



Janvier 2020

Notice d'information 5G

Aperçu général

Résumé

Chaque année, la quantité de données que nous échangeons sur le réseau de radiocommunication mobile double. L'introduction de la 3^e (UMTS) et de la 4^e (LTE) génération, vers le milieu des années 2000 et dès 2012 respectivement, a permis jusqu'à présent de répondre aux besoins. Aujourd'hui cependant, ces technologies atteignent leurs limites. L'introduction de la 5G permet notamment d'accroître le nombre de connexions actives et d'augmenter nettement les capacités de transmission de données.

Les réseaux 5G constituent une étape importante dans l'évolution de la communication mobile puisqu'ils ouvrent la porte à de nouveaux champs d'utilisation, en particulier dans le domaine de l'internet des objets (IoT), des communications entre machines (M2M), ainsi que des applications à bande ultra-larges ou des applications en temps réel.

La présente feuille d'information décrit le contexte, les propriétés, les domaines d'application et les innovations de la nouvelle norme de radiocommunication mobile 5G.

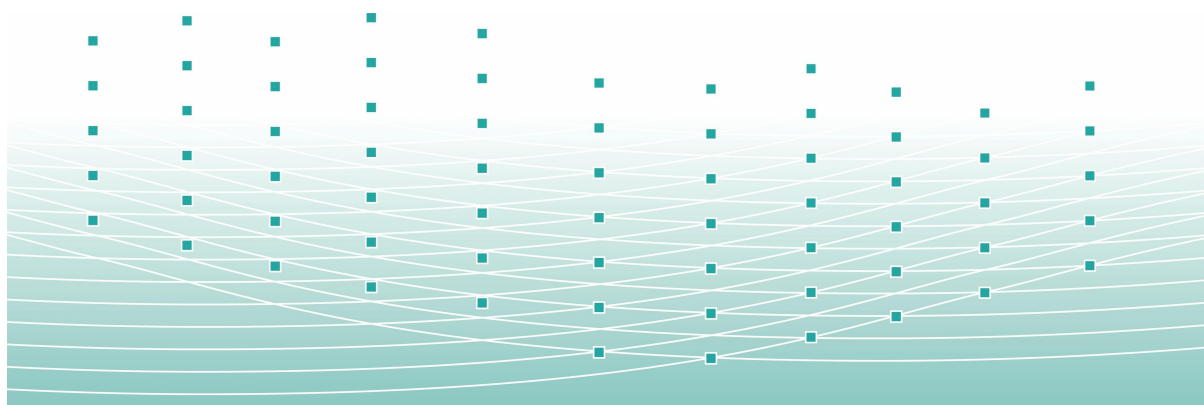


Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Qu'est-ce que la 5G et qu'apporte-t-elle?	1
1.2	Volume de données en constante augmentation.....	2
1.3	Nombre des abonnements mobiles dans le monde.....	3
1.4	Quels pays utilisent la 5G?.....	4
2	Domaines d'utilisation de la 5G.....	5
3	Technologie 5G	6
3.1	Normalisation.....	6
3.2	Architecture globale de la 5G	6
3.3	Réseau d'accès radio	8
3.4	Le réseau central 5G CN.....	12
3.5	Segmentation du réseau	12
3.6	Hébergement local de services et Edge-Computing.....	14
4	Fréquences	14
5	Abréviations	16
6	Références	16

1 Introduction

1.1 Qu'est-ce que la 5G et qu'apporte-t-elle?

La 5G est la prochaine génération des systèmes de communication mobile. Elle s'inscrit dans la suite logique des précédents systèmes de radiocommunication mobile et se fonde largement sur la 4G (LTE). La technologie 5G comprend essentiellement une nouvelle interface radio (réseau d'accès radio) et une nouvelle architecture de réseau central (voir chapitre 3.23.2). L'interface radio du système 5G est appelée "5G New Radio" (5G NR) et le réseau central "5G Core Network" (5G CN, ou 5GC).

Les propriétés de la 5G par rapport à la 4G sont les suivantes:

- des débits de données jusqu'à 100 fois supérieurs pour traiter le volume de données mobile en forte augmentation et par conséquent une capacité de système plus élevée (capacité de transmission de données au km² 1000 fois supérieure)
- un temps de latence plus court lors de la transmission de données dans le système 5G et par conséquent un temps de réaction plus court des services de télécommunication destinés aux clients finaux
- un plus grand nombre de terminaux connectés simultanément (jusqu'à 1 million par km²) dans le cadre de l'internet des objets (IoT)
- un soutien aux fréquences supérieures à 6 GHz pour le développement futur des réseaux de radiocommunication mobile

Vu ces progrès considérables, il est justifié de parler de nouvelle génération de radiocommunication mobile. Contrairement aux systèmes actuels, la 5G permet des connexions plus fiables avec des vitesses de transmission et des temps de latence plus courts garantis, une plus longue autonomie des terminaux et une segmentation du réseau en fonction de l'application (découpage du réseau, réseaux de radiocommunication mobile parallèles virtuels; voir chapitre 0).

Ces propriétés ouvrent la voie à de nouvelles possibilités d'innovation pour les services de télécommunication mobiles (voir chapitre 2). La technologie 5G est donc considérée ayant un grand potentiel de bénéfices.

1.2 Volume de données en constante augmentation

Le trafic mobile de données ne cesse de croître. En 2017, environ 56 % du volume de données a été généré par des vidéos (transmissions d'images dans des domaines comme le divertissement, la production, la formation, les conférences vidéo, la surveillance, la médecine ou la réalité virtuelle et augmentée). Cette proportion devrait s'élever à 73% en 2023 (Illustration 1). Des représentants de l'industrie de la radiocommunication mobile s'attendent à ce que le haut débit mobile continue à jouer un rôle important.

Mobile traffic by application category

Unit: EB/month

Video | Social Networking | Audio | Web Browsing | Software Update | File Sharing | Other

All devices

Year: 2014 - 2024

Source: Ericsson (June 2019)

