

5G pour moi tout seul

Maîtrise totale du déploiement de la 5G
avec les réseaux cellulaires privés



Stuart Cording (Elektor)

Alors que le grand public voit dans la 5G des temps de chargement plus courts pour les contenus vidéo, les utilisateurs commerciaux ou professionnels souhaitent tirer parti de ses autres avantages : faible latence, haute fiabilité et connectivité massive. Cependant, ils ne sont toujours pas prêts à émettre leurs données sensibles sur les réseaux mobiles publics. Heureusement, il existe des alternatives. Des fréquences radio sont disponibles pour déployer des réseaux cellulaires privés, permettant aux usines, stades, centres d'exposition et aéroports de prendre le contrôle total et de mieux exploiter la 5G sur leurs sites.

Comme c'est souvent le cas, le processus marketing derrière la 5G a bien avancé avant le déploiement de la technologie. Ceux qui vivent au Royaume-Uni pourraient presque croire que Kevin Bacon, acteur et ambassadeur de la marque pour l'opérateur de réseau mobile EE [1], livre lui-même les nouveaux smartphones 5G aux clients. Mais, loin du domaine des consommateurs, la 5G connaît son heure de gloire, faisant valoir les incroyables performances intégrées dans ses caractéristiques.

Alors que les précédentes progressions de la technologie cellulaire se concentraient sur le débit de données et l'amélioration de l'expérience utilisateur en passant de la 2G à la 3G, puis à la 4G, la 5G est légè-

ment différente. Oui, le débit a été considérablement amélioré, connu sous le nom de haut débit mobile amélioré ou l'*enhanced Mobile Broadband* (eMBB), offrant des débits de données 100 fois plus rapides que la 4G, mais ce n'est pas tout. Vous disposez également de communications massives de type machine (massive Machine Type Communication ou mMTC), permettant de déployer jusqu'à environ un million d'appareils sur un kilomètre carré et une autonomie de 10 ans pour les modems sans fil destinés à ce type d'applications. Et puis, il y a la communication ultra-fiable et à faible latence (*Ultra-Reliable and Low-Latency Communication* ou URLLC). Elle fournit une latence d'interface hertzienne aussi

petite que 1 ms avec une disponibilité de 99,9999 %.

Le rôle des fonctions 5G dans les applications

Bien que les capacités de performance soient impressionnantes, il convient de préciser qu'elles ne sont pas toutes entièrement disponibles simultanément. Chacune d'entre elles cible les besoins de différents marchés et industries. L'eMBB est clairement bénéfique aux consommateurs qui ont besoin de plus de bande passante pour la transmission vidéo. Mais elle intéresse également l'industrie du divertissement. Des caméras peuvent être intégrées dans les casques des sportifs, fournissant une vue subjective de pilotes de course ou de joueurs de football américain. Le mMTC permet le suivi des conteneurs d'expédition d'un pays à l'autre ou la surveillance de la qualité de l'air grâce à des capteurs déployés dans les villes. L'URLLC peut être utilisé dans les usines, permettant à la 5G de faire partie de la boucle de contrôle des robots et cobots industriels (**figure 1**). Dans l'automobile, mMTC et URLLC seront utilisés tous les deux dans les véhicules. Cela leur permet de partager des données de conduite avec d'autres véhicules et des infrastructures fixes, de la télémétrie à faible bande passante aux données critiques concernant le freinage d'urgence.

Certaines applications, telles que l'automobile, s'appuieront sur la 5G pour utiliser ses possibilités de performance grâce à

