle, des propriétés intrinsèquement différentes. En effet, avec une grande quantité de fréquences disponibles mais avec une faible portée, la bande 26 GHz permettra des débits très importants dans des cellules de petite taille. Ainsi, parmi les services envisagés figurent en premier lieu des services avec de très forts besoins en bandes passantes, comme des services de multimédia augmenté avec multiples prises de vues lors d'événements sportifs ou culturels ou encore la gestion d'outils industriels dans les usines.

L'Arcep, qui est l'entité qui attribue en France les fréquences aux opérateurs, conduit actuellement les travaux préparatoires à l'attribution de ces fréquences.

Les objets connectés, un cas d'usage majeur de la 5G ?

Les évolutions technologiques apportées par la 5G sont conçues pour tenir compte, entre autres, des objets communicants : connection d'un grand nombre d'objets ou augmentation des débits.

Sur un plan technique, les opérateurs ont à ce jour implémenté la 5G en eMBB, notamment pour faire face à la demande croissante en trafic. Avec l'introduction du *network slicing* vers 2023, il leur sera alors possible d'implémenter de la 5G en mMTC, catégorie la plus intéressante pour les objets communicants. Sur un plan commercial, il s'agira pour les opérateurs de proposer des offres BtoB (de l'anglais *business-to-business*) adaptés aux besoins des acteurs économiques (entreprises, collectivités, administrations...).

Face à ces évolutions, l'Arcep, consciente des enjeux pour la compétitivité de l'économie française s'est attachée à mettre en place lors de l'attribution des fréquences 3,5 GHz un cadre préparant la connectivité de demain. Ainsi, les autorisations d'utilisation de fréquences, outre des obligations de couverture du territoire ou de débit fourni, de natures assez classiques, comprennent aussi des obligations visant à faciliter les usages BtoB de la 5G. Parmi celles-ci, deux concernent particulièrement le développement du marché des objets communicants :

- celle d'activer au plus tard fin 2023 les fonctions les plus innovantes de la 5G (le "*slicing*" notamment) afin d'être en mesure d'offrir des « services différenciés », répondant à des besoins spécifiques ;
- celle, complémentaire et concomitante, « de faire droit aux demandes raisonnables » des acteurs économiques (entreprises, collectivités, administrations...) en leur proposant des offres spécifiques que ce soit en termes de couverture ou de performances (s'il le préfère, l'opérateur pourra leur confier localement ses fréquences).

Par ailleurs, afin d'accompagner les acteurs dans l'exploration des futurs usages de la 5G, différentes expérimentations ont été rendues possibles. En particulier, l'Arcep et le gouvernement ont ouvert en 2019 un appel à projets pour des plateformes 5G d'« innovation ouverte » dans la bande 26 GHz. Plusieurs usages ont pu être testés dans le cadre de ces plateformes, que ce soit dans les domaines du divertissement (*entertainment*), des transports, de la logistique ou encore dans le domaine industriel, avec notamment plusieurs cas d'usages impliquant des objets connectés (capteurs dans des bâtiments, capteurs dans des usines, etc.).

Conclusion

Si, à son lancement, la 5G va principalement améliorer l'accès aux services proposés par les réseaux existants en permettant notamment un meilleur débit et plus de capacité, elle devrait permettre par la suite le développement de nouveaux types de services pour les individus et surtout pour les entreprises. En particulier, la 5G viendra compléter la gamme de solutions disponibles pour le déploiement et la gestion des objets connectés. Ces nouvelles fonctionnalités pourront être proposées par les opérateurs au fur et à mesure de l'évolution de la 5G.

Pour tirer pleinement parti de ces nouvelles possibilités, les opérateurs devront mettre au point de nouvelles formes de services, répondant de manière plus ciblée aux besoins des différents utilisateurs et, notamment, des acteurs économiques. Parallèlement, ces utilisateurs devront explorer les nouvelles possibilités permises par la 5G. Et ce n'est que grâce un dialogue constructif et attentif entre fournisseurs et utilisateurs que la 5G pourra trouver tout son potentiel.