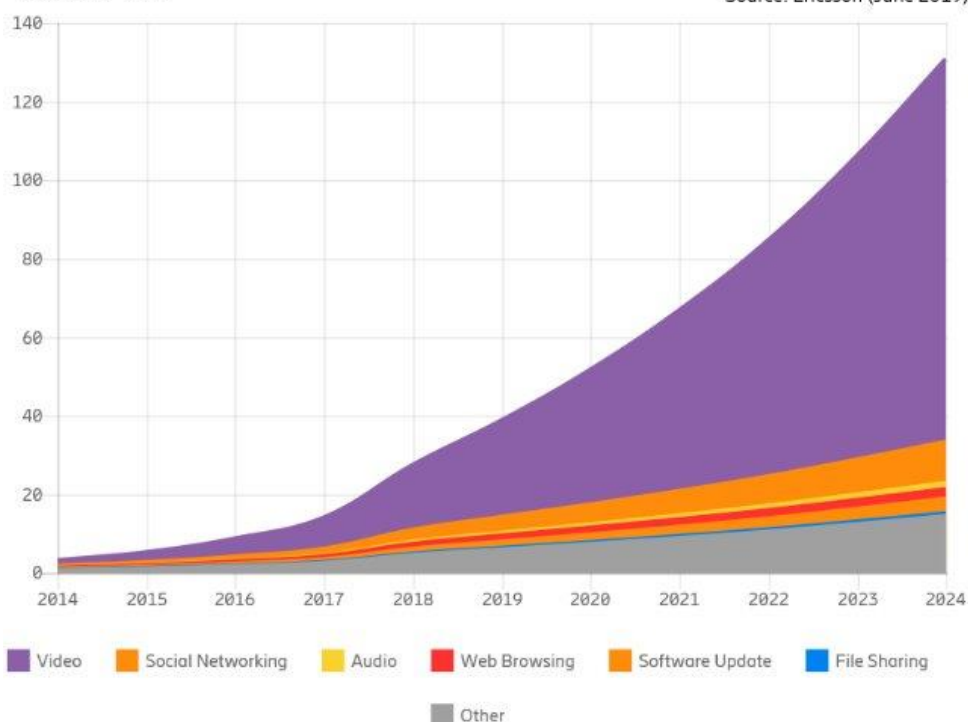


Illustration 1: Volume du trafic de données mobiles selon la catégorie d'application (en exabytes = 1 milliard de gigabytes, 1018) (source: Ericsson) [1]

1.3 Nombre des abonnements mobiles dans le monde

Illustration 1 montre l'évolution du nombre des abonnements pour les principales technologies de radiocommunication mobile ainsi que le nombre prévu d'abonnements jusqu'en 2024. Cette année-là, on estime qu'il y aura dans le monde 1.8 milliard d'abonnements 5G pour le *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB), même si les abonnements LTE seront toujours largement majoritaires (env. 5 milliards). Fin 2024, en Europe occidentale, on comptera environ 220 millions d'abonnements 5G et 300 millions d'abonnements LTE.

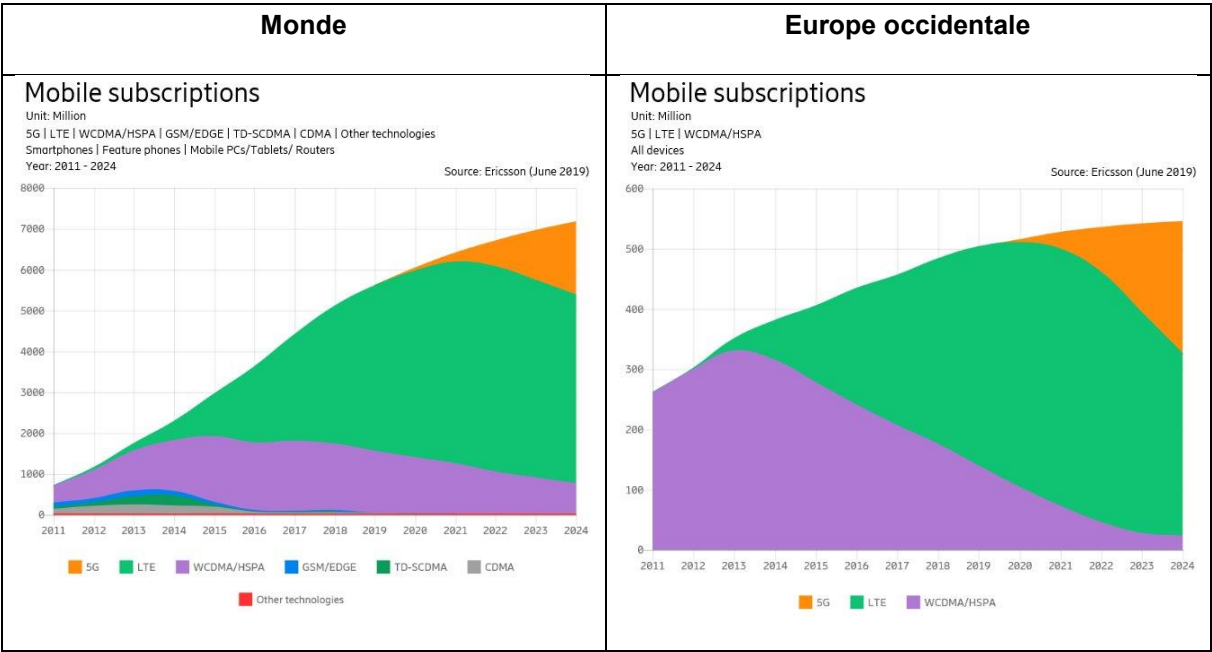


Illustration 1: Nombre des abonnements de radiocommunication mobile dans le monde et en Europe occidentale selon les technologies (en millions) (source: Ericsson) [1]

1.4 Quels pays utilisent la 5G?

Le nombre des pays qui investissent dans les technologies 5G ou qui réalisent des tests de laboratoire, des projets pilotes et des essais sur le terrain augmentent nettement (Illustration 2). Selon la *Global Supplier Association* (GSA), l'association des fournisseurs de composants pour les réseaux de radiocommunication mobile, en juillet 2019, 293 exploitants dans 98 pays travaillaient à la mise en place de services 5G.

La Commission de l'UE a chargé un observatoire 5G de suivre l'introduction de la 5G dans l'UE et dans le reste du monde. [2]