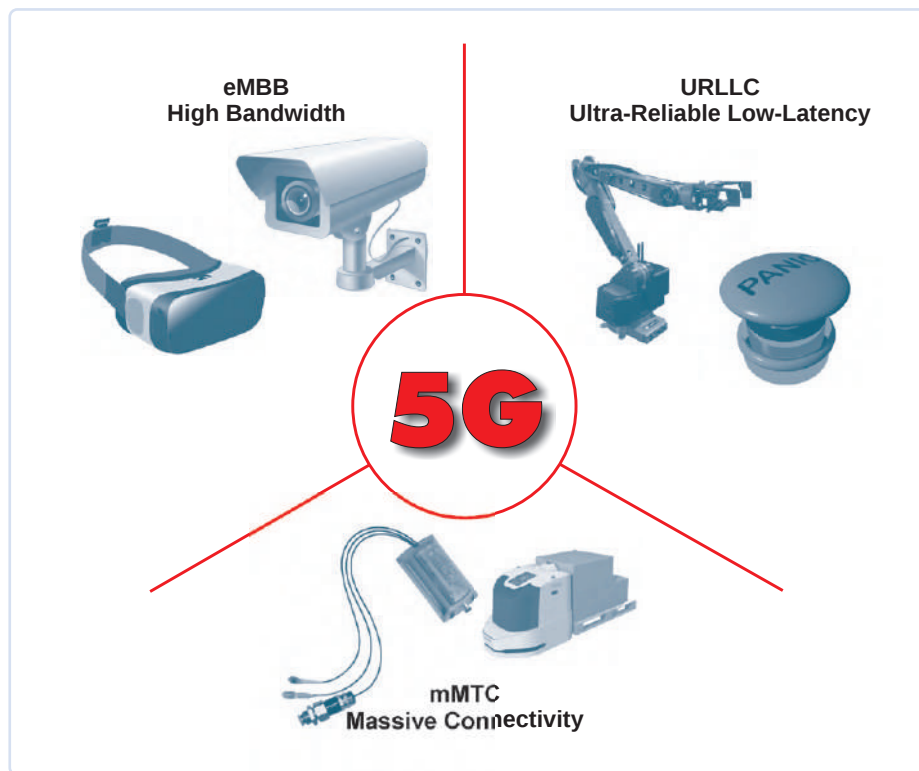


Figure 1. La 5G ne se limite pas à un haut débit mobile plus rapide. La spécification cible un large éventail de besoins commerciaux, automobiles et industriels avec une faible latence, une fiabilité élevée et une bande passante ultra-large.

l'infrastructure installée par les opérateurs de réseaux mobiles (ORM). Cependant, d'autres, comme les exploitants d'usines, de ports, d'aéroports et de stades sportifs, ont d'autres options. Par exemple, l'eMBB fournit une large bande passante pour la vidéo, mais les réseaux entourant un stade de football pourraient être surchargés lorsque les spectateurs partagent simultanément des clips du dernier but. Cela pourrait signifier que les producteurs de télévision perdent en termes de qualité vidéo lorsqu'ils partagent la même infrastructure 5G. Dans une usine, des milliers de capteurs de l'Internet industriel des objets (IIoT) envoyant régulièrement des données, même s'il s'agit de petits paquets, pourraient de ce fait entraîner des factures mensuelles massives.

Installez votre propre infrastructure 5G

Pour contourner ces défis, une méthode consiste à installer votre propre infrastructure 5G en tant que réseau cellulaire privé (PCN). Il convient de noter que le but n'est pas de générer des revenus en offrant la 5G à quiconque se trouvant à proximité.

L'objectif est de maîtriser le déploiement pour répondre aux besoins de l'entreprise. Cela peut aller de garantir la disponibilité ou la bande passante jusqu'à la maîtrise des coûts opérationnels et à l'intensification de la sécurité en conservant toutes les données sur site. De plus, le matériel peut être déployé pour assurer une couverture complète sur l'ensemble d'un site, à l'intérieur comme à l'extérieur.

