

Systeme 5G

1 - Introduction

La cinquième génération de téléphonie mobile, ou 5G, ou 5GS, est le système défini par le 3GPP à partir de la version 15, fonctionnellement gelé en juin 2018 et entièrement spécifié en septembre 2019.

Le 3GPP définit non seulement l'interface hertzienne, mais aussi l'ensemble des protocoles et interfaces réseau qui permettent l'ensemble du système mobile : contrôle des appels et des sessions, gestion de la mobilité, fourniture de services, etc. Grâce à cette approche, les réseaux 3GPP peuvent fonctionner dans un contexte inter-fournisseurs et inter-opérateurs.

La 5G se définit en plusieurs phases. La version 15 spécifie la phase 5 de la 1G, qui introduit une nouvelle technique de transmission radio et d'autres concepts clés tels qu'une fiabilité de niveau industriel, une modularité étendue ou un temps de réponse plus rapide.

Toutes les générations précédentes ont été conçues pour être utilisées par un public toujours plus large, la 5G va plus loin, prête à être utilisée par tous les secteurs de l'industrie et pour les applications critiques en termes de temps, telles que la conduite autonome.

Pour offrir ces capacités, et plus généralement pour améliorer l'expérience utilisateur, la 5G s'appuie sur un ensemble de technologies dédiées, telles que la « **Network Function Virtualization** » et le « **Slicing** » pour augmenter la modularité, le « **EDGE computing** » pour un temps de réponse plus rapide, les Non-Terrestrial Networks (NTN) / Satellite Communications pour une couverture ubiquitaire, etc.

1 – 1 - En route vers la cinquième génération

Le 3GPP joue un rôle majeur dans la progression générationnelle approximative d'une fois tous les dix ans depuis la première phase des normes mobiles dans les années 1980. Chaque génération a récolté des améliorations dans l'ensemble du système, mesurées dans les versions 3GPP – les groupes ayant récemment commencé à progresser sur les spécifications Rel-18.

Comme son nom l'indique, le 3GPP a commencé à travailler en 1998 sur la troisième génération de mobile, en utilisant des techniques et une voie évolutive qui pourraient être adoptées par toutes les régions. Cette convergence mondiale vers les spécifications 3GPP a permis une croissance fantastique du marché et un niveau croissant d'assurance que le cellulaire à large bande - et maintenant l'Internet multidimensionnel - peut s'appuyer sur une plate-forme de normalisation stable et tournée vers l'avenir.

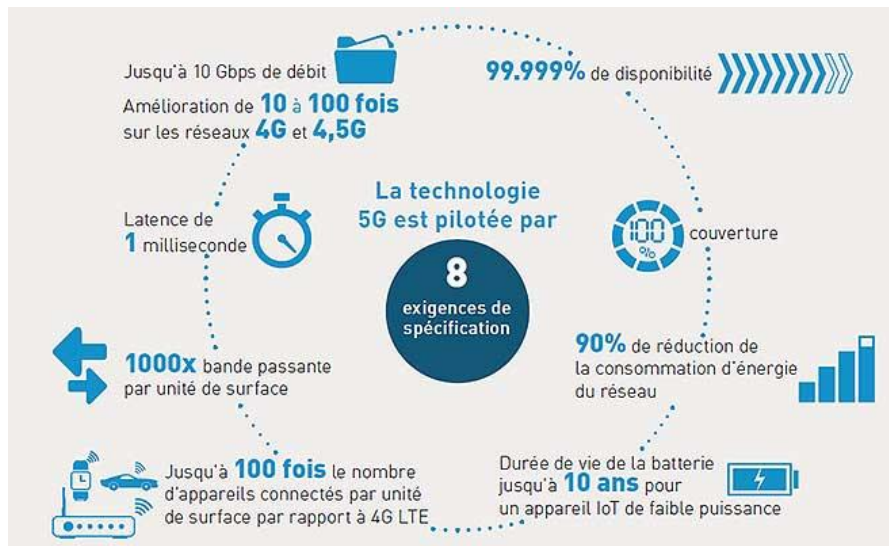
À partir d'un éventail de systèmes mobiles pour les premières générations, tous les opérateurs proposent désormais des systèmes 3GPP, le LTE (4G) étant fourni par plus

de 800 opérateurs, dont 150 proposent déjà la 5G à leurs utilisateurs (Source : GSACOM.com).

1 – 2 - exigences techniques

La technologie 5G repose sur 8 exigences techniques

- Jusqu'à 10 Gbit/s de débit de données - > de 10 à 100 fois plus que les réseaux 4G et 4.5G
- 1 milliseconde de latence
- 1 000 fois plus de bande passante par unité de surface
- Jusqu'à 100 fois plus d'appareils connectés par unité de surface (par rapport à la 4G LTE)
- 99,999 % de disponibilité
- 100 % de couverture
- 90 % de réduction de la consommation d'énergie du réseau
- Jusqu'à 10 ans de durée de vie de la batterie pour les appareils IoT à faible consommation



1 – 3 - Les services 5G

La 5G améliore les services 4G sur plusieurs axes :

- **Haut débit mobile amélioré (eMBB) :**

Des débits de données plus élevés sont spécifiés. Pour la liaison descendante, jusqu'à 50 Mbit/s sont proposés pour l'extérieur et 1 Gbit/s pour l'intérieur (5GLAN), la moitié de ces valeurs étant disponibles pour la liaison montante. Un certain nombre d'études de cas ont été examinées, notamment celle de l'aviation, où l'eMBB permet de fournir un débit binaire de 1,2 Gbit/s à un vol aérien.

- **Communications critiques (CC) et communications ultra fiables et à faible latence (URLLC) :**

dans certains contextes, une fiabilité extrêmement élevée est attendue. Par exemple, pour le contrôle à distance de l'automatisation des processus, une fiabilité de 99,9999 % est attendue, avec un débit de données expérimenté par l'utilisateur allant jusqu'à 100 Mbps et une latence de bout en bout de 50 ms. Ceci est notamment assuré par la capacité Edge Computing.

- **Internet massif des objets (mIoT).**

Plusieurs scénarios exigent que le système 5G prenne en charge des densités de trafic très élevées d'appareils. Les exigences de l'Internet massif des objets comprennent les aspects opérationnels qui s'appliquent à la large gamme d'appareils et de services IoT prévus dans le cadre de la 5G.

- **Fonctionnement flexible du réseau.**

Il s'agit d'un ensemble de spécificités offertes par le système 5G, telles que détaillées dans les sections suivantes. Il couvre des aspects tels que le découpage du réseau, l'exposition des capacités du réseau, l'évolutivité et la mobilité diverse, la sécurité, la diffusion efficace de contenu, la migration et l'interopérabilité.

De plus amples informations sur ces axes sont fournies dans :

- Description de la version 15 ; Récapitulatif des éléments de travail Rel-15 ([TR 21.915](#))
- Exigences de service pour le système 5G ([TS 22.261](#))
- NR et NG-RAN Description générale; Étape 2 ([TS 38.300](#)).

Cette diversité d'exigences, associée aux différentes catégories d'usages décrites ci-dessus, permet au système 5G (5GS) d'être utile à un nouvel ensemble de marchés aka. « **secteurs verticaux** », y compris : l'automobile, les communications ferroviaires et maritimes ; le transport et la logistique ; automatisation discrète ; distribution d'électricité; sécurité publique; la santé et le bien-être; les villes intelligentes; les médias et le divertissement.

En plus des nouveaux services spécifiques à la 5G, le système 5G prend en charge presque tous les services 4G LTE [1 – 9] et la mobilité entre un réseau central 5G et un réseau central 4G (EPC) est prise en charge, avec un impact minimal sur l'expérience utilisateur.

1 – 4 – Plan des fréquences

Pour fonctionner, un réseau mobile s'appuie sur des fréquences et des antennes pour les utiliser. Sans fréquences, donc, pas de 5G. En effet, les communications numériques utilisent des bandes de fréquence pour transmettre les données.

Pour tenir toutes ces promesses et répondre à tous les besoins, le **réseau mobile 5G** a besoin d'utiliser plusieurs bandes de fréquences. Et, c'est encore plus vrai avec la 5G que ça ne l'est avec la 4G. En effet, chaque bande de fréquences a des propriétés bien distinctes.

- Dans les **fréquences basses**, on trouve une **bonne portée du signal**, mais des débits moindres.
- À l'inverse, dans les **fréquences hautes**, on trouve des **débits élevés** mais une portée du signal plus faible.