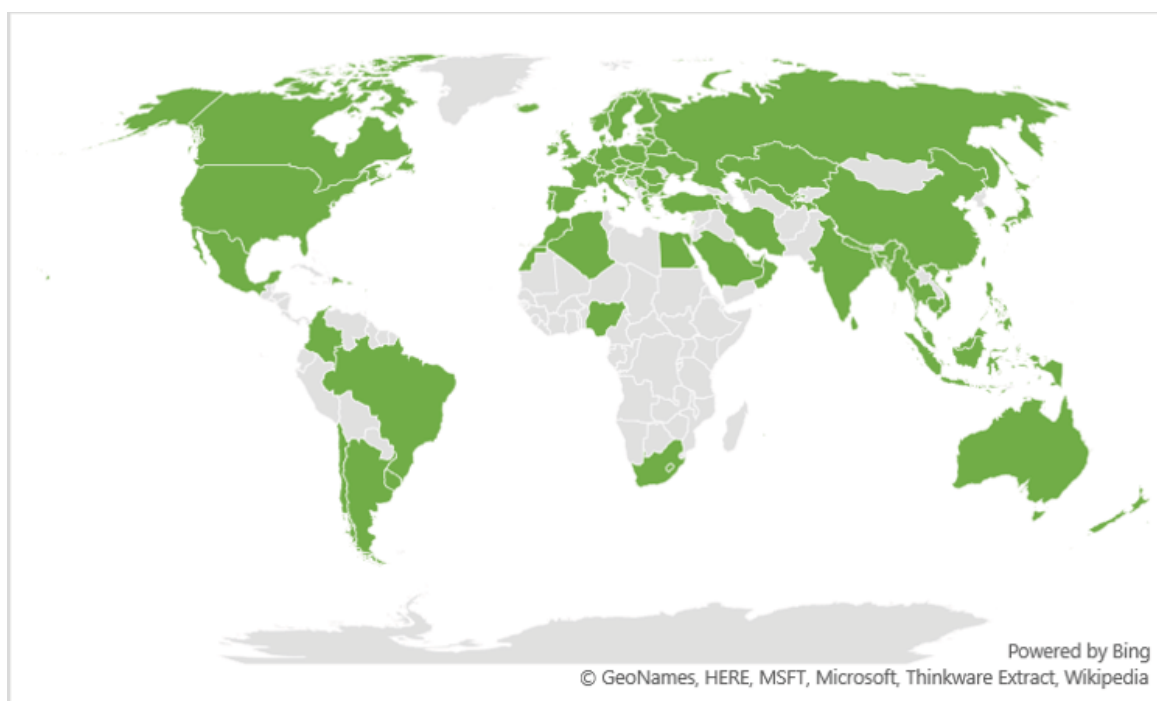


Illustration 2: Pays avec des exploitants de réseau investissant dans la 5G (source: GSA) [3]

2 Domaines d'utilisation de la 5G

L'Union internationale des télécommunications (UIT) prévoit trois domaines d'utilisation pour la 5G: le haut débit mobile amélioré (*Enhanced Mobile Broadband*, eMBB), la communication ultra-fiable avec un temps de latence faible (*Ultra-Reliable Low Latency Communication*, URLLC) et la communication de masse de type machine (*Massive Machine-Type Communication* (mMTC) (voir Illustration 3). Les principales caractéristiques des domaines d'utilisation sont décrits dans le Tableau 1.

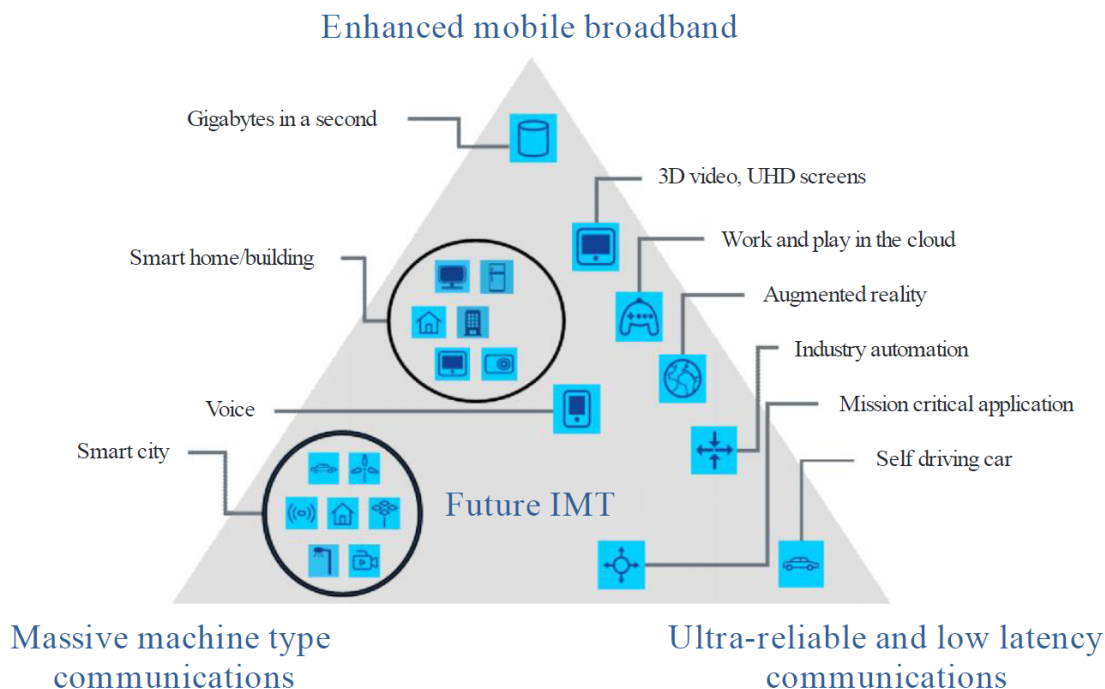


Illustration 3: Répartition des applications 5G en trois domaines d'utilisation (source: UIT) [4]

Enhanced Mobile Broadband (eMBB) Les principales caractéristiques de ce domaine d'utilisation sont les suivantes: débits de données élevés et variables (jusqu'à 20 Gbit/s), ainsi qu'une haute densité d'utilisateurs et une grande mobilité (p. ex. trains à grande vitesse). L'accès mobile à haut débit amélioré assure une transition en douceur entre le réseau fixe et le réseau mobile.	Massive Machine-Type Communication (mMTC) Ce domaine d'utilisation se caractérise par un très grand nombre d'appareils connectés (internet des objets (IoT), qui transmettent généralement un faible volume (peu d'octets) de données non sensibles au temps (p. ex. compteurs d'eau). Les appareils doivent être avantageux et avoir une très grande autonomie (durée de vie des piles jusqu'à 10 ans).	Ultra-Reliable and Low Latency Communication (URLLC) Ce domaine est caractérisé par des connexions fiables et/ou sensibles au temps avec des vitesses de transmission garanties, des temps de latence assurés de quelques millisecondes et une probabilité de défaillance définie. Exemples: commande à distance de machines, gestion de l'énergie dans les réseaux intelligents (smart grids) ou commande de véhicules.
--	---	---

Tableau 1: Principales caractéristiques des domaines d'utilisation de la 5G

Les nouveaux domaines d'utilisation et les nouvelles applications posent des exigences techniques très différentes aux réseaux. S'agissant de la conduite automatisée par exemple, une vitesse de réaction élevée (temps de retard court, latence) est déterminante; pour d'autres applications, la latence joue un rôle moins important, mais un débit de données élevé (p. ex. pour les services de streaming) ou une probabilité de défaillance définie (p. ex. pour les alarmes et les contrôle de production) sont essentiels.

3 Technologie 5G

3.1 Normalisation

L'organisme de normalisation 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) développe les spécifications et les normes du système 5G. Il s'agit d'une coopération d'organisations de normalisation et de représentants de l'industrie. Du point de vue organisationnel, le 3GPP fait partie de l'Institut Européen de Standardisation des Télécommunications (ETSI), basé dans le sud de la France.