Les PCN ne sont pas nouveaux. Certains secteurs industriels, tels que l'extraction minière, utilisent des PCN 4G LTE depuis de nombreuses années. Selon les données d'Analysys Mason, plus de 1 000 réseaux LTE/5G privés sont déployés dans le monde, effectuant une surveillance en temps réel dans les usines de fabrication de véhicules, une surveillance à distance des grues dans les ports et intégrés dans les applications de sécurité des raffineries de pétrole [2]. L'un des principaux défis consiste à acquérir le spectre des fréquences radioélectriques pour le déploiement. Les fréquences publiques ont été mises aux enchères partout dans le monde aux ORM. En cas d'un accord, les entreprises souhaitant mettre en œuvre un PCN pourraient louer

une partie de ces fréquences quand disponible. Puis, il y a les fréquences industrielles qui ont été conservées dans des pays comme le Japon et l'Allemagne. Les régulateurs ont expressément mis celles-là de côté afin que les utilisateurs industriels et autres puissent bénéficier des avantages de la 5G si ces derniers sont prêts à investir dans l'infrastructure nécessaire.

Dans certains pays, les fréquences partagées sont disponibles. L'Ofcom, responsable de la régulation de l'accès aux ondes hertziennes au Royaume-Uni, propose des licences d'accès partagé dans quatre bandes de fréquences pour un fonctionnement à faible et moyenne puissance. Leur objectif est de permettre l'innovation qui améliore la couverture mobile, teste des solutions de transport connectées et autonomes, et implémente des compteurs intelligents [3]. Aux États-Unis, la bande n48 (3550 à 3700 MHz avec des canaux de 5 à 100 MHz) a été rendue disponible de la même manière par la Commission fédérale des communications (FCC). Connue sous le nom de Citizens Broadband Radio Service (CBRS), elle est promue par OnGo Alliance [4].

Étapes pour déployer un PCN

Que le fonctionnement soit prévu dans une bande sous licence ou non, il y a beaucoup de travail à faire avant de déployer le matériel. Selon les directives préparées par Rohde & Schwarz, cela commence par la préparation du déploiement [5]. La chasse aux interférences doit être entreprise dans les bandes de fréquences pertinentes à l'aide d'un ensemble d'équipements, tels que des analyseurs de spectre et des récepteurs portables et à balayage. Cela peut impliquer simplement de se déplacer sur le site ou même d'utiliser des drones. Les interférences doivent être traitées en les éteignant ou en les signalant aux régulateurs locaux.

Une fois tous les problèmes résolus, le matériel PCN peut être déployé. Cependant, avant toute utilisation, des tests d'acceptation sur site doivent être effectués. Les tests de décodage du signal garantissent que le système 5G fonctionne correctement au niveau du protocole et que le rapport signal à bruit plus interférence (SINR) est dans les limites autorisées. La vitesse de téléchargement et de chargement et les temps d'aller-retour permettent à l'équipe

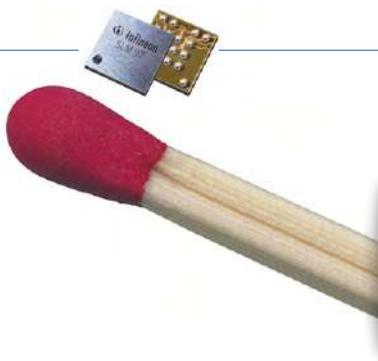


Figure 2. Les cartes SIM intégrées, appelées eSIM, sont soudées directement sur le circuit imprimé. Des circuits tels que l'Infineon SML 97 sont 30 fois plus petits qu'une carte nano SIM équivalente. (Source : Infineon)

d'évaluer l'expérience utilisateur.

Des tests supplémentaires et une surveillance du site doivent également être planifiés pour garantir des performances et une couverture continues, d'autant plus que l'environnement, comme une usine, est rempli d'équipements. Un outil adapté à cette tâche est le QualiPoc Android [6], une application de Rohde & Schwarz. Elle offre une gamme complète de tests allant de la qualité de la voix et des données à l'optimisation RF sur toutes les fréquences porteuses lorsqu'elle est installée sur un combiné approprié. Pour les applications IdO, elles peuvent également être associées à des modules NB-IoT connectés à l'interface USB du smartphone pour examiner la couverture et le bon fonctionnement dans les bâtiments et les sous-sols.