L'une des promesses du réseau mobile 5G, c'est de garantir des débits élevés, jusqu'à 10 fois plus rapides que ceux de la 4G. C'est notamment pourquoi la 5G va devoir explorer des bandes de fréquences encore jamais utilisées dans les télécommunications civiles

1 – 4 – 1 – plan général

Fréquences	Pénétration à l'intérieur	Portée	Débit	Attribution aux opérateurs	Beamforming
 700 MHz Déjà attribuée aux opérateurs depuis 2015, elle est pleinement disponible depuis mi-2019	★★★★	★★★★	★	✓	✗
 3-5 GHz En cours de réorganisation, elle offre un bon ratio couverture/débit et est souvent identifiée comme la bande "cœur 5G"	★★	★★★	★★★	✗	✓
 26 GHz Jusqu'à présent utilisée pour les liaisons satellitaires ou d'infrastructures, elle permettra des débits très importants dans les cellules de petite taille	★	★	★★★★	✗	✓

1 – 4 – 2 – Attribution en France

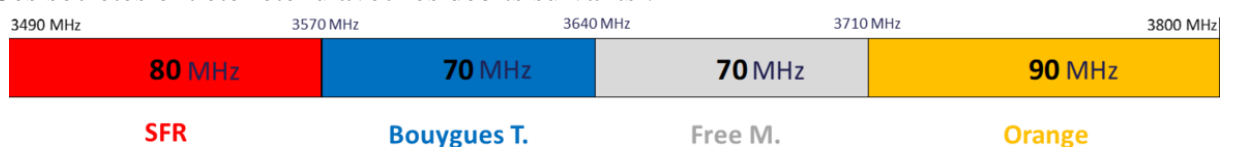
Les fréquences 5G en France :

- La bande des **3,5 GHz** est celle qui a été attribuée en exclusivité à la 5G, à l'issue d'un long processus d'attribution et d'enchères. C'est celle qui offre les meilleurs débits.
- Les **fréquences de la 2G, 3G, 4G** (700 Mhz, 800 Mhz, 900 Mhz, 1,8 Ghz, 2,1 Ghz, 2,6 Ghz), que les opérateurs peuvent basculer en 5G.
- La bande des **26 GHz** est celle qui permettra à la 5G d'exprimer tout son potentiel. Elle sera attribuée à la 5G dans les années à venir

Quatre sociétés ont déposé un dossier de candidature pour l'attribution des fréquences de la bande 3,4 - 3,8 GHz en France métropolitaine avant la date limite du 25 février 2020 à 12 heures :

- Bouygues Telecom ;
- Free Mobile ;
- Orange ;
- SFR.

Ces sociétés ont été retenues avec les débits suivants :



Candidat	Bouygues Telecom	Free Mobile	Orange	SFR	Total
Fréquences	3570 - 3640 MHz	3640 – 3710 MHz	3710 – 3800 MHz	3490 – 3570 MHz	-
Quantité de fréquences	70 MHz	70 MHz	90 MHz	80 MHz	310 MHz
Montant	602 000 000 €	605 096 245 €	854 000 000 €	728 000 000 €	2 789 096 245 €

Bandes de fréquences mobiles en France	
Fréquence	Réseau
Plage 694-790 Mhz	4G LTE
Plage 791-862 Mhz	4G LTE
Plage 876-960 Mhz	2G GSM / 3G UMTS
Plage 1710-1880 Mhz	2G GSM / 4G LTE
Plage 1900-1979 Mhz	3G UMTS
Plage 2110-2169 Mhz	3G UMTS / 5G
Plage 2500-2570 Mhz	4G LTE
Plage 2620-2690 Mhz	4G LTE
Plage 3400-3800 Mhz	5G
Plage 24500-27500 Mhz	5G

Quels sont les engagements imposés par l'Arcep aux opérateurs ?

En tant que régulateur des télécoms, l'Arcep a mis en place un certain nombre d'obligations liées au développement du réseau 5G en France et auxquelles doivent répondre les opérateurs. Au début de l'année 2020, l'Arcep a également fait souscrire les opérateurs à des engagements optionnels en contrepartie d'un bloc de 50 MHz à chacun. Voici à quoi s'engagent les opérateurs en déployant le réseau 5G en France :

Les engagements principaux

- 10 500 sites 5G déployés d'ici à 2025
Sur la bande-fréquences des 3,5 GHz, l'Arcep attend de la part des opérateurs le déploiement au total de 3 000 sites en France métropolitaine d'ici à 2022, 8 000 sites d'ici à 2024 et 10 500 sites d'ici à 2025. Le gendarme des télécoms insiste sur le cas des zones peu denses : 25% des sites sur cette bande de fréquences devront être déployés dans des zones regroupant les communes des territoires d'industrie et des zones rurales.
- Des débits au minimum de 240 Mbit/s
D'ici à 2022, 75% des sites 5G devront profiter d'un débit au moins égal à 240 Mbit/s et 90% des sites devront en bénéficier d'ici à 2025. Cette condition sera généralisée à tous les sites de manière progressive jusqu'en 2030.
- Les axes routiers couverts en 5G
Les opérateurs devront couvrir les axes routiers en réseau 5G. La première étape sera de couvrir l'ensemble des axes de type autoroutiers avec un débit d'au moins 100 Mbit/s sur chaque site. La seconde étape concerne les routes principales où celles-ci devront être couvertes en 5G avec un débit d'au moins 100 Mbit/s sur chaque site d'ici à 2027.
- L'utilisation par les opérateurs du slicing

Jusqu'en 2023, l'Arcep demande aux opérateurs mobile d'utiliser les fonctionnalités les plus innovantes de la 5G comme le slicing, une technique qui consiste à découper virtuellement un réseau de télécommunications en plusieurs tranches (type d'usage, objet) pour leur permettre de profiter de ressources et de performances égales à leurs besoins.

- **Compatibilité avec le protocole IPv6**

L'Arcep oblige les opérateurs à rendre leurs réseaux mobile compatibles avec le protocole de routage IPv6, la nouvelle génération succédant au IPv4, un processus de transfert de données sur les réseaux informatiques.

- **Les engagements optionnels**

En échange d'un bloc de fréquences de 50 MHz, les opérateurs ont souscrit à des engagements optionnels inclus dans le cahier des charges de l'Arcep. Ce processus vise à soutenir le déploiement des équipements en bande 3,5 GHz (3,4-3,8 GHz) dans les années à venir.

- **Le réseau 5G au service de la compétitivité des autres acteurs de l'économie**

La 5G vise à déployer la connectivité dans les entreprises où celle-ci deviendrait une opportunité de croissance. Via ces engagements optionnels, l'Arcep tient à ce que les opérateurs mobile s'engagent à répondre aux besoins raisonnables des acteurs économiques en leur proposant des offres adaptées en performance et en couverture ou bien, en leur confiant ses fréquences de manière locale.

- **Améliorer l'état de la couverture mobile 5G à l'intérieur des bâtiments**

Si les opérateurs continuent d'étendre leur couverture mobile, il n'est pas rare de constater que celle-ci est souvent moins performante à l'intérieur des bâtiments. Pour y remédier, l'Arcep demande aux opérateurs d'améliorer leur couverture mobile à l'intérieur des bâtiments commerciaux et à usages professionnels. Tout cela, dans le but de démocratiser la couverture multi-opérateurs.

- **Favoriser la transparence envers le public**

Le gendarme des télécoms incite les opérateurs Orange, SFR, Bouygues Telecom et Free Mobile à renforcer leur transparence vis-à-vis du grand public sur leurs prévisions concernant le déploiement de leur réseau 5G ainsi que sur leurs pannes.

- **L'Arcep publie les données sur le déploiement de la 5G dans "Observatoire du déploiement 5G" : <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-cartes/deploiement-5g/observatoire-du-deploiement-5g>**

<https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-cartes/deploiement-5g/observatoire-du-deploiement-5g>

2 – Topologie 5G

2 – 1 -Architecture d'ensemble

Schématiquement, le système 5G utilise les mêmes éléments que les générations précédentes : un Equipement Utilisateur (UE), lui-même composé d'une Station Mobile et

d'un USIM, le Réseau d'Accès Radio (NG-RAN) et le Réseau Cœur (5GC), comme le montre la figure ci-dessous.