Contrairement aux précédents systèmes de radiocommunication, la 5G a été normalisée sur la base de domaines d'utilisation prédéterminés. La normalisation a permis d'obtenir des paramètres de communication flexibles (chapitre 3.3) afin d'offrir différents services de données pour les trois domaines d'utilisation décrits dans le Tableau 1.

En juin 2018, le 3GPP a publié les spécifications 5G-NR pour le fonctionnement automatique (voir chapitre 3.2) en tant que Release 15 (Illustration 4). Il s'agit de la première spécification 5G. Les Releases 16 et 17 sont en préparation (situation en décembre 2019).

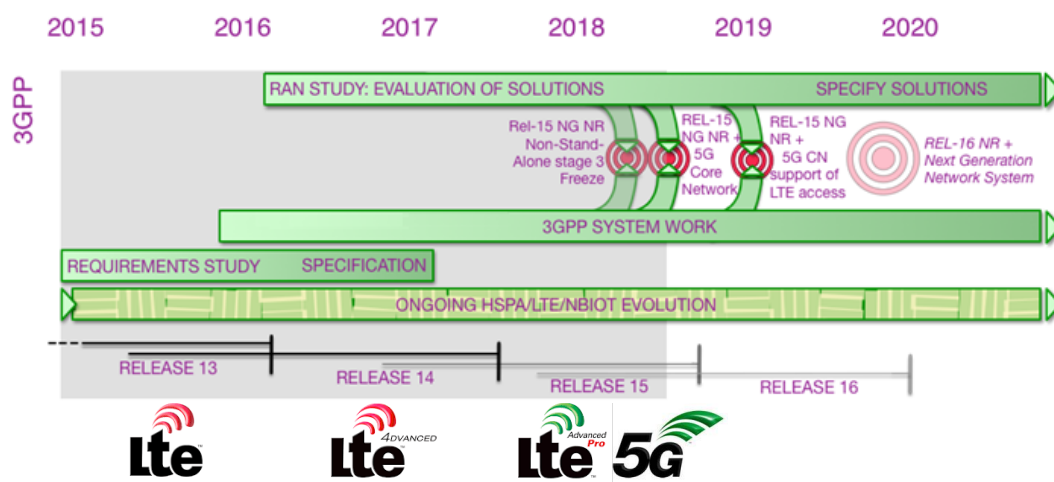


Illustration 4: Calendrier de la normalisation de la 5G (source: ETSI / 3GPP)

3.2 Architecture globale de la 5G

Un système de radiocommunication mobile se compose essentiellement du réseau central (réseau de transport et de commande) et du réseau d'accès radio. Le réseau central relie les stations d'émetteurs entre elles et transporte les données d'utilisateur et les signaux de commande entre les stations d'émetteurs et les autres réseaux de télécommunication (autres réseaux de téléphone, internet, etc.). Le réseau central 4G se nomme "Evolved Packet Core" (EPC) et le réseau central 5G "5G Core Network" (5G CN). Le réseau d'accès radio comprend les stations d'émetteurs (stations de base) et constitue l'interface vers les terminaux.

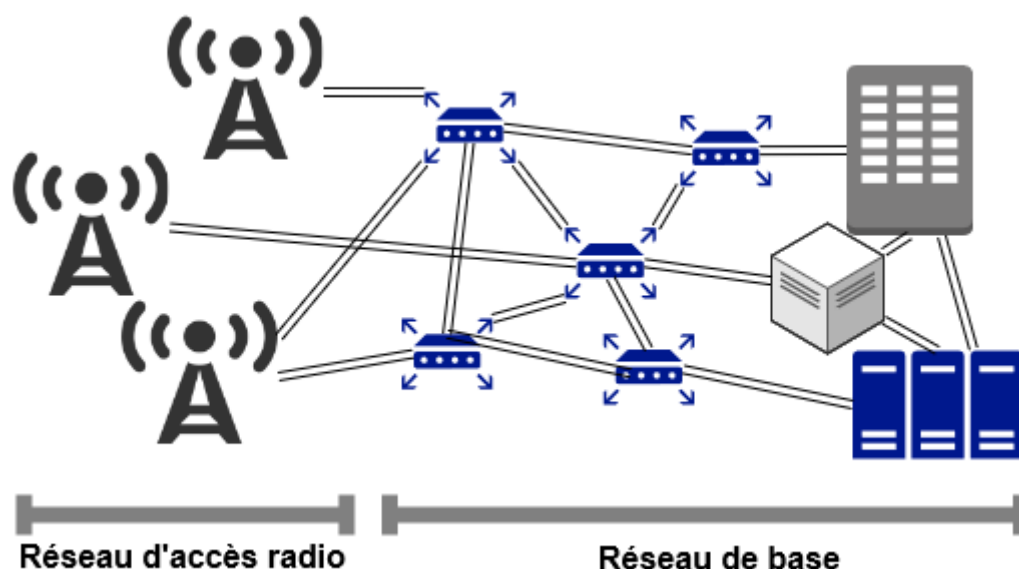


Illustration 5: Architecture globale de la 5G (source: OFCOM)

Selon la norme 5G, les opérateurs de réseaux ont les possibilités suivantes de raccorder les stations de base 5G (Illustration 6):

- a) L'architecture non automatique (*Non-Standalone*; NSA) utilise le réseau radio et central existant de la 4G. Ce premier pas vers une implémentation 5G complète nécessite néanmoins une connexion simultanée par la 4G (*Dual Connectivity*, DC).
- b) Avec l'option d'implémentation automatique (*Standalone*; SA), le système 5G se compose du nouveau réseau central 5G (5GC ou 5G CN) et du réseau d'accès radio (NR). Les nœuds LTE continuent à être utilisés comme accès au réseau 4G.