Expulsion de la carte SIM

Il est tout à fait prévu que de nombreux appareils devront fonctionner à la fois sur les réseaux privés et sur les réseaux publics. De plus, certains réseaux ne pourraient être installés que pour soutenir un événement, tel qu'un festival, une foire commerciale ou un tournoi sportif. Ce serait absurde si l'utilisation du PCN exigeait l'installation d'une carte SIM supplémentaire pour pouvoir utiliser temporairement le réseau. C'est là qu'intervient la carte SIM intégrée (eSIM), permettant ainsi d'éliminer les supports de carte SIM et les plateaux de cartes peu pratiques.

Plutôt que de se présenter sous forme de carte, l'eSIM est un composant soudé directement sur le circuit imprimé de l'appareil électronique. Grâce à des protocoles de sécurité bien établis, l'approvisionnement de SIM à distance (Remote SIM Provisioning RSP), permet de donner aux appareils cellulaires l'accès aux réseaux à l'aide de mises à jour transmises Over-The-Air.

Et bien que les cartes SIM puissent sembler peu impressionnantes de l'extérieur, à l'intérieur, elles sont équipées de processeurs 32 bits avancés et à hautes performances avec un large éventail de fonctionnalités de sécurité pour empêcher à la fois les attaques électriques et physiques. Des accélérateurs sont également intégrés pour implémenter le chiffrement des données aussi efficacement que possible à l'aide d'algorithmes modernes tels que la cryptographie symétrique DES/AES et asymétrique RSA et ECC ainsi que des moteurs de hachage pour l'authentification des messages. L'application exécutée à l'intérieur d'une carte SIM utilise une implémentation simplifiée de Java appelée JavaCard. La gamme de solutions SLM d'Infineon est une option, avec le SLI 97 et le SLM 97 [7] ciblant respectivement les applications machine à machine (M2M) industrielles et automobiles (figure 2). Ces circuits sont également proposés dans des boîtiers MFF2 à montage en surface standard M2M mesurant 5×6 mm ou dans des boîtiers à l'échelle de la puce de seulement $2,5 \times 2,7$ mm, une amélioration importante même par rapport à la nano SIM. STMicroelectronics offre une autre alternative avec sa famille ST4SIM-200 [8]. En plus des circuits standards pour les objets intelligents, elle propose également des

produits adaptés aux applications industrielles et des options AEC-Q100 Grade 2 pour l'automobile.

Alternatives aux réseaux cellulaires privés 5G (PCN)

Un PCN complet peut être trop lourd à envisager pour certaines entreprises. Dans de telles situations, des modèles hybrides sont disponibles. Une entreprise peut utiliser des solutions radio privées connectées au noyau public d'un ORM. Dans une usine, cela pourrait fournir une couverture à l'intérieur des bâtiments ou la latence de données nécessaire, sans avoir à mettre en œuvre l'ensemble du réseau (figure 3).

L'un des défis de la 4G est l'impossibilité de réserver une partie de la liaison sans fil pour fournir des garanties de latence, de fiabilité ou de bande passante. Toute personne ayant une connexion était traitée de la même manière. Avec le concept de découpage du réseau dans la 5G, tout cela change (figure 4). Les opérateurs de réseau peuvent virtualiser leur trafic, en créant des connexions qui offrent différents profils de performances.

Une tranche pourrait être dédiée aux communications à faible latence utilisées pour le contrôle en temps réel des robots. En revanche, une autre tranche peut fournir une bande passante élevée pour les caméras