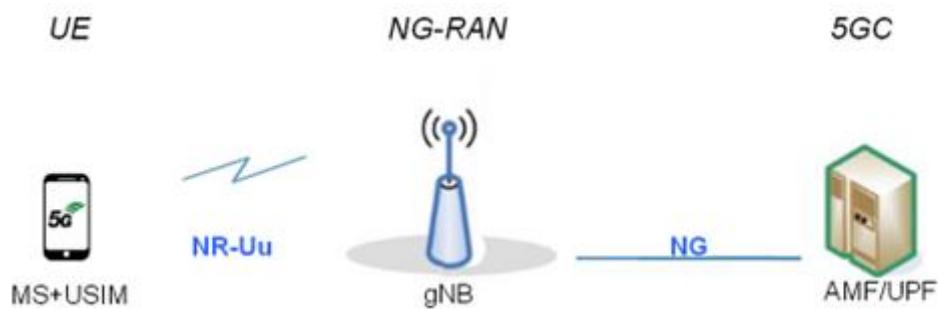


Figure 1 : Vue d'ensemble de la 5GS

L'entité principale du NG-RAN est le **gNB**, où « g » signifie « 5G » et « NB » pour « Node B », qui est le nom hérité à partir de la 3G pour désigner l'émetteur radio. L'interface radio est nommée « **NR-Uu** » pour des raisons similaires, bien qu'avec des divergences : ici, « 5G » est indiqué par « NR » (pour « New Radio ») et Uu est également un nom hérité des générations précédentes. Le gNB peut être divisé en une unité centrale **gNB (GNB-CU)** et une ou plusieurs unités distribuées **gNB (GNB-DU)**, reliées par l'interface F1.

Le 5GC est ici schématiquement représenté par l'entité **AMF/UPF** : la fonction de plan utilisateur (UPF), qui gère les données de l'utilisateur et, dans le plan de signalisation, la fonction de gestion des accès et de la mobilité (AMF) qui accède à l'UE et à l'(R)AN. D'autres entités du 5GC sont présentées ci-dessous. Le point de référence entre l'accès et le cœur de réseau est appelé « NG ». Ce point de référence est constitué de plusieurs interfaces (principalement N2, N3), comme indiqué ci-dessous.

L'architecture 5GC s'appuie sur un cadre d'architecture basée sur les services (SBA), où les éléments de l'architecture sont définis en termes de « fonctions réseau » (NF) plutôt que par des entités réseau « traditionnelles ». Par le biais d'interfaces d'un cadre commun, une NE donne offre ses services à toutes les autres ONF autorisées et/ou à tout « consommateur » autorisé à utiliser ces services fournis. Une telle approche SBA offre modularité et réutilisabilité.

La figure 2, extraite de « Architecture du système pour le système 5G (5GS) » ([TS 23.501](#)), montre les principaux NF:

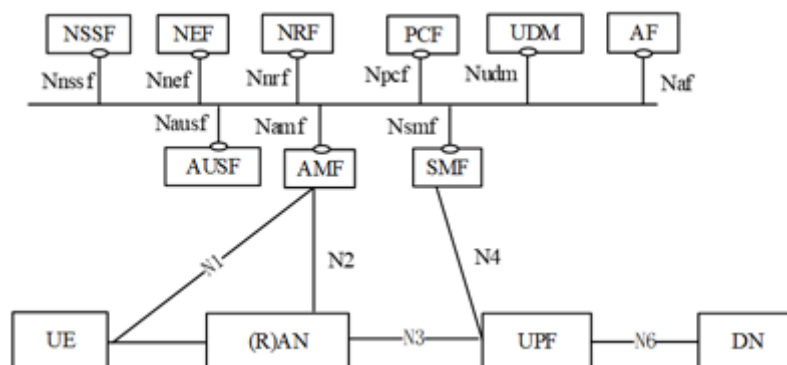


Figure 2 : l'architecture 5GS

Dans la figure ci-dessus, le plan utilisateur, c'est-à-dire les fonctions réseau (NF) et les éléments impliqués dans le transport des données utilisateur, est représenté au niveau inférieur, tandis que la partie supérieure de la figure montre tous les NF essentiels dans le plan de signalisation. Dans cette première approche, les NF suivants sont mis en évidence :

- Les quatre entités déjà introduites, à savoir : l'UE, le NG-RAN ou (R)AN, l'UPF et l'AMF
- Le réseau de données (DN) (externe), principalement dans le plan utilisateur
- La fonction d'application (AF), qui contrôle la ou les applications (avec une éventuelle implication également dans le plan utilisateur)
- La fonction de gestion de session (SMF), qui gère les appels et les sessions, et contacte l'UPF en conséquence
- La gestion unifiée des données (UDM), fonctionnellement similaire au HSS de la 3G et de la 4G (et au HLR de la 2G)
- La fonction de contrôle des politiques (PCF), qui contrôle que le trafic de données utilisateur n'exécède pas les capacités du ou des porteurs négociés
- La fonction de référentiel réseau (NRF), qui « contrôle » les autres NF en fournissant un support pour le service d'enregistrement, de désenregistrement et de mise à jour des NF et de leurs services.
- Les NF liés à la sécurité : Network Exposure Function (NEF), Authentication Server Function (AUSF), Security Anchor Functionality (SEAF) – voir le TechGuide « Security in 5G »
- La fonction NSSF (Network Slice Selection Function) – voir le guide technique « Découpage en 5G »

Le cadre de recharge a migré de la recharge hors et en ligne basée sur Diameter vers un service de recharge convergent avec une interface basée sur les services (SBI) telle que définie dans [la norme TS 32.240](#), afin que les opérateurs puissent monétiser les différents ensembles de fonctionnalités et de services 5GS.

2 – 2 - Piles de protocole 5G

Une pile de protocoles est définie, par exemple, dans [TS 23.501](#) pour les communications entre plusieurs de ces NF et les NF secondaires, qui ne sont pas présentées dans la figure ci-dessus. Nous soulignons ici quelques-uns des principaux :

Plan de contrôle : pile de protocoles UE-AMF et UE-SMF

La pile de protocoles entre l'UE et le SMF, via l'AMF, est illustrée dans la figure suivante [TS 23.501, section 8.2] :

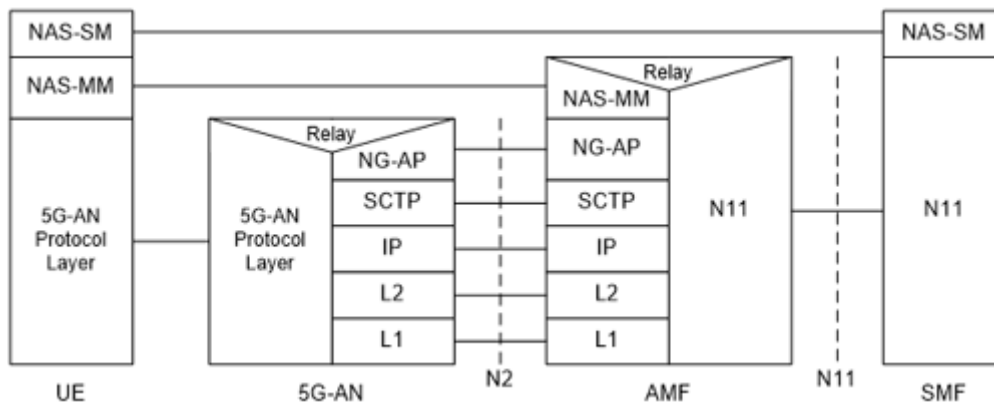


Figure 3 : Pile de protocoles du plan de contrôle entre l'UE, la 5G-AN, l'AMF et le SMF

NAS-SM : il prend en charge la gestion des sessions entre l'UE et le SMF. Il prend en charge l'établissement, la modification et la publication de session PDU sur le plan utilisateur. Il est transmis via l'AMF, et transparent à l'AMF. Il est défini dans le protocole NAS (Non-Access-Stratum for 5G System) (5GS) ; Étape 3' ([TS 24.501](#)).

NAS-MM : il prend en charge la fonctionnalité de gestion des enregistrements, la fonctionnalité de gestion des connexions et l'activation et la désactivation des connexions du plan utilisateur. Il est également responsable du chiffrement et de la protection de l'intégrité de la signalisation NAS. Le protocole NAS 5G est défini dans [TS 24.501](#).

Couche de protocole 5G-AN : Cet ensemble de protocoles/couches dépend de la 5G-AN. Dans le cas du NG-RAN, le protocole radio entre l'UE et le nœud NG-RAN (eNodeB ou gNodeB) est spécifié dans les protocoles E-UTRA ET E-UTRAN ; « Description générale; Stade 2 » ([TS 36.300](#)) et le NR « Description générale ; Stage-2' en [TS 38.300](#). Dans le cas d'un accès non 3GPP, voir l'article 8.2.4.