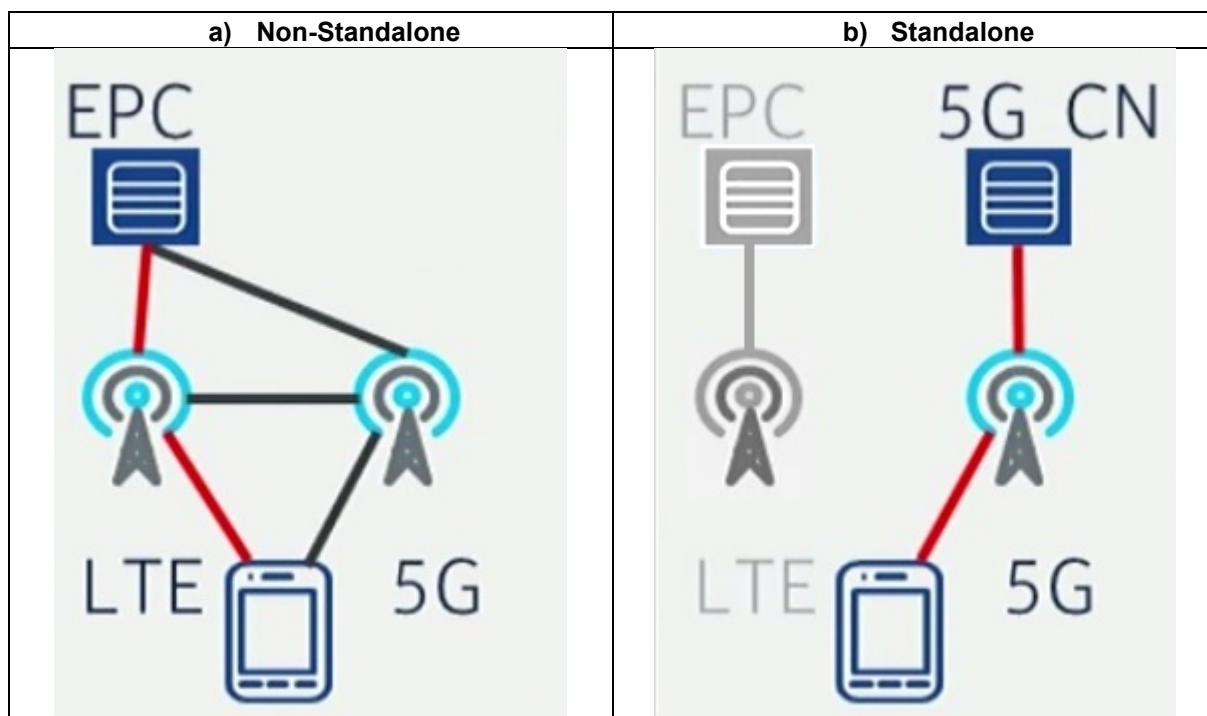


Illustration 6: Les options d'implémentation de l'architecture (source: 3GPP, OFCOM)

3.3 Réseau d'accès radio

Le réseau d'accès radio établit la connexion entre le réseau central (5G CN) et les terminaux, via l'interface radio (5G RN). Les principales caractéristiques de l'interface air 5G-NR par rapport à l'interface air LTE sont les suivantes [5]:

- Multiplexage fréquentiel orthogonal (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*, OFDM) en tant que type de modulation en liaison montante¹ (comme en liaison descendante²)
- Paramètres de modulation flexibles (OFDM) pour de nouveaux champs d'utilisation (voir chapitre 2) et pour l'utilisation des futures gammes de fréquences supérieures à 6 GHz
- Modulation d'amplitude en quadrature avec 1024 symboles (1024-QAM) pour la communication à large bande lors de liaison en visibilité directe entre l'émetteur et le récepteur
- Adaptation de la structure de trame temporelle du protocole radio pour la latence raccourcie, économie d'énergie et disponibilité plus flexible et plus rapide des ressources radio pour les accès au réseau
- Utilisation de systèmes étendus à antennes multiples (MIMO) pour la compensation de l'amortissement de la propagation du signal d'émission, avant tout, mais pas seulement, dans les fréquences élevées (à partir de 3.6 GHz); la norme 5G NR supporte jusqu'à 32 antennes émettrices dans la station de base et 4 antennes réceptrices sur le terminal (dépend de la bande de fréquences, voir chapitre 3.3.1)
- Regroupement étendu de fréquences porteuses en une seule liaison (agrégation porteuse, CA, voir chapitre 3.3.3)

¹ Le terminal émet, la station de base reçoit.

² La station de base émet, le terminal reçoit.

3.3.1 MIMO

Le système à antennes multiples *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) a déjà été utilisé dans les générations précédentes de systèmes de radiocommunication mobile. Avec la 5G, il joue un rôle encore plus important.

En comparaison avec le Release 1 de la norme LTE, qui ne supportait que jusqu'à 4 antennes émettrices dans la station de base et 2 antennes réceptrices sur le terminal, la NR supporte jusqu'à 32 antennes émettrices dans la station de base et 4 antennes réceptrices sur le terminal (dépend de la bande de fréquences, voir chapitre 4). Les données à transmettre sont réparties, si possible, sur toutes les antennes émettrices et transmises parallèlement vers les antennes réceptrices. Sur le terminal, les flux de données reçus parallèlement sont ajoutées aux informations transmises.

L'utilisation de MIMO permet d'augmenter l'efficacité spectrale (débit par largeur de bande de canal, Mbit/s/Hz). Avec la NR, MIMO est utilisé à chaque phase de la transmission radio: recherche du réseau, établissement de la connexion, transmission du signal et des données, etc.

3.3.2 Formation de faisceaux (*beamforming*)

L'atténuation du signal d'émission selon la fréquence peut être partiellement compensée au moyen de la formation de faisceaux (*beamforming*), c'est-à-dire l'orientation spécifique de l'antenne émettrice vers les terminaux.

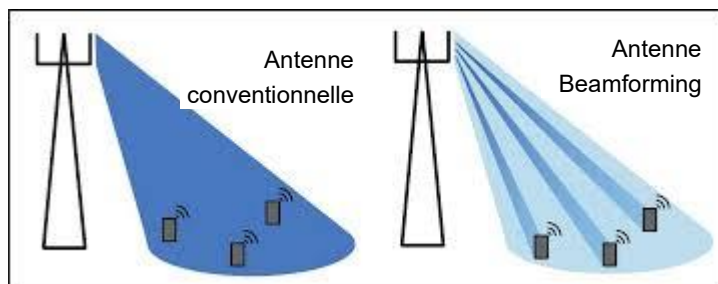


Illustration 7: Champ radio sans et avec adaptation de la directivité de l'antenne (*beamforming*) (source: Cerclair)

Avec la même puissance d'émission de la station de base, il est possible de générer un signal de réception plus fort sur le terminal et d'atteindre un débit de données plus élevé.

3.3.3 Agrégation porteuse (*Carrier Aggregation*)

Avec l'agrégation porteuse (*Carrier-Aggregation*, CA), deux ou plusieurs canaux de radiocommunication (*Component Carrier*, CC) sont groupés pour atteindre de plus grande largeurs de bande de transmission. La CA n'est pas une nouveauté en matière de 5G NR, puisqu'elle était déjà contenue dans les spécifications techniques du LTE depuis le Release 10. Avec le Release 15 concernant la 5G NR, elle a toutefois été étendue par rapport aux générations précédentes. Les canaux réunis peuvent se trouver dans la même bande de fréquences côte à côte (configuration Intra-Band Contiguous), dans la même bande de fréquences avec des interstices de fréquence (configuration Intra-Band Non-Contiguous) ou dans des bandes de fréquences différentes (configuration Inter-Band) (Illustration 8).