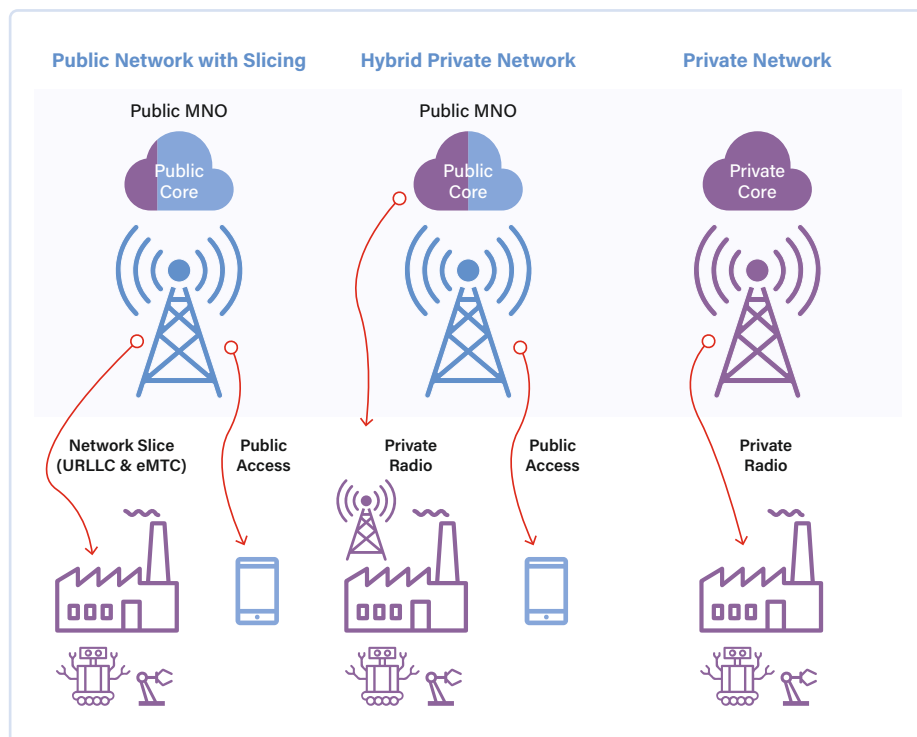


Figure 3. Si l'investissement requis pour un réseau cellulaire privé complet est prohibitif, une approche hybride peut être adoptée en associant un équipement radio privé à un opérateur de réseau mobile public.

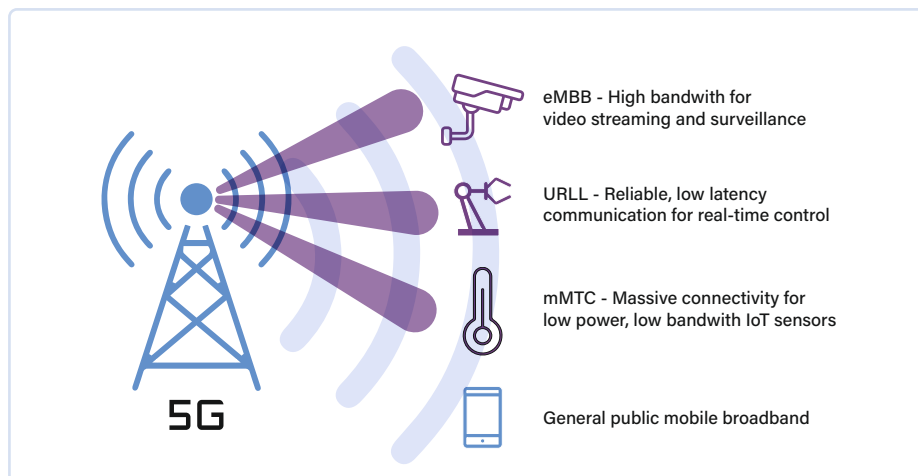


Figure 4 : Avec l'introduction du découpage en tranches du réseau, les opérateurs de réseaux mobiles peuvent fournir les fonctionnalités 5G spécifiques dont les entreprises individuelles ont besoin, tout en continuant à fournir aux utilisateurs publics un excellent haut débit mobile.

vidéo fournissant des données à un système de vision à intelligence artificielle (IA). Les ORM peuvent ainsi partitionner leurs réseaux pour répondre aux besoins de la qualité de service de leurs clients. Si vous le souhaitez, les PCN peuvent également mettre en œuvre le découpage du réseau de façon à garantir que des équipements spécifiques fonctionnent sur la 5G en fonction des besoins. Cependant, comme toute ressource, le nombre de tranches disponibles est limité.