NG Application Protocol (NG-AP) : Protocole de couche d'application entre le nœud 5G-AN et l'AMF. Le NG-AP est défini dans [la norme TS 38.413](#).

Stream Control Transmission Protocol (SCTP) : Ce protocole garantit la livraison des messages de signalisation entre AMF et le nœud 5G-AN (N2). SCTP est défini dans la [RFC 4960](#) de l'IETF.

Notez qu'il existe également une communication directe entre la 5G-AN et la SMF, appelée information N2 SM : il s'agit du sous-ensemble d'informations NG-AP (non représentées sur la figure) que l'AMF relaie de manière transparente entre la 5G-AN et le SMF, et qui est incluse dans les messages NG-AP et les messages liés à N11.

Plan utilisateur : pile de protocoles UE-AMF et UE-SMF

La figure suivante est extraite de la section 23.501 [du TS 8.3](#). Il illustre la pile de protocoles pour le transport du plan utilisateur lié à une session PDU.

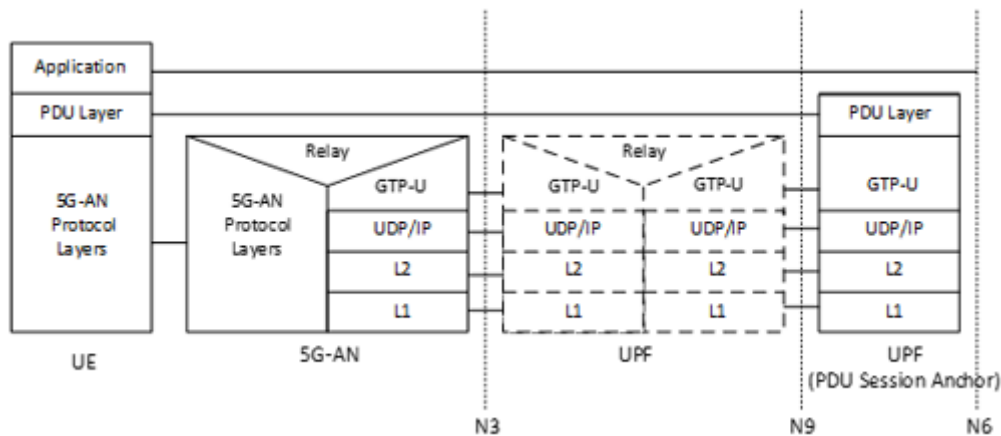


Figure 4 : Pile de protocoles du plan utilisateur entre l'UE, la 5G-AN et l'UPF

Couche PDU : Cette couche correspond à la PDU transportée entre l'UE et le DN sur la session PDU. Lorsque le type de session PDU est IPv4 ou IPv6 ou IPv4v6, il correspond à des paquets IPv4 ou IPv6 ou aux deux ; Lorsque le type de session PDU est Ethernet, il correspond à des trames Ethernet ; etc

Protocole de tunnellation GPRS pour le plan utilisateur (GTP U) : Ce protocole prend en charge le tunnellation des données utilisateur sur N3 (c'est-à-dire entre le nœud 5G-AN et l'UPF) et N9 (c'est-à-dire entre les différents UPF du 5GC) dans le réseau dorsal, plus de détails voir [TS 29.281](#). GTP doit encapsuler toutes les PDU de l'utilisateur final. Il fournit une encapsulation au niveau de chaque session PDU. Cette couche porte également le marquage associé à un flux QoS défini dans l'article 5.7. Ce protocole est également utilisé sur l'interface N4 telle que définie dans [TS 29.244](#).
Pile de protocoles 5G-AN : Cet ensemble de protocoles/couches dépend de l'AN.

Lorsque le 5G-AN est un NG-RAN 3GPP, ces protocoles/couches sont définis dans [TS 38.401](#). Le protocole radio entre l'UE et le nœud 5G-AN (eNodeB ou gNodeB) est spécifié dans TS 36.300 et [TS 38.300](#). L2 est également appelée « couche de liaison de données » et L1 est la « couche physique ».

UDP/IP : Il s'agit des protocoles réseau de base.

2 – 3 - L'interface radio 5G

La technologie radio de la 5G s'appelle NR (pour New Radio). Il est spécifié dans [TS 38.300](#) « NR; NR et NG-RAN Description générale; Étape 2 ».

Pour la couche 1 : pour la liaison descendante (DL), c'est-à-dire le réseau vers l'UE, NR utilise OFDM avec préfixe cyclique (CP) (similaire au LTE). Pour la liaison montante (UL), c'est-à-dire UE vers réseau, l'OFDM peut également être utilisé, ainsi que le DFT-s-OFDM (OFDM avec précodage par transformée de Fourier discrète). Le DFT-s-OFDM améliore la couverture UL, mais il a un rapport de puissance crête/moyenne (PAPR) plus faible et est limité à la transmission monocouche uniquement.

L'une des principales caractéristiques de la couche 5 de la 1G est qu'elle s'étend sur plusieurs gammes de fréquences, afin de permettre un déploiement dans les fréquences

par pays ou par région. Les porteuses vont de 400 MHz à 100 GHz, mais les bandes autorisées vont de 600 MHz à 39 GHz. Ces fréquences sont des bandes de télévision analogique (UHF) réexploitées et certains systèmes satellites, sans interférence puisqu'elles sont utilisées à différents endroits.

Pour le terrestre, 3 grandes gammes de fréquences sont identifiées :

- Jusqu'à 1 GHz : avec ses meilleures caractéristiques de propagation, cet ensemble est destiné à couvrir de grandes zones, généralement pour un déploiement rural. La largeur de bande maximale d'une porteuse est de 100 MHz.
- De 1 à 6 GHz : cette gamme intermédiaire est destinée au déploiement de la 5G dans un contexte urbain ou périurbain. Ici aussi, la bande passante maximale est de 100 MHz.
- Supérieure à 6 GHz : avec une propagation plus faible mais une bande passante plus élevée pour l'utilisateur (bande passante maximale de 400 MHz), cette gamme est destinée à un environnement urbain dense (couverture de type « hot-spot »).

Des détails de plus haut niveau sur la 5G NR, y compris la couche 1, sont fournis dans le Résumé des éléments de travail Rel-15 : [TR 21.915](#).

2 – 4 - L'architecture « Non-Stand Alone » (NSA) versus l'architecture « Stand-Alone » (SA)

Deux options de déploiement sont définies pour la 5G :

- **l'architecture « Non-Stand Alone » (NSA)**, où le réseau d'accès radio 5G (AN) et son interface New Radio (NR) sont utilisés en conjonction avec le réseau central d'infrastructure LTE et EPC existant (respectivement 4G Radio et 4G Core), rendant ainsi la technologie NR disponible sans remplacement du réseau. Dans cette configuration, seuls les services 4G sont pris en charge, mais ils bénéficient des capacités offertes par la nouvelle radio 5G (latence plus faible, etc.). La NSA est également connue sous le nom de « E-UTRA-NR Dual Connectivity (EN-DC) » ou « Architecture Option 3 ». Voir aussi la clause sur l'EDCE5.
- **l'architecture « Stand-Alone » (SA)**, où le NR est connecté au CN 5G. Ce n'est que dans cette configuration que l'ensemble complet des services 5G Phase 1 est pris en charge.

2 - 4 – 1 - L'architecture de la NSA est illustrée dans la figure suivante.