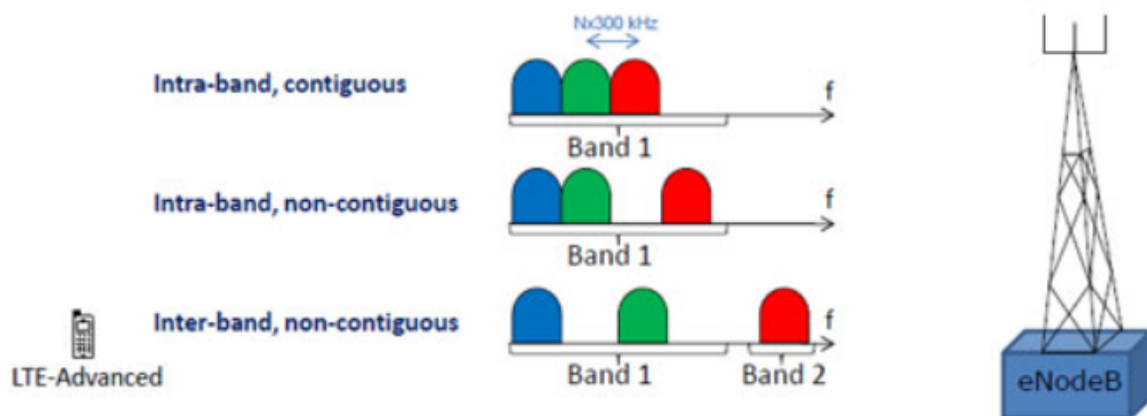


Illustration 8: Regroupement de canaux radio individuels et contigus entre les stations de base (eNodeB) et le terminal, illustré avec l'exemple du LTE-Advanced (source: 3GPP)

En outre, la 5G NR permet dorénavant l'utilisation groupée de porteuses avec des combinaisons différentes de paramètres de modulation. Selon le Release 15, au maximum 16 porteuses 5G NR peuvent être agrégées à une connexion. Le nombre de canaux individuels 5G NR est configurable indépendamment pour la liaison descendante et la liaison ascendante.

Les spécifications techniques TS 38.101 du 3GPP indiquent dans des tableaux les combinaisons de bandes possibles pour la CA [6].

3.3.4 Débits de données

Le débit maximal de données (en bit/s) est celui qui peut être atteint dans des conditions idéales, c'est-à-dire la plus grande quantité de bits de données par unité de temps qu'un terminal peut recevoir dans l'hypothèse d'une transmission parfaite, lorsque toutes les ressources radio attribuables à une connexion sont utilisées pour la direction de liaison correspondante.

Le débit minimal est celui dont les usagers ont besoin pour bénéficier d'une qualité suffisante dans leur expérience d'utilisateur.

Les exigences en matière de débits de données dépendent du scénario d'application du système 5G: p. ex. dans les régions urbaines et rurales, dans les bureaux et les logements, dans les trains à grande vitesse et lors d'événements majeurs. Les débits nécessaires pour quelques scénarios sont résumés dans le Tableau 2.

	Scénario	Débit de données nécessaires (DL)	Débit de données nécessaires (UL)	Capacité du trafic de surface DL	Capacité du trafic de surface UIT	Densité totale d'utilisation	Facteur d'activité	Vitesse de mouvement de l'appareil d'utilisateur	Couverture
1	Macrocellules urbaines	50 Mbit/s	25 Mbit/s	100 Gbit/s/km ² (note 4)	50 Gbit/s/km ² (note 4)	10 000/km ²	20%	Piétons et usagers dans des véhicules (jusqu'à 120 km/h)	Réseau complet (note 1)
2	Macrocellules rurales	50 Mbit/s	25 Mbit/s	1 Gbit/s/km ² (note 4)	500 Mbit/s/km ² (note 4)	100/km ²	20%	Piétons et usagers dans des véhicules (jusqu'à 120 km/h)	Réseau complet (note 1)
3	Point d'accès intérieur	1 Gbit/s	500 Mbit/s	15 Tbit/s/km ²	2 Tbit/s/km ²	250 000/km ²	Note 2	Piétons	Bureau et logement (note 2) (note 3)
4	Accès à large bande pour rassemblements d'usagers	25 Mbit/s	50 Mbit/s	3,75 Tbit/s/km ²	7,5 Tbit/s/km ²	500 000/km ²	30%	Piétons	Zone limitée
5	Zone urbaine dense	300 Mbit/s	50 Mbit/s	750 Gbit/s/km ² (note 4)	125 Gbit/s/km ² (note 4)	25 000/km ²	10%	Piétons et usagers dans des véhicules (jusqu'à 60 km/h)	Centre-ville (note 1)
6	Services proches de la radiodiffusion	Maximal 200 Mbit/s (par canal TV)	Non perçus ou modestes (p. ex. 500 kbit/s par usager)	N/A	N/A	Chaînes TV avec 20 Mbit/s sur une porteuse	N/A	Usagers stationnaires, piétons et usagers dans des véhicules (jusqu'à 500 km/h)	Réseau complet (note 1)
7	Train à grande vitesse	50 Mbit/s	25 Mbit/s	15 Gbit/s/train	7,5 Gbit/s/train	1 000/train	30%	Usagers dans des trains (jusqu'à 500 km/h)	Le long des voies ferrées (note 1)
8	Véhicules à grande vitesse	50 Mbit/s	25 Mbit/s	100 Gbit/s/km ²	50 Gbit/s/km ²	4 000/km ²	50%	Usagers dans des véhicules (jusqu'à 250 km/h)	Le long des routes (note 1)
9	Desserte des avions	15 Mbit/s	7,5 Mbit/s	1,2 Gbit/s/avion	600 Mbit/s/avion	400/avion	20%	Usagers dans des avions (jusqu'à 1 000 km/h)	(note 1)

Les valeurs figurant dans ce tableau sont des valeurs indicatives et non des exigences strictes.

NOTE 1: Pour les usagers dans des véhicules, l'appareil peut être relié au réseau directement ou par un routeur de radiocommunication mobile à bord des véhicules.

NOTE 2: Une certaine mixité de trafic est supposée. Peu d'usagers utilisent des services exigeant les débits maximaux de données.

NOTE 3: Pour les services audio et vidéo interactifs, p. ex. les réunions virtuelles, la latence de bout en bout requise (UL et DL) est de 2 à 4 ms, tandis que le débit de données nécessaire pour les vidéos 3D jusqu'à 8K doit s'élever à 300 Mbit/s en liaison ascendante et descendante.

NOTE 4: Ces valeurs sont basées sur la densité totale d'utilisation. Des informations détaillées se trouvent dans le document de référence.

Tableau 2: Exigences de performance pour les scénarios avec un débit et une densité de trafic élevés [7]

3.3.5 Latence

La latence est le temps requis pour transmettre des données d'un point à un autre dans un réseau. Dans un réseau de radiocommunication mobile, ce temps est nécessaire pour transférer des données d'utilisateur, des commandes de réseau, etc. entre la station de base et le terminal.