Bien sûr, l'autre technologie qui cherche à voler la vedette est le wifi 6 (802.11ax). Comparé au wifi 5 [9] (802.11ac), il n'offre que 37 % de débit de plus. Cependant, grâce à la formation de faisceaux, le wifi 6 garantit que tous les utilisateurs atteignent des débits de données améliorés car les signaux sont dirigés vers chaque utilisateur au lieu d'être diffusés dans toutes les directions. Cela devrait voir le débit par appareil s'améliorer remarquablement par rapport aux

générations précédentes de la norme. C'est également l'une des approches utilisées par la 5G pour améliorer le débit de données par utilisateur.

Il existe également le wifi 6E qui fonctionne dans la bande 6 GHz sans licence. Aux États-Unis, cela fournit 1200 MHz de bande passante. Dans d'autres régions, la situation est différente. La Chine a conservé la bande 6 GHz pour la 5G, tandis que l'Europe n'a conservé que 500 MHz de la bande pour le wifi, laissant la partie supérieure pour la 5G [10]. Le wifi continuera à jouer un rôle important dans les implémentations de l'IdO. Cependant, le wifi n'a pas été conçu pour les objets en mouvement qui nécessitent un transfert en douceur entre les points d'accès, tels que les véhicules à guidage autonomes (AGV). De plus, sa sécurité et la fiabilité de son réseau ne correspondent pas à celles de la 5G. Ainsi, alors que le wifi 6 peut offrir des avantages à court terme avant que la 5G ne soit pleine-

ment établie, la 5G sera probablement le choix préféré, en particulier dans les applications commerciales et industrielles.

La 5G prend son chemin

S'il est facile de rire de certaines publicités qui tentent de convertir les consommateurs en utilisateurs de la 5G, cela représente un rappel important des efforts que les ORM déploient dans cette nouvelle technologie. Les consommateurs et les utilisateurs professionnels bénéficieront des débits de données proposés qui sont plus élevés. Les ORM bénéficient également de réseaux configurables plus économes en énergie et de la possibilité d'offrir des services distingués aux clients. Mais l'aspect le plus intéressant concerne les PCN, qui permettent aux grands utilisateurs commerciaux de tirer pleinement parti de la faible latence, de la connectivité massive et du haut débit de la 5G. Et bien que ces réseaux soient privés, cela n'empêche pas les ORM traditionnels et les nouveaux acteurs, tels qu'Amazon Web Services [11] (AWS), de participer également à l'action dans cet espace en fournissant le matériel, les logiciels et la technologie backend nécessaires à leur réalisation... ◀

220297-04

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (stuart.cording@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

LIENS

- [1] « EE | 5G. So real you could swear you were there », EE, juin 2019: <https://bit.ly/3MGa4dH>
- [2] M. Mackenzie, C. Chappell, « What are private LTE/5G networks and why are they important? », Analysys Mason, février 2021: <https://bit.ly/3sY1T4B>
- [3] «How Ofcom has enabled innovation through spectrum sharing » Ofcom, août 2020: <https://bit.ly/3MOjQuq>
- [4] Site web de OnGo Alliance: <https://bit.ly/3MLcbNu>
- [5] « Network testing in private networks », Rohde & Schwarz: <https://bit.ly/3GfDz3u>
- [6] « QualiPoc Android », Rohde & Schwarz: <https://bit.ly/3wKUFTT>
- [7] "SLM security controllers optimized for industrial applications," Infineon: <https://bit.ly/3wQK8FI>
- [8] "ST4SIM: SIM & eSIM cellular connectivity portfolio," STMicroelectronics: <https://bit.ly/3wKK8Ik>
- [9] E. Khorov et al., « A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs », IEEE, 2019: <https://bit.ly/3MQpE6A>
- [10] « The Importance of 6 GHz for 5G's Future » GSMA, mai 2021: <https://bit.ly/3sZFLqv>
- [11] Site Web de « AWS Private 5G »: <https://go.aws/3PGu7KZ>