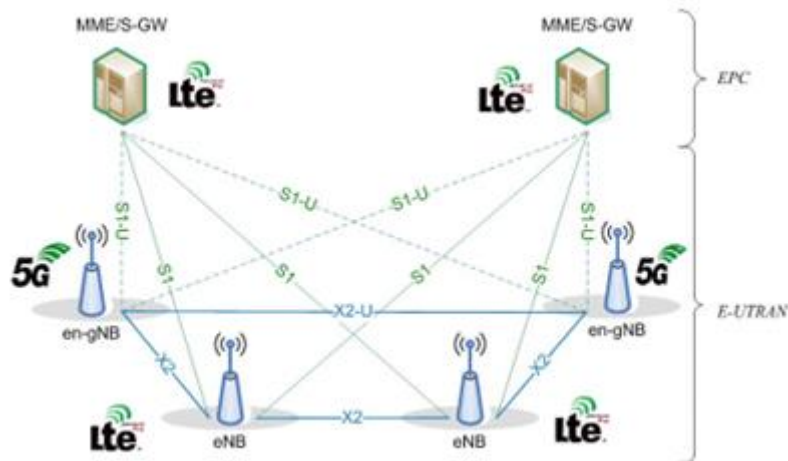


Figure 5 : L'architecture de la NSA

L'architecture de la NSA peut être considérée comme une étape temporaire vers un déploiement « full 5G », où le réseau d'accès 5G est connecté au réseau central 4G. Dans l'architecture NSA, la station de base NR (5G) (nœud logique « en-gNB ») se connecte à la station de base LTE (4G) (nœud logique « eNB ») via l'interface X2. L'interface X2 a été introduite avant la version 15 pour connecter deux eNB. Dans la version 15, il prend également en charge la connexion d'un eNB et d'un en-gNB pour fournir NSA.

La NSA offre une double connectivité, via à la fois la 4G AN (E-UTRA) et la 5G AN (NR). C'est pourquoi on l'appelle aussi « EN-DC », pour « E-UTRAN and NR Dual Connectivity ».

En EN-DC, l'eNB de la 4G est le nœud maître (MN) tandis que l'en-gNB de la 5G est le nœud secondaire (SN).

2 - 4 - 2 - L'architecture SA est illustrée dans la figure suivante.

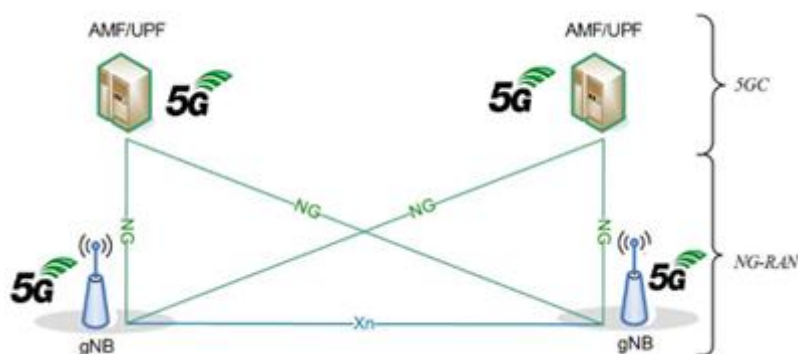


Figure 6 : L'architecture de l'AS

L'architecture SA peut être considérée comme le « déploiement complet de la 5G », ne nécessitant aucune partie d'un réseau 4G pour fonctionner.

Les stations de base NR (nœud logique « gNB ») se connectent entre elles via l'interface Xn, et le réseau d'accès (appelé « NG-RAN pour architecture SA ») se connecte au réseau 5GC à l'aide de l'interface NG.

3 - Quelques spécificités du réseau 5G

Le reste de cette section fait référence à l'architecture 5G SA,

Plus qu'une nouvelle interface radio, le réseau 5G introduit un certain nombre de nouvelles technologies clés. Certains d'entre eux sont brièvement présentés ici :

- **Découpage du réseau** : Il s'agit de la capacité à déployer et à utiliser simultanément différents CN, chacun spécialisé dans le provisionnement d'un ensemble donné de services et/ou d'un ensemble donné d'abonnés. Par exemple, une tranche peut prendre en charge les abonnés de l'opérateur de réseau « habituel », une autre tranche peut être dédiée à la prise en charge des abonnés d'un opérateur virtuel, une troisième peut gérer un service spécifique, comme le suivi des conteneurs via M2M, etc.
- **Virtualisation** des fonctions réseau : Comme le montre la figure 2, toutes les fonctions réseau communiquent par le biais d'une interface commune et peuvent donc être situées n'importe où. Cela permet une plus grande flexibilité dans le déploiement du réseau. La maintenance est également grandement simplifiée, car un NF temporaire peut être facilement mis en place.
- **Informatique en périphérie** : Une partie de la puissance de calcul est introduite aussi « physiquement » que possible de l'utilisateur final. En effet, certaines applications comme la réalité virtuelle, les usines du futur ou la conduite autonome, sont très exigeantes en termes de temps de réponse de la propagation/réseau. Pour réduire ce temps, certaines « répliques locales » d'un serveur principal sont introduites plus près de l'utilisateur final.

4 – 5G Privative

La 5G privative est une technologie sans fil de l'ère du cloud conçue pour l'entreprise et hautement adaptable aux changements. Elle permet aux entreprises de contrôler et de personnaliser leurs paramètres de sécurité, leurs politiques et d'autres aspects des communications sans fil. La sécurité et la fiabilité stimulent les investissements dans la 5G privée, qui ne vont pas sans intéresser de plus en plus d'organisations ¹Les réseaux 5G privés sont particulièrement utiles dans les environnements industriels pour soutenir des cas d'utilisation dans la robotique et la conduite autonome. L'énergie (39 %) et les transports (33 %) sont les deux secteurs les plus susceptibles de piloter des réseaux 5G privés.

Avantages des réseaux privés

- **La latence faible.** Les entreprises peuvent utiliser la 5G pour voir les flux de surveillance sans fil en temps réel, contrôler la robotique et contrôler les véhicules autonomes. Capteurs connectés à l'Internet des Objets (IoT) pourront s'enregistrer et obtenir des mises à jour plus rapidement qu'auparavant.
- **La vitesse:** Les entreprises pourront envoyer des volumes massifs de données plus rapidement que jamais, grâce à la 5G privée.
Grâce à une connexion 5G dédiée, les administrateurs système peuvent organiser la réplication des données, les sauvegardes incrémentielles et la reprise après sinistre hors site.
Les fichiers de travail volumineux peuvent être partagés du bureau aux travailleurs distants en quelques minutes, et les programmes d'aide à distance qui reposent sur des transferts de données volumineux peuvent s'exécuter plus rapidement.
- **Capacité :** Le nombre d'appareils que la 5G peut prendre en charge est l'un des changements les plus importants qu'elle apporte au marché. La 5G privée permettra aux entreprises de gérer des centaines, voire des milliers d'appareils dans leurs installations ; avec des mesures de capacité considérablement améliorées par rapport à la 4G.
- **Sécurité :** Un réseau privé est conçu pour être séparé du réseau public, offrant une sécurité accrue. Parce qu'un réseau privé peut être construit avec des mesures de sécurité qu'un réseau public ne peut pas. Un réseau privé, par exemple, peut être configuré de manière à ce que seuls les appareils approuvés puissent s'y connecter.
- **Contrôle:** Un autre avantage d'un réseau cellulaire privé est qu'il donne au propriétaire du réseau un contrôle total. Le propriétaire du réseau contrôle qui a accès au réseau et autorise quel type de trafic.

4 – 1 – Types d'application

Les réseaux mobiles professionnels (ou **PMR** pour "professionnal mobile radio") sont des réseaux indépendants exploités pour des usages professionnels mais aussi par certains services de l'Etat, des hôpitaux, des collectivités locales, des établissements publics. Comme pour les autres utilisations du spectre, leur utilisation est soumise à autorisation délivrée par l'Arcep.

Sans être exhaustif, les marchés verticaux sont :

- **Hôpital :** Des salles d'opérations équipées de systèmes d'imagerie avancées (rayons X sur arceau *C-arm X ray*), des tomodensodimètres CT (*Computed Tomography*), scanners à résonances magnétiques MRI (*magnetic resonance imaging*), des caméras endoscopiques à hautes résolutions (8 k) supportant une haute résolution en couleur (10 bits par canal – HDR *High Dynamic Range*) et un nombre d'images par seconde élevée (120 images par seconde *HFR High Frame Rate*), des scanners