La latence totale dépend du retard de l'interface aérienne, de la transmission au sein du réseau central, de la transmission à un serveur susceptible de se trouver en dehors du système 5G et du temps de traitement de la demande sur le serveur. Chaque tronçon et chaque élément impliqué du réseau

contribuent donc au retard total. Certains facteurs découlent directement du système 5G lui-même, d'autres pas (voir chapitre 3.6).

Même avec un bon débit, la transmission de données avec latence élevée est ralentie et donne l'impression d'une "connexion lente". Exemple: le temps entre le clic de souris sur un site internet et le moment où le site est téléchargé.

La 5G a aussi déjà été qualifiée de "radiocommunication en temps réel" étant donné que, pour les services de télécommunication, des temps de réaction très courts sont obtenus. Avec la 5G NR, la latence la plus brève entre l'émetteur et le terminal est de 1 milliseconde pour les applications URLLC et de 4 millisecondes pour les applications eMMB. En comparaison, un clin d'œil humain dure 100 millisecondes. Un court temps de latence de l'interface permet des applications se déroulant simultanément à la réalité, comme la réalité augmentée et virtuelle, les automatisations, les commandes à distance, les réponses tactiles immédiates, etc.

3.4 Le réseau central 5G CN

Un nouveau réseau central, qui contient d'une part des fonctionnalités de réseau pour sa commande et transporte d'autre part les données d'utilisateur, est nécessaire pour répondre aux nouvelles exigences des applications (voir chapitre 2). Alors que, dans la 4G, les fonctionnalités de réseau étaient encore implémentées dans le réseau central de manière fixe, avec la 5G, celles-ci sont découplées à la fois les unes des autres et du réseau central (p. ex. séparation des niveaux de commande et d'utilisation, fonction d'authentification isolée, gestion décentralisée de la mobilité). Le découplage des fonctionnalités de réseau permet leur virtualisation: autrement dit, ces fonctions ne sont plus exécutées avec une infrastructure spécialisée de réseau central (hardware), mais à partir de n'importe quel endroit au moyen d'un logiciel dans un centre de données (cloud). La virtualisation sera l'une des technologies clés pour fournir des services hautement gérés plus sûrs et plus fiables, à des coûts moins élevés et réagir de manière souple aux souhaits des clients.

3.5 Segmentation du réseau

Étant donné la large palette des domaines d'utilisation de la 5G et de leurs applications, la 5G doit remplir différentes exigences en même temps. Au lieu de mettre en place pour chaque application un réseau dédié, adapté spécialement aux besoins de chaque client (commercial) – par exemple un réseau spécifique pour les organisations d'urgence –, le réseau de radiocommunication mobile est partagé en segments (*network slicing* ou segmentation du réseau). Chacun de ces segments peut être considéré comme un véritable réseau avec des propriétés et des fonctions particulières. Dès lors, il est possible de mettre à disposition en même temps plusieurs réseaux de radiocommunication mobile dédiés virtuels qui sont cependant tous basés sur une infrastructure physique commune. Selon le service de télécommunication sollicité, les terminaux sont donc "connectés" aux segments appropriés. Par exemple, un téléphone mobile qui demande un service de streaming HD utilise entre autres le segment multimédias (Illustration 9).

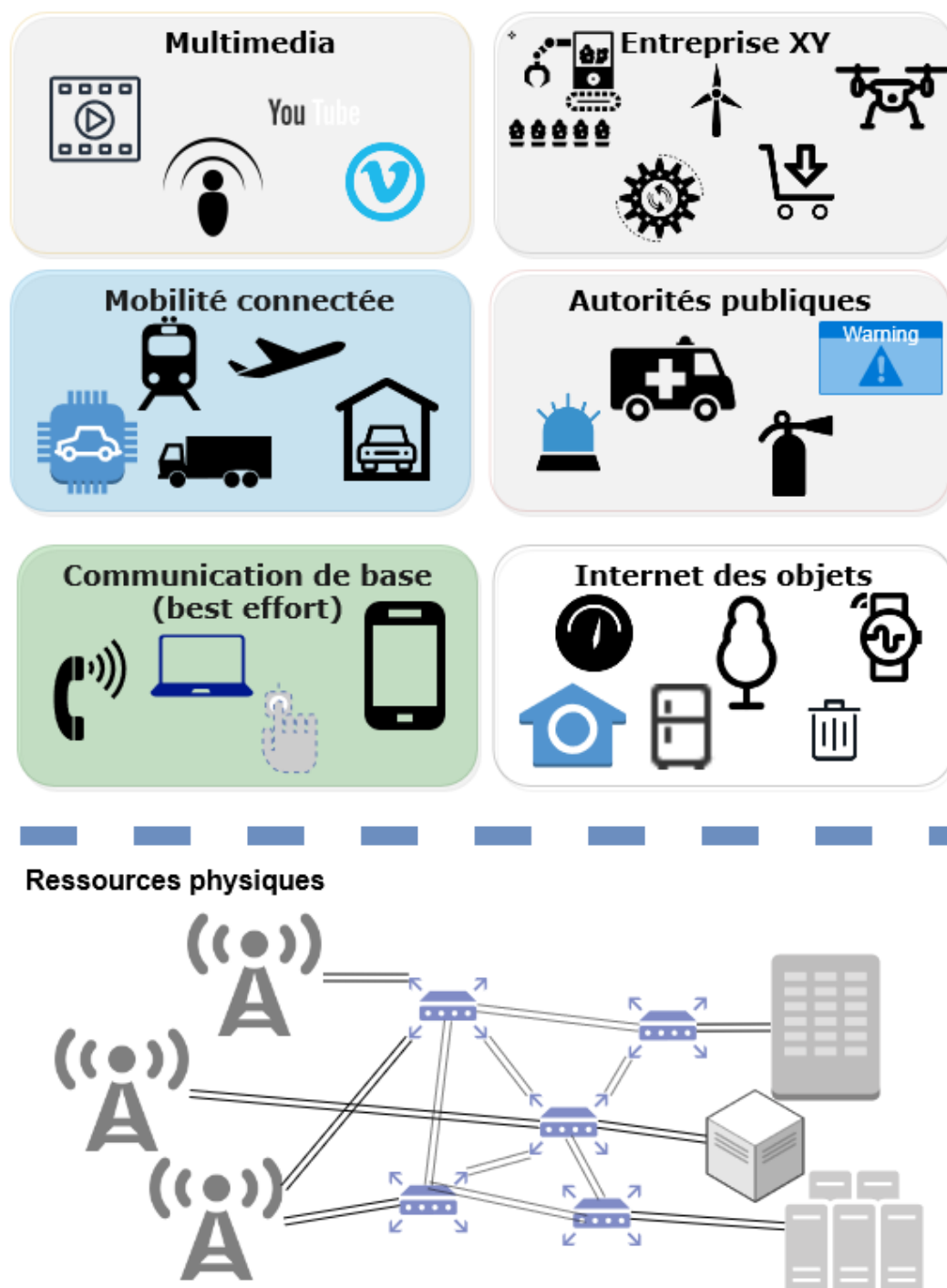


Illustration 9: Concept de segmentation du réseau avec des réseaux de radiocommunication mobile virtuels parallèles pour différentes applications (source: OFCOM)

3.6 Hébergement local de services et Edge-Computing

Il est possible de réduire considérablement la latence d'un service avec l'hébergement local et le "Edge-Computing" (informatique en périphérie de réseau), c'est-à-dire le traitement décentralisé des données dans la périphérie du réseau.