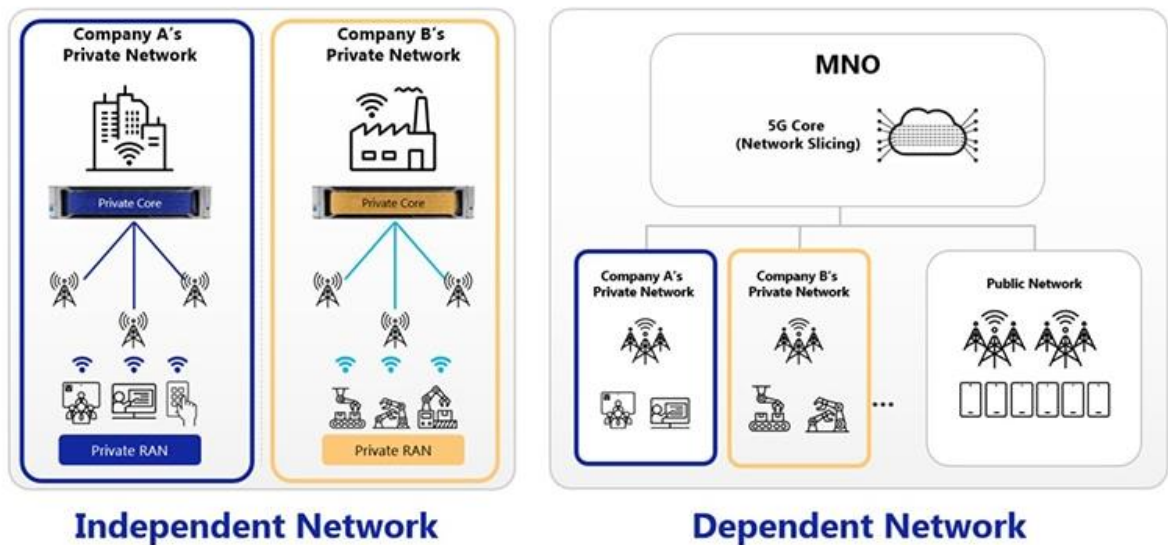
- **Le Smart-Grid** pour la régulation du réseau électrique en temps réel ([cf. article CPS](#))
- **Application Professionnelle Audio et Video VIAPA** (*video, imaging and audio for professional applications*) [1]. La production audiovisuelle comprend des studios de télévision et de radio, des reportages en direct, des événements sportifs, des festivals de musique, ...
- **IIoT : L'entreprise 4.0 et l'entreprise 5.0**
 - Coopération Humains/Machine – robot collaboratif COBOT (URLLC)
 - Contrôle de machine à distance (URLLC)
 - Jumeaux Numériques (eMBB)
 - AR/VR (réparations ou transfert de compétences) (eMBB)
 - Maintenance prédictive d'une chaîne de production (mMTC)

4 – 2 – Types de réseaux privés

Les réseaux 5G privés sont divisés en deux grandes catégories : indépendants et dépendants. Dans un réseau indépendant, l'entreprise ou l'organisation est responsable de la sélection du spectre à utiliser (sous licence, sans licence ou partagé), de l'acquisition ou de la location du spectre, de l'installation de solutions réseau (réseau d'accès radio et cœur), de la gestion des utilisateurs et de la maintenance du réseau. L'entreprise a le choix de posséder et d'exploiter des réseaux 5G privés avec une équipe informatique interne ou de collaborer avec des intégrateurs de systèmes et des fournisseurs de services gérés pour déployer et gérer ses réseaux 5G privés. Quel que soit le choix, l'entreprise disposera d'une couche supplémentaire de sécurité des données, puisque toutes les données restent sur site. De plus, l'entreprise peut contrôler ses paramètres réseau, comme l'utilisation de communications ultra-fiables et à faible latence (URLCC) pour les applications métier, y compris le contrôle des véhicules autonomes ou l'automatisation industrielle ; et un positionnement de haute précision dans les usines. En outre, l'entreprise peut décider d'autoriser la connexion à un réseau public à des fins d'itinérance ou d'autoriser les utilisateurs externes à accéder au réseau privé.

Un réseau 5G privé dépendant est construit et entretenu par un opérateur de téléphonie mobile (ORM) . L'ORM pourrait soit dédier du spectre à l'entreprise, soit utiliser la technologie de découpage du réseau, qui est une technologie avancée qui crée plusieurs réseaux virtuels dans un seul réseau 5G physique. L'opérateur de réseau mobile installe et entretient le réseau et gère l'accès des utilisateurs sur la base d'un modèle d'affaires convenu d'un commun accord. Bien que les données ne soient pas toujours conservées sur le site de l'entreprise et que le contrôle de l'entreprise puisse être minime, les réseaux 5G privés détenus et exploités par l'opérateur offrent de nombreux avantages aux entreprises.

Types of Private 5G Networks



4 – 3 – la 5G industrielle

Les objets connectés à l'image des robots sont de plus en plus présents dans le secteur industriel. Véritable prolongement de l'homme, ils permettent de le libérer de tâches sans valeur ajoutée ou pénibles, de gagner en temps, en efficacité et en sécurité, d'améliorer la maintenance des infrastructures et des équipements. En pratique, la 5G accélère considérablement le déploiement et la personnalisation robotique dans l'industrie du fait de sa totale indépendance de connectivité vis-à-vis d'un réseau local, de son débit important et rapide, de sa faible latence. Des performances élevées qui permettent à l'homme de sécuriser la reprise en main de ses robots et de programmer un parc de robot en direct. Mais aussi d'acquérir une importante quantité de données en temps réel favorisant la généralisation de nouveaux usages : véhicules autonomes, gestion des stocks en temps réel à distance, maintenance prédictive de certaines unités de production, jumeaux numériques...

Dans l'industrie, la 5G est en pratique le maillon commun de nombreuses évolutions :

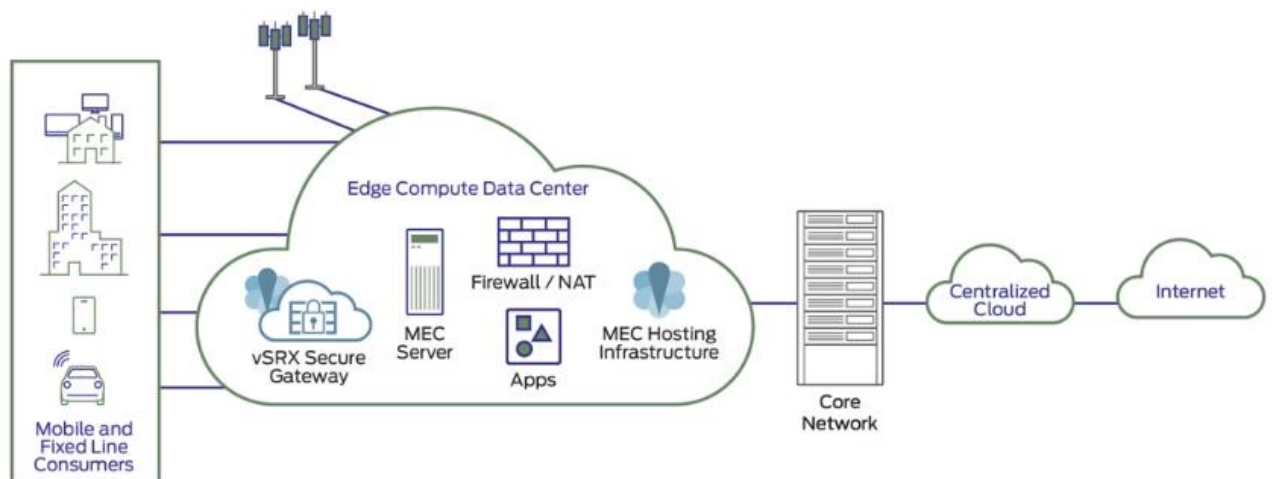
- Couplée à de l'Intelligence Artificielle (IA), la 5G permet aux machines de devenir apprenantes et donc de plus en plus performantes et précises.
- Associée au Cloud ou à l'Edge computing, la 5G aide les industriels à mieux valoriser leurs données en permettant une transmission instantanée. C'est cette dernière qui favorise un suivi de production ultra précis, le pilotage de machines à distance et une meilleure gestion des ressources et incidents grâce à des capteurs connectés.
- Combinée à une plateforme de jumeau numérique, la 5G permet d'optimiser la production industrielle et de gagner en performance grâce à une représentation graphique digitale.

Robots industriels, technicien augmenté, véhicules guidés intelligents, drones... Grâce à la 5G, le secteur de l'industrie prend un nouveau virage ! L'usage de chariots autonomes et de la

réalité augmentée (entre autres) influe même directement sur la façon dont les industriels vont pouvoir concevoir à l'avenir les usines et en assurer leur maintenance.

5 – MEC 5G

Le **MEC (Multi-access Edge Computing)** est une solution de réseau qui fournit des services et des fonctions de calcul requis par les utilisateurs sur les nœuds de bord. Il rapproche les services d'applications et le contenu des utilisateurs et met en œuvre une collaboration de réseau, offrant aux utilisateurs une expérience de service fiable et ultime. Le MEC est une façon de répondre aux exigences de performance et de latence des réseaux 5G et d'améliorer l'expérience client. Le MEC et la 5G peuvent travailler ensemble pour fournir de nouvelles applications et services². Le MEC est un élément clé pour répondre aux indicateurs clés de performance (KPI) exigeants de la 5G, en particulier en ce qui concerne la faible latence et l'efficacité de la bande passante. Le groupe ETSI ISG MEC (Industry Specification Group for Multi-access Edge Computing) est le foyer des normes techniques pour le MEC. Le groupe a déjà publié un ensemble de spécifications (Phase 1) axées sur la gestion et l'orchestration (MANO) des applications MEC.



Une « application MEC » est un sous-type d'application dans le domaine des « applications connectées modernes ».

Par conséquent, les principaux besoins pour ce type d'applications sont :

- **Véhicules autonomes** - La 5G MEC peut contribuer à améliorer les fonctions opérationnelles telles que la détection continue et la surveillance du trafic en temps réel. Cela permet de réduire les problèmes de latence et d'augmenter la bande passante.
- **Maisons intelligentes** - La technologie MEC peut traiter les données localement, ce qui renforce la confidentialité et la sécurité. Elle réduit également la latence des communications et permet une mobilité et une relocalisation rapides.

- **AR/VR** - Le déplacement des capacités et des processus de calcul vers la périphérie amplifie l'expérience immersive pour les utilisateurs et prolonge la durée de vie des batteries des dispositifs AR/VR.
- **Énergie intelligente** - La MEC résout les problèmes de congestion du trafic et les retards dus à l'énorme production de données et à la connectivité intermittente. Elle réduit également les cyberattaques en appliquant des mécanismes de sécurité plus proches de la périphérie.

Les besoins liés au réseau sont généralement assurés par des environnements tels que 5G Private MEC et 5G Public MEC, mais le Wi-Fi et le réseau câblé sont également complémentaires.

Annexe1 : Bibliographie :

- 3GPP : <https://www.3gpp.org>
- <https://fr.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>
- <https://www.ariase.com/mobile/dossiers/5g-frequences>
- <https://5g.systemsapproach.org/arch.html>
- [5G-LEO | ESA CSC](#)

Documentation de l'asprom

- Rapport sur la mission 5G
<https://www.asprom.com/dossier/rapport5G.pdf>
- 5G industrielle – Quelles opportunités pour les PME et PMI -
<https://www.asprom.com/dossier/5Gindus2.pdf>
- 5G industrielle – Tous savoir pour vous
<https://www.asprom.com/dossier/5Gindus1.pdf>

Rapport Gartner

- Majic Quadrant les plates formes du réseau 5G pour les fournisseurs de services de t »lecommunication- du 22 février 2023

<https://www.asprom.com/majic/Ericson.pdf>

Annexe 2 – 5G – LEO

5G-LEO - Extension OpenAirInterface™ pour les liaisons par satellite 5G

Objectifs

5G-LEO vise à accélérer le développement de l'OAI en tant qu'outil open-source permettant l'échange et la comparaison des résultats de la 5G NTN par la communauté **SatCom** et facilitant la collaboration dans les activités de R&D. La bibliothèque logicielle OAI étendue est considérée comme un instrument important pour développer les premiers prototypes permettant de valider les aspects clés de la conception de la 5G NTN et de fournir un retour d'information rapide au processus de normalisation du 3GPP. Les principaux objectifs du projet 5G-LEO sont les suivants :

- Passez en revue les scénarios de référence et les cas d'utilisation identifiés pour les déploiements de systèmes NR-NTN par le 3GPP et sélectionnez un scénario de référence 5G LEO à mettre en œuvre et à vérifier avec la bibliothèque OAI étendue.
- Identification des lacunes fondamentales et des changements nécessaires dans la base de code pour étendre correctement l'OAI pour le scénario de référence de la 5G LEO.
- Mise en œuvre des adaptations de code OAI requises pour les différentes couches de la pile de protocoles 3GPP afin de prendre en charge la 5G LEO et suivre de près les développements de la normalisation 3GPP pour la 5G-NTN au sein de la Rel-17 et potentiellement de la Rel-18.
- Mise en place d'un démonstrateur 5G LEO de bout en bout en laboratoire pour la validation expérimentale de l'extension OAI pour le scénario de référence 5G-LEO.

Défis

Le principal défi de la 5G-LEO est la mise en œuvre de composants 5G NR, gNB et UE adaptés aux systèmes satellitaires en orbite terrestre basse, tandis que la normalisation de ces caractéristiques NTN est toujours en cours au sein du 3GPP. Plus précisément, l'atténuation des dégradations RF des satellites et le décalage Doppler considérable du signal 5G représentent des défis spécifiques pour la mise en œuvre qui doivent être compensés au niveau des différentes couches et au niveau de la 5G NR UE et gNB.

Comme les satellites LEO ont des faisceaux relativement petits et se déplacent rapidement, le 3GPP suppose actuellement que l'orientation du faisceau est disponible

sur le satellite, de sorte que la cellule 5G est stable sur la Terre pendant que le satellite est visible. Lorsqu'un satellite disparaît, le satellite suivant fournit déjà un autre faisceau/cellule au même endroit et utilise un identifiant de cellule différent et l'UE doit effectuer un transfert de satellite. Celle-ci est gérée par les couches supérieures.

Avantages

La 5G-LEO aide au prototypage et à l'expérimentation des réseaux de communication 5G LEO en suivant de près le travail du 3GPP sur les réseaux non terrestres (NTN) et en soutenant ainsi l'évolution de la nouvelle norme 5G Radio concernant NTN.

Le principal résultat de cette activité est une nouvelle version améliorée de la bibliothèque logicielle OAI open source accessible au public avec de nouvelles fonctionnalités pour prendre en charge les réseaux de communication par satellite 5G LEO. Après validation fonctionnelle et en temps réel en laboratoire, les risques liés à l'utilisation de liaisons satellites en direct sont considérablement réduits.

Fonctionnalités

La solution 5G-LEO se caractérise par les caractéristiques suivantes :

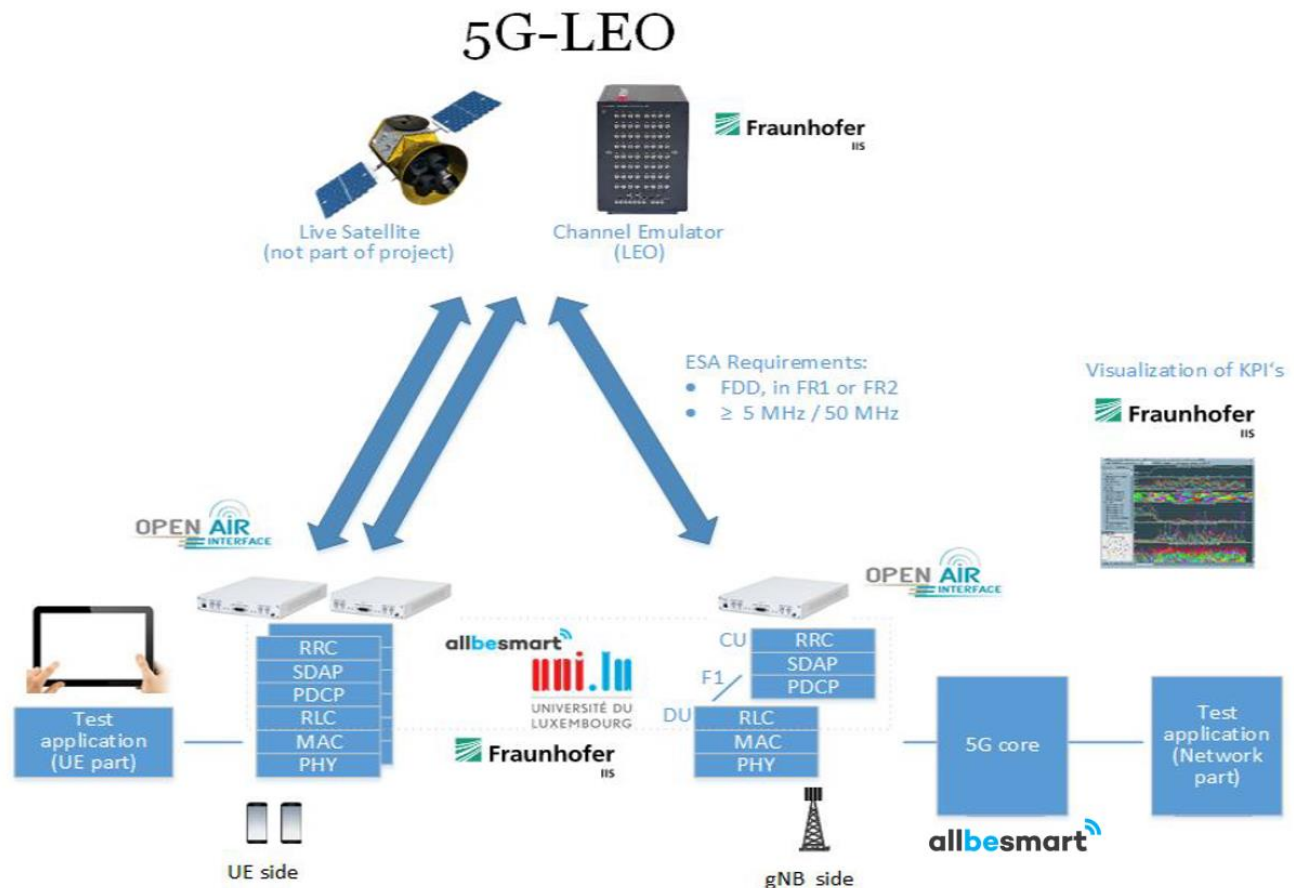
- Tout d'abord, un concept important de la 5G-LEO est de faire évoluer une plateforme existante de mise en œuvre de logiciels open source, l'OpenAirInterface™, qui dispose d'une communauté de soutien très importante. On s'attend à ce que cette approche permette d'obtenir un impact significatif;
- La principale caractéristique de la plate-forme 5G-LEO est qu'elle permet de tester de bout en bout et de vérifier les performances de l'accès direct 5G adapté aux systèmes satellitaires en orbite terrestre basse à l'aide d'un environnement d'émulation ;
- Parmi les autres caractéristiques importantes, citons l'atténuation des dégradations RF du signal 5G par satellite dans le cadre de la mise en œuvre, en combinaison avec la gestion de taux de décalage et de transfert Doppler considérables grâce à la compensation aux différentes couches de la pile de protocoles au niveau de la 5G NR UE et gNB.