Dans les réseaux 5G, la plateforme d'hébergement local se nomme "5G Service Hosting Environment". Le logiciel de fourniture du service à l'utilisateur final peut y être hébergé et exécuté à proximité du terminal. Grâce à des voies de transmission ainsi réduites, il n'y a plus de retards dans les transmissions de données et le réseau central est déchargé.

4 Fréquences

Lors de la Conférence mondiale des radiocommunications 2019 (CMR-19), les bandes de fréquences 24.25–27.5 GHz, 37–43.5 GHz, 45.5–47 GHz, 47.2–48.2 GHz et 66–71 pour les réseaux de radio-communication mobile ont été identifiées pour la plupart des pays. Chaque Etat peut décider lui-même comment il entend utiliser ces bandes.

Parmi les fréquences identifiées dans le cadre de la CMR-19, les bandes 24.25–27.5 GHz, 40.5–43.5 GHz et 66–71 GHz sont pertinentes pour la Suisse. La question de savoir quand et comment elles pourront être exploitées en Suisse demeure ouverte.

En Suisse, les fréquences de radiocommunication mobile 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz et 2600 MHz ont été vendues aux enchères en 2012, les fréquences 700 MHz, 1400 MHz et 3500–3800 MHz en 2019. Les concessions sont technologiquement neutres, ce qui signifie que les exploitants titulaires d'une concession peuvent choisir librement la technologie à utiliser pour fournir des services de télécommunication mobiles (2G, 3G, 4G et 5G) (voir Tableau 3).

Conformément à la spécification de 3GPP (Release 15), la 5G NR peut être exploitée essentiellement dans deux domaines de fréquences: 450–6000 MHz (FR1) et 24'250–52'600 MHz (FR2). [6]

A l'échelle européenne, diverses bandes de fréquences pionnières ont été identifiées pour introduire la 5G; ces bandes comprennent des fréquences avec différentes caractéristiques permettant de satisfaire aux exigences multiples de la 5G:

- Les fréquences inférieures à 1 GHz, notamment la bande des 700 MHz: en raison de leur bonne portée, ces bandes de fréquences conviennent pour couvrir de grandes zones géographiques (p. ex. bonne pénétration des bâtiments [*Deep Indoor*]). [8]
- Les fréquences entre 1 GHz et 6 GHz, notamment la bande des 3.5 GHz: en raison de la grande quantité de fréquences disponibles, ces bandes de fréquences sont essentielles pour introduire la 5G en Europe et, vu leur faible portée, appropriées pour les macrocellules et les microcellules. [9]
- Les nouvelles bandes de fréquences plus larges supérieures à 6 GHz, notamment la bande des 26 GHz [10]: en comparaison avec les bandes inférieures à 6 GHz, ces bandes possèdent une quantité encore plus grande de fréquences disponibles, mais leur portée est plus faible. Elles se prêtent donc surtout à l'extension locale des capacités avec des microcellules et des picocellules/femtocellules dans les gares, les stades, les grandes manifestations, etc.

Bandes d'exploitation NR	Uplink (UL) Bandes d'exploitation (la station de base reçoit / l'appareil d'utilisateur émet)	Downlink (DL) Bandes d'exploitation (la station de base émet / l'appareil d'utilisateur reçoit)	Procédure duplex
n1	1920 MHz - 1980 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
n3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz	FDD
n8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz - 960 MHz	FDD
n20	832 MHz - 862 MHz	791 MHz - 821 MHz	FDD
n28	703 MHz - 733 MHz	758 MHz - 788 MHz	FDD
n38	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	TDD
n75	pas disponible	1432 MHz - 1517 MHz	SDL (1)
n76	pas disponible	1427 MHz - 1432 MHz	SDL (2)
n78	3500 MHz - 3800 MHz	3500 MHz - 3800 MHz	TDD
FDD: multiplexage fréquentiel SDL (1): Downlink complémentaire aux bandes d'exploitation NR n8, n28 et n78 SDL (2): Downlink complémentaire à la bande d'exploitation NR n78 TDD: multiplexage temporel			

Tableau 3: Les fréquences actuellement utilisables avec la 5G NR en Suisse

5 Abréviations

3GPP	Third Generation Partnership Project
CA	Carrier Aggregation
CC	Component Carrier
DC	Dual Connectivity
DL	Downlink
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
EPC	Evolved Packet Core
FDD	Duplex par répartition en fréquence
FR	Frequency Range
GHz	Gigahertz (10^9 Hertz)
IMT	International Mobile Telecommunications
IoT	Internet des objets
UIT	Union internationale des télécommunications
IP	Internet Protocol
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine Communication
MHz	Megahertz (10^6 Hertz)
MIMO	Multiple Input Multiple Output
mMTC	Massive Machine-Type Communication
MTC	Machine-Type Communication
NR	New Radio
NSA	Non-standalone
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
RAN	Radio Access Network
SA	Standalone
SDL	Supplemental Downlink
TDD	Time Division Duplex
UL	Uplink
URLLC	Ultra-Reliable Low Latency Communication
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications

6 Références

- [1] Ericsson Mobility Visualizer <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/mobility-visualizer>
- [2] EU 5G-Observatorium <https://5gobservatory.eu/>
- [3] GSA report – Evolution of LTE to 5G, August 2019 Update
- [4] ITU-R Recommendation M.2083, IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, September 2015
- [5] 3GPP TS 38.211; NR Physical channels and modulation (Release 15)
- [6] 3GPP TS 38.101; NR User Equipment (UE) radio transmission and reception

- [7] 3GPP TS 22.261; Service requirements for the 5G system; Stage 1 (Release 15)
- [8] Décision (UE) 2017/899 du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2017 sur l'utilisation de la bande de fréquences 470-790 MHz dans l'Union
FR: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32017D0899>
- [9] Décision de la Commission du 21 mai 2008 sur l'harmonisation de la bande de fréquences 3400 - 3800 MHz pour les systèmes de Terre permettant de fournir des services de communications électroniques dans la Communauté
FR: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32008D0411>
- [10] Décision d'exécution (UE) 2019/784 de la Commission du 14 mai 2019 sur l'harmonisation de la bande de fréquences 24,25-27,5 GHz pour les systèmes de Terre permettant de fournir des services de communications électroniques à haut débit sans fil dans l'Union
FR: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32019D0784>