Architecture du système

Le traitement en bande de base de la pile logicielle open source OpenAirInterface (OAI) pour gNB et UE est effectué sur des PC multicœurs standard, qui sont connectés à des émetteurs-récepteurs SDR commerciaux, USRP de National Instruments. Côté réseau, l'interface FI entre 1 et 6 GHz est connectée à l'émulateur de canal par satellite capable d'émuler les satellites LEO. Du côté de l'UE, les interfaces IF sont également connectées à l'émulateur de canal. Les fonctionnalités sont testées pour les effets en temps réel (relations temporelles dans la couche radio, effets par configuration

matérielle, évaluation des performances concernant les effets RF tels que le grand décalage Doppler, les dérives de retard, etc.). La configuration avec gNB, UE et 5G CN OAI est conçue pour une utilisation ultérieure sur de vraies liaisons satellites.

La figure ci-dessous montre l'architecture du démonstrateur 5G-LEO de bout en bout avec le cœur 5G du réseau à droite hébergeant les applications de démonstration et pouvant visualiser les indicateurs de performance clés, et deux appareils/terminaux d'utilisateur final à gauche exécutant la partie utilisateur de l'application de démonstration.



Plan

Le projet se compose de deux phases. La première phase se concentre sur le scénario de référence, l'identification des lacunes du logiciel OAI et les spécifications techniques et comprend une revue de conception. La première phase est prévue pour durer 4 mois.

La deuxième phase se concentre sur la mise en œuvre, la conformité et la démonstration du logiciel et comprend un examen final. La deuxième phase devrait durer 10 mois.

Situation actuelle

Le projet a démarré en décembre 2021.

Après avoir terminé le scénario de référence 5G-LEO et les spécifications techniques associées, et passé avec succès la revue de conception (DR), l'équipe 5G LEO travaille maintenant sur les activités de la deuxième phase, la mise en œuvre, la conformité du logiciel et la démonstration

Annexe 3 – présentation du 3GPP

Le Projet de partenariat de 3e génération (3GPP) réunit sept organisations d'élaboration de normes de télécommunications (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC), connues sous le nom de « partenaires organisationnels », offrant à leurs membres un environnement stable pour produire les rapports et les spécifications qui définissent les technologies 3GPP.

Les spécifications 3GPP couvrent les technologies de télécommunications cellulaires, y compris l'accès radio, le réseau central et les capacités de service, qui fournissent une description complète du système pour les télécommunications mobiles. Les spécifications 3GPP fournissent également des points d'accroche pour l'accès non radio au réseau central et pour l'interfonctionnement avec les réseaux non 3GPP

Portée du projet

À l'origine, le projet 3GPP (1998) visait à produire des spécifications techniques et des rapports techniques pour un système mobile 3G basé sur des réseaux centraux GSM évolués et sur les technologies d'accès radio qu'ils prennent en charge (c'est-à-dire l'accès radio terrestre universel (UTRA) à la fois en mode duplex par répartition en fréquence (FDD) et en mode duplex par répartition dans le temps (TDD)).

Le champ d'application a ensuite été modifié pour inclure la maintenance et le développement des spécifications techniques et des rapports techniques pour les technologies 3GPP évoluées, au-delà de la 3G.

- Le dernier accord de projet de partenariat de 3e génération (annexe 42).
- Les discussions qui ont conduit à la signature de l'accord de projet [3GPP](#) ont été consignées dans une série de diapositives intitulée « Description du projet de [partenariat](#) » qui décrit les principes et les idées de base sur lesquels le projet est basé. Le document n'a pas été maintenu depuis sa création, mais les principes qu'il contient restent toujours valables.

Organisation

Les procédures de travail du 3GPP sont le livre de règles du [3GPP](#), avec des sections couvrant :

- Description, but, portée et objectifs
- Participation
- Structure
- Responsabilités collectives des partenaires
- Groupe de coordination de projet (GCP)
- Groupes de spécifications techniques (y compris les élections)
- Programme de travail et coordination technique

- Livrables (spécifications techniques et rapports techniques)
- Rapports

La production des spécifications et des études (TR) du 3GPP est pilotée par les contributions des entreprises membres, au sein de groupes de travail et au niveau du groupe de spécification technique (STG). Les groupes de spécifications techniques du 3GPP sont les suivants :

- Réseaux d'accès radio (RAN)
- Aspects des services et des systèmes (SA)
- Cœur de réseau et terminaux (CT)

Les groupes de travail, au sein des groupes de travail, se réunissent régulièrement et se réunissent pour leur réunion plénière trimestrielle du groupe de travail, au cours de laquelle leurs travaux sont présentés pour information, discussion et approbation. La dernière réunion de la semaine des réunions plénières du TSG est celle de TSG SA, qui est également responsable de la coordination globale des travaux techniques et du suivi de leur avancement.

Les technologies 3GPP de ces groupes évoluent constamment à travers des générations de systèmes cellulaires / mobiles commerciaux (voir le tableau ci-dessous). Avec le travail LTE et 5G, le 3GPP est devenu le point focal pour la grande majorité des systèmes mobiles au-delà de la 3G.

Bien que ces générations soient devenues un descripteur adéquat pour le type de réseau en discussion, les progrès réels sur les normes 3GPP sont mesurés par les étapes franchies dans des versions particulières. Les nouvelles fonctionnalités sont « gelées » et sont prêtes à être mises en œuvre lorsqu'une version est terminée. Le 3GPP travaille sur un certain nombre de versions en parallèle, commençant les travaux futurs bien avant l'achèvement de la version actuelle. Bien que cela ajoute une certaine complexité au travail des groupes, une telle façon de travailler garantit que les progrès sont continus et stables.

Partenaires

Alliance 5G pour les industries connectées et l'automatisation (5G-ACIA)

<https://5g-acia.org/>

Association automobile 5G (5GAA)

<https://5gaa.org/>

5G Amériques

<http://www.5gamericas.org>

Alliance de mise en réseau déterministe (5GDNA)

<https://www.5gdna.org/>

6G Smart Network and Services Industry
Association (6G-IA) (en anglais seulement)

<https://6g-ia.eu/>

Association de découpage 5G (5GSA)

<https://www.5g-sa.org/>

Groupe d'action pour les médias sur la 5G
(GM-G 5G))

<https://www.5g-mag.com>

Consortium d'informatique de périphérie
automobile (AECC)

<https://aecc.org>